

Aus der Klinik für Allgemeine Chirurgie, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie,  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor: Professor Dr. med. Matthias Glanemann

# **Die Entwicklungen von Rezidivrate und Inzidenz des Pilonidalsinus von 1900 bis 2020**

*Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin der*

**Medizinischen Fakultät**

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2022

vorgelegt von:

Maja Luisa Antonia Diekmann

geb. am: 29.04.1994 in Bielefeld

Tag der Promotion: 26.05.2023

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Michael D. Menger

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. phil. Dietrich Doll  
Univ.-Prof. Dr. med. Stefan Wagenpfeil  
Univ.-Prof. Dr. med. Tim Pohlemann

## Inhaltsverzeichnis

0	Abkürzungsverzeichnis und Definitionen .....	6
1	Zusammenfassung/Summary .....	7
1.1	Zusammenfassung.....	7
1.2	Summary .....	8
2	Einleitung .....	9
2.1	Allgemeines .....	9
2.1.1	Definition.....	9
2.1.2	Epidemiologie.....	9
2.1.3	Ätiologie .....	11
2.1.4	Pathogenese .....	13
2.1.5	Klassifikation.....	14
2.1.6	Therapieverfahren.....	15
2.2	Fragestellung.....	19
2.3	Hypothesen.....	20
2.3.1	Nullhypothesen $H_0$ .....	20
2.3.2	Nebenhypothesen.....	20
3	Material und Methodik .....	21
3.1	Ethikantrag .....	21
3.2	Literaturrecherche .....	21
3.2.1	Ein- und Ausschlusskriterien.....	22
3.3	Entwicklung der Datenbank.....	23
3.4	Tabellen- und Auswertungsparameter .....	25
3.4.1	Journal- und autorenbezogene Daten.....	25
3.4.2	Beginn und Ende der Patientenakquirierung und -therapie.....	26
3.4.3	Patientengut .....	26
3.4.4	Therapieverfahren.....	27
3.4.5	Nachuntersuchungszeit .....	27
3.4.6	Rezidive .....	28
3.4.7	Patientenbezogene Daten.....	28
3.4.8	Studientyp .....	29
3.5	Fremdsprachige Texte.....	29
3.6	Fehlerkontrolle, Pivot-Tabellen und verwendete Programme .....	30
3.7	Statistische Auswertung der Rezidivraten und Einflussstärken.....	30
3.8	Inzidenz .....	32
3.8.1	Literatur- und Internetrecherche .....	32

3.8.2 Datendokumentation.....	32
3.8.3 Statistische Auswertung.....	33
4 Ergebnisse.....	34
4.1 Rezidivrate .....	34
4.1.1 Patientenkollektiv .....	34
4.1.2 Einfluss der Nachuntersuchungszeit.....	34
4.1.3 Gewichtung der Einflussfaktoren .....	35
4.1.4 Einfluss der Dekade der Operation.....	38
4.1.5 Einfluss des Operationsverfahrens .....	39
4.2 Inzidenz .....	44
4.2.1 Einfluss der Ländergruppe „Mittelmeerraum“ und der Berufsgruppe „Soldat“ .....	44
4.2.2 Einfluss der Populationsgröße .....	49
4.2.3 Entwicklung in Deutschland.....	51
4.2.4 Entwicklung weltweit .....	52
4.3 Weltweit publizierte Pilonidalsinusfallzahlen.....	56
4.3.1 Zeitliche Entwicklung.....	56
4.3.2 Verschiedene Ländergruppen .....	57
5 Diskussion .....	59
5.1 Material und Methodik.....	59
5.1.1 Rezidivresearche .....	59
5.1.2 Datensammlung .....	59
5.1.3 Therapiegruppenbildung.....	61
5.1.4 Inzidenzresearche .....	61
5.2 Ergebnisse .....	63
5.2.1 Rezidivrate .....	63
5.2.2 Inzidenz.....	75
5.3. Ausblick .....	82
6 Literaturverzeichnis .....	83
7 Abbildungsverzeichnis .....	92
8 Tabellenverzeichnis .....	94
9 Anhang .....	95
9.1 Ländergruppenzuordnung .....	95
9.2 Fragebogen zur Übersetzung fremdsprachiger Texte .....	96
9.3 Weitere Abbildungen und Tabellen .....	97
9.3.1 Einfluss des Operationsverfahrens auf die Rezidivrate (normiert).....	97
9.3.2 Anteil der Pilonidalsinusrezidivoperationen.....	98

9.3.3 Publikationen mit Pilonidalsinusinzidenzen.....	99
9.3.4 Vollstationäre Pilonidalsinusfallzahlen in Deutschland .....	102
10 Danksagung .....	103
11 Publikationen mit Co-Autorenschaft.....	104
12 Lebenslauf .....	178

## 0 Abkürzungsverzeichnis und Definitionen

a.e.	am ehesten
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.
BMI	Body-Mass-Index, Körpermasseindex (Gewicht in kg/ Körpergröße in m <sup>2</sup> )
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CEO	Chief Executive Officer (Bezeichnung für das geschäftsführende Vorstandsmitglied)
DRG	Diagnosis related groups (Krankenhausvergütungssystem in Deutschland)
Duf	Dufourmentel-Lappenplastik
engl.	Englisch
et. al	et alii (und andere)
ggf.	gegebenenfalls
ICD	International Classification of Diseases
k.A.	keine Angabe
limex	limited excision (Sinusektomie)
mars	Marsupialisation
MB	Methylenblau
NAR	number at risk (Anzahl der Patienten, deren Daten zum jeweiligen Zeitpunkt vorlagen und in die Berechnung der Kaplan-Meier-Graphik mit einfließen konnten)
OP	Operation
PiPi	Pit Picking
po	primär offenes Operationsverfahren
PSD	pilonidal sinus disease (Pilonidalsinus)
pva(do)	asymmetrischer Primärverschluss
pvm(x)	Primärverschluss in der Mittellinie
ROR	return on recurrence (Wiedervorstellung aufgrund eines Rezidivs)
s.	siehe
u.a.	unter anderem
US(A)	United States (of America) (Vereinigte Staaten von Amerika)
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

# 1 Zusammenfassung/Summary

## 1.1 Zusammenfassung

### Die Entwicklungen von Rezidivrate und Inzidenz des Pilonidalsinus von 1900 bis 2020

Im Rahmen dieser Dissertation wurden 740 Studien der Jahre 1833 bis 2017 zu 58.781 Pilonidalsinuspatienten gesammelt und in Bezug auf die Rezidivrate und rezidivbezogene Faktoren ausgewertet. Es handelt sich hierbei um die derzeit weltweit größte Datenbank zum Krankheitsbild Pilonidalsinus. Anhand dieser Daten kann gezeigt werden, dass der Zeitpunkt der Nachuntersuchung einen großen Einfluss auf die Höhe der Rezidivrate hat. Je später ein Patient nachuntersucht wird, desto größer ist die zu erwartende Rezidivrate. Daher sollte für einen geeigneten Vergleich eine Mindestnachuntersuchungszeit von 5 bis 10 Jahren berücksichtigt werden.

Als stärkster, von außen beeinflussbarer Einflussfaktor der Höhe der Rezidivrate kristallisiert sich das gewählte Therapieverfahren heraus. Hierbei zeigen asymmetrische Operationsverfahren die niedrigsten Langzeitrezidivraten, wohingegen die bislang häufig angewandten Verfahren des primären Mittellinienverschlusses sowie des primär offenen Verfahrens als rezidivreiche Therapieverfahren und somit als nicht mehr empfehlenswert einzustufen sind. Zweitstärkster, jedoch nicht steuerbarer Einflussfaktor ist das Patientenalter. An dritter Stelle folgt der Einsatz von Methylenblau, welcher jedoch laut der Ergebnisse dieser Dissertation selten durchgeführt wird. Das Jahr der Therapieanwendung, die Ländergruppe, in der die Therapie durchgeführt wurde und die Operationszahlen des Operateurs pro Jahr zeigen nur geringen Einfluss auf die Rezidivrate.

Anders als in den meisten existierenden Publikationen vermutet, zeigt die publizierte weltweite Pilonidalsinusrezidivrate über die Dekaden 1990 und 2020 keinen eindeutig sinkenden Verlauf; sie scheint vielmehr zu stagnieren bis leicht anzusteigen.

In der Literatur wird seit Jahren gemutmaßt, dass die Pilonidalsinusinzidenz einen steigenden Verlauf aufweist. Dies bestätigen nun aktuelle Zahlen der Bundesrepublik Deutschland sowie Fallzahlen der Länder Großbritannien, Australien, Neuseeland und Israel. Die Rezidivrate hingegen stagniert. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die Pilonidalsinusersterkrankung einem anderen Entstehungsmechanismus folgt als die Rezidivkrankung.

Die Erkenntnisse dieser vorgelegten Dissertation schaffen somit eine neue Grundlage für weitere Inzidenz-assoziierte Pilonidalsinusforschung und möglicherweise auf lange Sicht neue Ansatzpunkte zur Pilonidalsinusprävention.

## 1.2 Summary

### **The trends in recurrence rate and incidence of the pilonidal sinus from 1900 to 2020**

For this dissertation, 740 studies published between 1833 to 2017 with information about 58.781 pilonidal sinus patients were reviewed and evaluated with respect to recurrence rate as well as recurrence-related factors. Currently, our meta-analysis constitutes the world's largest database about the pilonidal sinus disease. Based on our data, it can be confirmed that follow up time and recurrence rate are closely linked, namely a prolonged follow-up time meaning a higher recurrence rate. Therefore a minimum follow-up time of 5 to 10 years should be considered for a suitable comparison. External factors, such as the therapeutic method used, have the greatest influence regarding recurrence rates. Asymmetrical surgical procedures show the lowest long-term recurrence rates whereas the primary midline closure and the primary open method, which have been used quite frequently up until this point, can be classified as therapeutic methods with higher recurrence rate. Therefore, they are no longer advisable to perform. The second strongest influencing factor, but not externally controllable, is the patient's age. In third place is the use of methylene blue, which, according to our results, is utilized too scarce. Since the use of methylene blue is currently not possible in Germany due to the lack of availability, a similar dye such as toluidine blue should be established to reduce the recurrence rate. The year of operation, the land group of operation and the number of operations per year performed by the surgeon show only a small influence on the recurrence rate.

Contrary to what is suspected in most existing publications, the worldwide recurrence rate regarding pilonidal sinus does not show a clearly decreasing course over the decades 1990 and 2020. It is safe to say that the recurrence rate stagnates at least if not even slightly increases.

For years the existing literature assumed that the incidence of pilonidal sinus is increasing. This could be confirmed by current case numbers from Germany, Great Britain, Australia, New Zealand and Israel. On the other hand, the recurrence rate is stagnating.

Therefore, it must be assumed that the initial pilonidal sinus disease follows a different underlying development mechanism compared to the pathogenesis of a relapsing disease.

The scientific findings of this dissertation create a new baseline for further incidence-associated pilonidal sinus research and possibly new starting points for pilonidal sinus prevention in the long term.

## 2 Einleitung

### 2.1 Allgemeines

#### 2.1.1 Definition

Der Pilonidalsinus ist eine erworbene Erkrankung, die sich als akut-abszedierende, chronisch-fistelnde oder asymptotische Entzündung aufgrund einer Haareinspießung im subkutanen Fettgewebe im kranialen Bereich der Mittellinie der Steißbeinregion manifestieren kann (54; 92) und vorwiegend junge Männer (27) zwischen 15 und 30 Jahren betrifft (26).

Doch auch fern der dorsalen Schweißrinne kann eine sogenannte atypische Pilonidalsinuserkrankung auftreten. Es existieren diverse Publikationen, in denen als mögliche Lokalisationen die Bauchnabelregion (61), die Klitoris (11), der Penis (104) sowie die Interdigitalräume aufgeführt werden (128), seltener auch der Hals beziehungsweise (bzw.) Nacken (86), die Nase (82), die Axilla (90), die Zehen (117), der submammäre Bereich (106) und die Leiste (110). Im Rahmen dieser Dissertation wird der Begriff „Pilonidalsinus“ jedoch stets alleinig als Synonym für die sakrokokzygeale Form verwendet. Zum ersten Mal in der Literatur erwähnt wurde die Pilonidalsinuserkrankung im Jahr 1833 vom Londoner Chirurgen Herbert Mayo in seinem Buch „Observations on injuries and diseases of the rectum“, in welchem er von einer fistelbildenden Erkrankung in der Nähe des Rektums berichtete (83). Den Namen „Pilonidalsinus“ (von lateinisch pilus = Haar; nidus = Nest) erhielt die Krankheit allerdings erst 47 Jahre später - im Jahr 1880 - durch Richard Manning Hodges (62), nachdem bereits A. W. Anderson 1847 das Vorhandensein von Haaren in einem Ulkus am „unteren Rücken“ eines 21-jährigen Mannes beschrieb (8). In den darauffolgenden 100 Jahren entwickelten sich zahlreiche Theorien bezüglich der Ätiologie des Pilonidalsinus (vgl. Kapitel 2.1.3 Ätiologie, Seite 11), welches dazu führte, dass sich eine Vielzahl an Verwirrung stiftenden Synonymen für diese Erkrankung in der medizinischen Literatur verbreiteten (21). Auf diesem Weg etablierten sich unter anderem (u.a.) die Bezeichnungen „Steißbeindermoid“, „Steißbeinfistel“, „Sakraldermoid“, „Sakralabszess“, „Dermoidzyste“, „Epidermalabszess“, „Jeep’s disease“, „Raphefistel“, „Pilonidalzyste“ sowie „Sakrokokzygealzyste“. Gemäß der Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF) zum Pilonidalsinus (Stand 2020) sind jedoch lediglich die Bezeichnungen „Pilonidalsinus“, „Haarnestgrübchen“ und „Haarnestfistel“ zutreffend (92).

#### 2.1.2 Epidemiologie

Das Krankheitsbild „Pilonidalsinus“ wird am häufigsten bei männlichen Patienten im jungen Erwachsenenalter beobachtet. Als Alter mit der höchsten Inzidenz wird in der Literatur häufig die Altersspanne zwischen dem 20. und 25. Lebensjahr beschrieben (54). Doll et alii (*et al.*) gelang im Jahr 2015 eine genauere Ermittlung des altersspezifischen Inzidenzpfels in Deutschland. Anhand von

Zahlen des statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2012 war es ihm möglich, die maximale Inzidenz von 175/100.000 bei den 25-Jährigen nachzuweisen. Die unter 10- und über 60- Jährigen weisen hingegen nur sehr vereinzelt einen Pilonidalsinus auf. Insgesamt scheint sich das durchschnittliche Erkrankungsalter im Laufe der Jahre 2000 bis 2012 jedoch in jüngere Altersgruppen zu verlagern (35).

Frauen sind bisher von der Pilonidalsinuserkrankung seltener betroffen als Männer. Sondenaa berichtet über ein 2,2-fach selteneres Auftreten bei Frauen innerhalb seines norwegischen Patientenguts von 322 Pilonidalsinuserkrankten. An 103 Primärerkrankten dieser 322 Patienten konnte er jedoch nachweisen, dass der Erkrankungsbeginn bei Frauen (Durchschnittsalter 19 Jahre, Spannbreite 12-61) circa (ca.) zwei Jahre früher zu finden ist als bei Männern (Durchschnittsalter 21 Jahre; Spannbreite 14-62) (111). Diese Beobachtung wurde im Jahr 2017 durch Ardelt *et al.* bestätigt. Er berichtete von einer nur in der Altersgruppe der 10-14-Jährigen auftretende Überlegenheit der weiblichen Pilonidalsinuspatienten (PSD-Patienten) gegenüber den männlichen und führte diese auf den früheren Pubertätsbeginn bei Frauen als bei Männern zurück (9; 68). Auf diese Weise deklarierte er die Pubertät zu einem wesentlichen Einflussfaktor für die Entstehung eines Pilonidalsinus (9).

Die Häufigkeit des Auftretens eines Pilonidalsinus ist jedoch neben dem Alter und dem Geschlecht auch stark von der Ethnie abhängig. Innerhalb der europäischen, hellhäutigen Bevölkerung existieren deutlich höhere Fallzahlen als innerhalb der asiatischen oder afrikanischen, dunkelhäutigen (54; 76). Von diesem Verteilungsmuster berichtete auch eine Studie der U.S. Armed Force im Jahr 2013, in deren Rahmen 35.517 PSD-Patientinnen und -patienten<sup>1</sup> der U.S. Armee u.a. hinsichtlich ihrer Nationalität untersucht wurden. Hier wurden Inzidenzen von 220/100.000 unter den kaukasischen Armeemitgliedern festgestellt, wohingegen sich bei den schwarzafrikanischen nur eine Inzidenz von 130/100.000 und bei den asiatischen lediglich eine Inzidenz von 70/100.000 ermitteln ließ<sup>2</sup> (1). Innerhalb der zahlreichen dunkelhäutigen PSD-Patienten des Detroit Receiving Hospitals konnte H. I. Kallet im Jahr 1940 jedoch eine für diese Erkrankung eher atypische Geschlechterverteilung erkennen, bei der der Frauenanteil überwog (69).

Die Inzidenz des Pilonidalsinus wird in der Literatur häufig mit 26/100.000 Einwohner beschrieben, wobei sich wiederholt auf eine vor 20 Jahren erhobene Neuerkrankungsrate innerhalb der norwegischen Bevölkerung berufen wird (111). Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass die weltweite PSD-Neuerkrankungsrate seitdem einen steigenden Verlauf aufweist (88). Evers *et al.* gelang bereits im Jahr 2011 eine Quantifizierung dieser Vermutung. So präsentierte er in einem Kollektiv der Bundeswehr

---

<sup>1</sup> Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden das generische Maskulinum verwendet. Es sind jedoch stets, sofern nicht anders vermerkt, alle Geschlechter mit inbegriffen.

<sup>2</sup> Die hier angeführten Inzidenzen wurden für mehr Einheitlichkeit auf eine Populationsgröße von 100.000 Personen hochgerechnet.

einen Anstieg der Inzidenz von 30/100.000 im Jahr 1985 auf 240/100.000 im Jahr 2007 (50). Doll *et al.* berichtete ebenfalls von einer Zunahme der Inzidenz, jedoch innerhalb einer Gruppe der deutschen Allgemeinbevölkerung in der Altersklasse 15 bis 45 Jahre. In den Jahren 2000 bis 2012 konnte eine Verdopplung der Häufigkeit der PSD-Operationen in dieser Altersklasse beobachtet werden (35). Doch auch außerhalb selektiver Kohorten konnte eine Inzidenzzunahme beobachtet werden. Oetzmann von Sochaczewski *et al.* untersuchte Daten vom statistischen Bundesamt zu stationären Patienten mit der Hauptdiagnose Pilonidalsinus. Es zeigte sich zwischen den Jahren 2005 bis 2017 eine Zunahme der PSD-Inzidenz innerhalb der männlichen Population von 43 auf 56/100.000 Männer und unter den Frauen von 14 auf 18/100.000 (89).

Außerhalb Deutschlands konnte ebenfalls eine steigende Neuerkrankungsrate beobachtet werden. So berichtete Karahan *et al.* im Jahr 2010 von einem Anstieg der PSD-Operationszahlen von 234 innerhalb der Jahre 1999 bis 2003 auf 259 Operationen zwischen 2004 und 2008, also um 11%, innerhalb der türkischen Bevölkerung (72).

In der Literatur wird der Pilonidalsinus als ein Krankheitsbild mit einer hohen Rezidivneigung, d.h. einer hohen Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Wiedererkrankung, beschrieben (108). Die publizierten Rezidivraten variieren jedoch stark zwischen 0% (60) und 100% (23), da sie von multiplen Faktoren wesentlich abhängig sind, so u.a. von dem verwendeten Therapieverfahren sowie dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung (113). Eine aktuelle Publikation konnte zudem eine Abhängigkeit der verfahrensspezifischen Rezidivrate von dem Land, in dem die Therapie durchgeführt wurde, nachweisen (42).

### 2.1.3 Ätiologie

Seit der Erstbeschreibung im Jahr 1833 bis heute durchziehen diverse Theorien über den Entstehungsmechanismus des Pilonidalsinus die medizinische Fachliteratur.

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts waren viele Wissenschaftler der Überzeugung, dass es sich insbesondere aufgrund seiner meist medialen Lokalisation in der dorsalen Schweißrinne um eine angeborene Erkrankung handeln müsse. Fox, welcher ebenfalls Befürworter der kongenitalen Theorie war, diskutierte 1935 in seiner Publikation zwei zu der Zeit vorherrschende Vermutungen, die die Entstehung eines Pilonidalsinus entweder auf eine persistierende Neuralrohröffnung oder auf einen ektodermalen Invaginationsprozess zurückführten (52). Eine ähnliche Annahme äußerten Tourneux und Herrmann bereits 1887, in dem sie einen nicht atrophierten „kokzygealen Überrest des Neuralrohrs“ zur Ursache jeglicher Tumore und Sinusse der Kreuz- und Steißbeinregion postulierten (116). Fox kam durch die Analyse der verschiedenen bereits veröffentlichten kongenitalen Entstehungstheorien zu dem Schluss, dass sich der Pilonidalsinus vermutlich vom Ektoderm ableitet und sich das darin befindende Haarnest am ehesten (a.e.) auf in die Tiefe getragene Hautanhangsgebilde zurückführen lässt (52). Histologisch konnte Davage im Jahr 1954 allerdings lediglich lose, „tote“ Haare in den Pilonidalsinusnestern

nachweisen. Haarfollikel, Talg- und Schweißdrüsen als Hautanhangsgebilde wurden nur anekdotal gefunden und zeigten sich in diesen Fällen als eindeutig der darüber liegenden Haut zugehörig (25).

Nachdem Hodges bereits im Jahr 1880 in seiner Publikation im „Boston Medical and Surgical Journal“ von Pilonidalsinusgrübchen verschiedener Lokalisationen berichtete, entdeckten auch Patey und Scarff einen zu der sakrokokzygealen Form histopathologisch identischen Pilonidalsinus im Interdigitalraum zweier Friseure, welcher lediglich Schnitthaare aufwies und ebenfalls keine Spuren von Haarfollikeln enthielt. Diese untypische Lokalisation in Kombination mit dem erneuten Fehlen von Hautanhangsgebilden im Sinus machten es nahezu unmöglich, die kongenitale Entstehungstheorie nicht in Frage zu stellen (54; 62; 95).

Ungefähr zeitgleich publizierte Buie, ein Befürworter der erworbenen Theorie, das gehäufte Auftreten des Pilonidalsinus innerhalb einer U.S.-amerikanischen Soldatengruppe und deklarierte deren langes Sitzen in Fahrzeugen mit harten Sitzen gepaart mit Stoßbewegungen durch unebene Straßen als vermeintlichen Auslöser. Hierdurch entstand das weltweit verbreitete Synonym „Jeep disease“ (19). Doch bereits 1964 konnte dieser Entstehungsmechanismus durch Favre *et al.* widerlegt werden, da innerhalb eines Kollektivs von n=1.006 aufgrund eines Pilonidalsinus operierten Patienten nur 47% eine fahrende Tätigkeit in der Vergangenheit ausgeübt hatten, wodurch der Ätiologiekonflikt erneut aufflammte (51). Der Einfluss stundenlanger, sitzender Tätigkeiten (zum Beispiel (z.B.) vor einem Computer) auf die Inzidenz des Pilonidalsinus ist aktuell jedoch erneut Gegenstand der Forschung (70). Ein vermehrtes Auftreten des Pilonidalsinus bei Fernfahrern ist bislang noch nicht berichtet worden.

Anfänglich wurde auch die Tatsache, dass sich der Pilonidalsinus oft mehrmals innerhalb einer Familie präsentierte, als Argument für eine genetische Veranlagung im Rahmen der kongenitalen Entstehungstheorie gewertet (22). Doch 1999 zog Akinci in Erwägung, dass sich das familiär gehäufte Auftreten möglicherweise auch durch ähnliche prädisponierende Faktoren, wie ähnliche Haarcharakteristika, ähnliche Körpermaße und eine ähnliche Lebensweise, erklären lassen könne und demnach keinen Widerspruch zu einer erworbenen Genese darstelle (2).

Auch würde eine kongenitale Entstehung vermuten lassen, dass die Krankheit eine ausgeglichene Geschlechterverteilung aufweist. Der Pilonidalsinus ist jedoch ein Krankheitsbild, welches deutlich mehr Männer als Frauen betrifft. Zudem erkranken die meisten Patienten erst im jungen Erwachsenenalter und nicht, wie die kongenitale Theorie erwarten lässt, bereits in utero bzw. unmittelbar nach der Geburt (54). Dennoch gilt es zu erwähnen, dass vereinzelte Fallberichte existieren, die Pilonidalsinusfälle präsentieren, welche bereits sonographisch in utero detektiert werden konnten (48) und demnach einen Hinweis auf eine erworbene Genese mit familiärer Kodisposition geben. Diese gehen jedoch häufig mit weiteren Missbildungen einher (59). Auch wurde ein Zusammenhang zwischen einer Einnahme von Phenytoin während der Schwangerschaft und dem kongenitalen Auftreten einer Pilonidalsinuserkrankung beobachtet (125).

Insgesamt rückte jedoch im Laufe der Jahre die Theorie des erworbenen Pilonidalsinus immer weiter in den Vordergrund und gilt heute als die wahrscheinlichere (92; 96).

#### 2.1.4 Pathogenese

Ursächlich für die Entstehung eines primären Pilonidalsinus ist nach derzeitigem Kenntnisstand ein multifaktorielles Geschehen, ausgelöst durch eine Haareinspießung. Lange Zeit herrschte Ungewissheit, ob die in einem Sinus befindlichen Haare tatsächlich die Ursache der Erkrankung darstellen oder ob es sich hierbei lediglich um eine zufällige Koinzidenz handelt (75). Doch im Jahr 1984 publizierte Stelzner einen Pathomechanismus, der die Haareinspießung als eindeutig ursächlich für die Entstehung des Pilonidalsinus deklarierte und an dessen Theorie bis heute festgehalten wird (92; 114).

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten der Rima ani sammeln sich im Interglutealbereich herabfallende scharfe Haarfragmente vermehrt an (114). Kommt es nun zu Reibebewegungen der Gesäßhälften, richten sich die Haare auf und werden in die Haut geschoben (119). Da die Haaroberfläche eine Art Widerhakenstruktur besitzt, erfolgt die Wanderung lediglich unidirektional. In der Tiefe der Haut bzw. im subkutanen Fettgewebe kommt es im Folgenden zur Bildung eines haartragenden Fremdkörpergranuloms, wodurch sich das Vollbild „Pilonidalsinus“ manifestiert (114).

Doch nicht jedes herabgefallene Haar im Bereich der Rima ani führt zu dieser Kaskade. Karydakis veröffentlichte 1992 eine Formel, mithilfe derer die Entstehungswahrscheinlichkeit eines Pilonidalsinus berechenbar werden sollte. Er nannte als die drei hauptsächlichen Einflussfaktoren das Vorliegen loser Haare im Bereich der Rima ani, die Kraft, die auf die in der Interglutealspalte liegenden Haare wirkt sowie die Vulnerabilität der Gesäßhaut (75). Zum Einflussfaktor „Haar“ lässt sich dank neuer Studienergebnisse ergänzen, dass insbesondere wurzellose Schmitthaarfragmente des Hinterkopfes von großer Bedeutung für die Entstehung eines Pilonidalsinus zu sein scheinen. Dies ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass sie eine besonders hohe Festigkeit aufweisen. Haare aus der Interglutealregion, welche lange Zeit als ursächlich gemutmaß wurden, sind hingegen von geringerer Festigkeit (37; 36). Der Einfluss des Faktors „Vulnerabilität“, besonders der Einfluss von Schwitzen auf die Entstehung eines Pilonidalsinus, wurde in einer aktuellen Studie erforscht. Hierbei zeigte sich, dass die Schweißproduktion bei PSD-Patienten sogar geringer ist als bei gesunden Vergleichspersonen (40). Die von Bolandparvaz *et al.* verbreitete Annahme, dass eine mangelhafte Körperhygiene, insbesondere in der Sakralregion, die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Pilonidalsinus erhöht (15), konnte im Jahr 2015 durch Doll *et. al* widerlegt werden (35). Er zeigte auf, dass innerhalb der Altersgruppe der unter 5-jährigen und über 80-jährigen Bevölkerung die niedrigste PSD-Inzidenz vorliegt, obwohl davon auszugehen ist, dass die in dieser Altersgruppe vermehrt auftretende Urin- und Stuhlinkontinenz negative Auswirkung auf die Hygiene im Bereich der Rima ani hat (35). Zuvor wurde bereits von Favre *et. al* veröffentlicht, dass die PSD-Inzidenz auch während des Krieges keinen Anstieg verzeichnete (51),

welcher bei einem direkten Zusammenhang zwischen ungenügender Körperhygiene und der Entstehung eines Pilonidalsinus zu erwarten gewesen wäre. Auch zwischen den Offizieren und Mannschaftsdienstgraden gab es keinen relevanten Unterschied hinsichtlich der PSD-Prävalenz (51).

### **2.1.5 Klassifikation**

Der Pilonidalsinus kann gemäß der S3- Leitlinie der AWMF aus dem Jahr 2020 anhand seiner drei Erscheinungsformen unterteilt werden. Unterschieden wird die asymptomatische Form von den beiden symptomatischen Manifestationen, der akuten Abszedierung und der chronischen Form (92).

Der asymptomatische Sinus pilonidalis geht mit Beschwerdefreiheit einher, solange es zu keinem Übergang in die akut-abszedierende oder chronische Form kommt. Eine prophylaktische chirurgische Versorgung wird hier nicht empfohlen (29).

Die akut-abszedierende Form präsentiert sich meist als akute Entzündungsreaktion mit Schwellung, Rötung, Eiteransammlung und Schmerzen. Anders als bei der asymptomatischen Form ist hier eine therapeutische Intervention mittels Chirurgie indiziert (91). Häufig wird ein zweizeitiges Vorgehen gewählt, bei dem zunächst eine notfallmäßige Entlastung mittels Entdeckung und Drainierung erfolgt. Nach Abklingen der Inflammation (z.B. 4-6 Wochen später) kann die definitive chirurgische Versorgung folgen (92). Bei kleinen Befunden kann in seltenen Fällen bereits durch die primäre Exzision eine Abheilung erzielt werden, sodass sich keine weitere chirurgische Versorgung anschließen muss. Dies kommt jedoch nur selten zur Anwendung (66), da dieses Verfahren mit einer Rezidivwahrscheinlichkeit von mehr als 40% nach 60 Monaten einhergeht (113).

Bei der chronischen Form des Pilonidalsinus lassen sich in der Regel intermittierende oder persistierende eitrige Absonderungen beobachten (91). Da es sich jedoch um kein akutes Geschehen handelt, kann die operative Versorgung elektiv erfolgen (92; 99).

Darüber hinaus wurden bereits 2007 und 2012 zwei andere Arten an Klassifikationen publiziert, die die Lokalisation des Pilonidalsinus, insbesondere der Pori, in Bezug auf die Rima ani beschreiben und zudem berücksichtigen, ob es sich um ein Rezidivgeschehen handelt. Ziel dieser Einteilung war es, durch Zuordnung des zu behandelnden PSD-Befundes möglichst eindeutig Rückschlüsse auf die jeweils empfohlene Therapie ziehen und so die Ergebnisse besser vergleichen zu können (65; 115).

Im Jahr 2018 erfolgte die Veröffentlichung einer weiteren möglichen Klassifikation, der „PLLATIN“-Klassifikation:

Tabelle 1: „PLLATIN“-Klassifikation (39)

P	Proximity to anus (in cm)
L	Length from distal to proximal sinus (in cm); in recurrences scar length
LAT	Lateral openings distance from midline (in cm)
I	Infection retention (binary) yes=1 AND no=0
N	Number of previous definitive surgery attempts

Das hauptsächliche Unterscheidungsmerkmal im Vergleich zu den bereits bestehenden Klassifikationen liegt in der genauen Beschreibung der Lage des Pilonidalsinus. Zur korrekten Anwendung dieses Akronyms sind exakte Zentimeterangaben vonnöten (39). Derzeit arbeitet auch die „International Pilonidalsinus Society“ an der Entwicklung einer passenden PSD-Klassifikation. Welche sich tatsächlich etabliert, steht jedoch noch aus (123).

### 2.1.6 Therapieverfahren

Obwohl die Entdeckung der Erkrankung bereits mehr als 180 Jahre zurückliegt, herrscht bis heute kein Konsens bezüglich eines Standardtherapieverfahrens des Pilonidalsinus (77). Fest steht jedoch, dass eine Heilung lediglich mittels einer operativen Therapie erzielt werden kann (91). Petersen publizierte im Jahr 2019 eine Einteilung der verschiedenen, derzeit angewandten Therapieoptionen in drei übergeordnete Behandlungsgruppen (101):

1. Exzision mit offener Wundbehandlung
2. Lokal-destruierende, jedoch haalterhaltende Verfahren
3. Exzision mit plastisch-rekonstruktivem Verschluss

#### 2.1.6.1 Exzision mit offener Wundbehandlung

Das primär offene Verfahren galt viele Jahre weltweit als Therapieverfahren der Wahl. Hierbei erfolgt eine großzügige chirurgische Exzision des gesamten Fistelsystems (zum Teil mit vorheriger Anfärbung mittels Blaulösung), gefolgt von einer sekundären Wundheilung (92). Im Jahr 2008 publizierten Doll *et al.*, dass die Anfärbung der PSD-assoziierten Fistelgänge mit Methylenblau unmittelbar zu Beginn der Operation nicht nur bei primär offenen Therapieverfahren zu einer Halbierung der Langzeitrezidivrate führt (30). Aktuell ist die Verwendung von Methylenblau in Deutschland aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit nicht mehr möglich (92). Toluidinblau stellt jedoch eine geeignete Alternative dar (92; 101). Trotz zahlreicher anderer Therapiemethoden, welche sich teilweise als deutlich rezidivärmer erwiesen haben (113), findet das primär offene Operationsverfahren, wie eine aktuelle Studie gezeigt hat, immer noch häufig Anwendung (97).

Das Verfahren der Marsupialisation kann ebenfalls zu den primär offenen Verfahren gezählt werden (124). Zunächst erfolgt die Exzision des markierten Fistelgangsystems, woraufhin die Wundfläche sekundär auf 1-2cm Breite verkleinert wird. Hierfür werden die Wundränder mobilisiert und die Haut in der Tiefe an der Sakralfaszie mittels Naht fixiert. Die verbleibende, deutlich verkleinerte Wunde heilt daraufhin durch Granulation ab (92).

An dieser Stelle ebenfalls zu erwähnen ist das Verfahren der Sinusektomie (auch als „limited excision“ bekannt (87)). Anders als bei den zuvor beschriebenen Verfahren erfolgt hier keine großzügige En-bloc-Exzision, sondern eine gezielte, knappe Ausschneidung jedes einzelnen Fistelgangs, gefolgt von einer sekundären Wundheilung. Der Eingriff kann bei kleinen Befunden in Lokalanästhesie durchgeführt werden (92).

Eine weitere Therapiemethode, die a.e. auch in die Gruppe der offenen Verfahren eingestuft werden kann, ist der Partialverschluss, bei dem lediglich ein Teil der Wunde im Hautniveau verschlossen wird. Dieses Verfahren gilt jedoch aufgrund der hohen Rezidivrate als obsolet (38; 113).

Ähnlich ist es mit der Inzision und Drainierung als alleinige Pilonidalsinustherapie. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand kann dieses Verfahren zwar zur notfallmäßigen Entlastung der akut-abszedierenden Form (vgl. Kapitel 2.1.5 Klassifikation, Seite 14) angewandt werden, sollte jedoch im entzündungsfreien Intervall durch eine definitive chirurgische Versorgung ergänzt werden (38; 92), da eine Drainierung ohne folgende definitive Versorgung eine Rezidivrate von 10,4% nach bereits 12 Monaten aufweist (113).

### **2.1.6.2 Lokal-destruierende, haalterhaltende Verfahren**

Zu den lokal destruierenden, jedoch haalterhaltenden Verfahren gehören das sogenannte „Pit-Picking“, die Fistuloskopie, die Phenolanwendung und die Laserbehandlung, die jeweils in Lokalanästhesie durchgeführt werden können (101). Bei der „Pit-Picking“-Operation, welche bereits 1980 durch John Bascom beschrieben wurde (13), erfolgt die oberflächliche Exzision der epithelialisierten, im Bereich der Rima ani liegenden Primärfisteln sowie eines umgebenden Hautsaums mit einer Breite von 1mm (92). Bascom vermutete, dass die Entfernung der umliegenden Haarfollikel die Abheilung des Pilonidalsinus bedinge. Zudem wurden die darunter liegenden Fistelgänge mit Bürsten oder scharfen Löffeln debridiert, sodass eine sekundäre Wundheilung erfolgen konnte (13). Diese minimal-invasive Methode eignet sich allerdings nur für nicht voroperierte Patienten mit einem lokal begrenzten Befund (63).

Petersen nennt in seiner Publikation im Jahr 2019 ebenfalls das neue Verfahren der Fistuloskopie (auch bekannt als „Endoscopic pilonidal sinus treatment“ („E.P.Si.T.“)), welches im Jahr 2014 von Meinero *et. al* zum ersten Mal beschrieben wurde (85; 101). Hierbei wird bei einer endoskopischen Untersuchung des Fistelgangsystems mittels Koagulation eine Deepithelialisierung herbeigeführt, wodurch eine Abheilung erreicht werden kann. Eine Langzeitvalidierung dieser Methode steht zur Zeit allerdings noch aus (101).

In vielen Ländern, besonders im indoarabischen Raum, findet die Instillation von Phenol in die Pilonidalsinus-assoziierten Fistelgänge noch häufig Anwendung (40). Die meist 80%-ige Phenollösung verursacht eine lokale Entzündungsreaktion, woraufhin es zu einer Narbenbildung mit darauffolgender Abheilung kommt. Es handelt sich hierbei um ein kostengünstiges und minimal-invasives Therapieverfahren, das derzeit in der Türkei als optionale Erstlinientherapie des Pilonidalsinus bei Kindern diskutiert wird (10). In Deutschland ist dieses Verfahren allerdings aufgrund der hohen Toxizität von Phenol nicht mehr zugelassen (17; 64; 92; 127).

Die Pilonidalsinustherapie mittels Laseranwendung kann ebenfalls zu den lokal-destruierenden, jedoch haalterhaltenden Verfahren gezählt werden (101). Die S3-Leitlinie der AWMF unterscheidet hierbei zwischen einer Primärtherapie mittels Laser und einer Laseranwendung zur postoperativen Rezidivprophylaxe (92). Es existieren bereits zahlreiche Studien, die von einer Senkung der postoperativen Rezidivrate durch eine dauerhafte Haarentfernung mittels Laserepilation berichten (24; 79; 93). Eine mögliche primäre Laserbehandlung stellt die minimalinvasive „PiLaT“-Technik („pilonidal disease laser treatment“-Technik) dar. Hierbei erfolgt zunächst die manuelle Entfernung von Haaren und nekrotischen Geweberesten aus den Pori, gefolgt von einer Spülung des Fistelgangsystems. Im nächsten Schritt wird eine Dioden-Lasersonde eingeführt, die das Fistelssystem koaguliert und versiegelt (57). Aufgrund der geringen Evidenz der verschiedenen Laserverfahren kann jedoch auch in der im Jahr 2020 erschienenen, überarbeiteten Version der S3-Leitlinie noch keine eindeutige Empfehlung hinsichtlich dieses Therapieverfahrens ausgesprochen werden (92).

### **2.1.6.3 Exzision mit plastisch-rekonstruktivem Verschluss**

Als dritte Kategorie beschreibt Petersen die plastisch-rekonstruktiven Verfahren. Das älteste und bekannteste Verfahren dieser Gruppe ist der primäre Mittellinienverschluss (101). Bei dieser Operationsmethode erfolgt unmittelbar im Anschluss an die großzügige Sinusexzision eine Primärnaht im Bereich der Mittellinie (38). Auf diese Weise sollte den Patienten eine frühzeitige Rückkehr ins Berufsleben ermöglicht und lange Liegezeiten vermieden werden (5; 7). Da dieses Verfahren jedoch mit einer ausgesprochen hohen Rezidivrate einhergeht (32% nach 10 Jahren), gilt es inzwischen als obsolet (84; 113).

Der asymmetrische Primärverschluss zeigt hingegen eine deutlich niedrigere Rezidivrate (6,7% nach 10 Jahren) (113), welches bereits im Jahr 1990 durch Allen-Mersh beschrieben wurde (6; 84; 99). Dieses Therapieverfahren gehört zu den paramedianen Verfahren, bei denen die Schnittführung eine Narbe erzeugt, deren Verlauf sich quer, schräg oder paramedian zur Mittellinie manifestiert (38). Das „D-Shape“-Verfahren als Verfahren mit einer D-förmigen Schnittführung kann ebenfalls den asymmetrischen zugeordnet werden (18).

Die plastisch-rekonstruktiven Verfahren, die zur Zeit am häufigsten Anwendung finden, sind die Karydakis-Plastik und die Limberg-Plastik, wobei letztere auch als Dufourmental-Variante (Duf) durchgeführt werden kann (101).

Bei der Karydakis-Operation handelt es sich um eine seitliche Verschiebeplastik, bei der zunächst eine asymmetrische, elliptische Exzision der Fistelgänge erfolgt. Daraufhin wird auf der gegenüberliegenden Seite ein subkutaner Lappen mobilisiert, welcher nach Schwenkung in den Bereich der Wundfläche und Hautnaht einen asymmetrischen, paramedianen Hautverschluss ermöglicht (38). Benannt wurde dieses Verfahren nach dem griechischen Militärchirurgen Georgios Karydakis, der diese Methode im Jahr 1973 zum ersten Mal veröffentlichte (74). Eine modifizierte Variante der Karydakis-Plastik stellt die „Cleft-lift“-Operation nach Bascom (von ihm damals noch als „Cleft closure“ bezeichnet (14)) dar. Auch hierbei handelt es sich um eine Verschiebeplastik auf Basis einer abgewandelten Karydakis-Plastik, bei der jedoch sowohl das Exzidat als auch der mobilisierte subkutane Lappen deutlich kleiner sind und außerdem eine Abflachung der Rima ani verursacht wird (92; 107).

Demgegenüber steht die Limberg-Plastik, welche zu den Rotationslappenplastiken gehört (38). Der Erfinder dieses Verfahrens war der russische Mund-Kiefer-Gesichtschirurg Prof. Alexander Alexandrovich Limberg (122). Nachdem das Fistelgangsystem rautenförmig ausgeschnitten wurde, erfolgt der Verschluss der entstandenen Wundfläche mittels Schwenkung eines mobilisierten Parallelogramms in den Exzidatbereich. Im Unterschied dazu wird bei der Dufourmentel-Plastik, einer Variante der Limberg-Plastik, die Spitze des Schwenklappens weiter kranial gerettet.

Sowohl für die Karydakis- als auch für die Limberg-Plastik existieren modifizierte Vorgehensweisen, die durch eine paramediane Ausrichtung v.a. des unteren Exzisionspols gekennzeichnet sind (38). Hierdurch wird eine Narbenbildung in der Mittellinie vermieden, die sonst zu typischen Wundheilungsstörungen führen könnte (84). Eine aktuelle Studie empfiehlt insbesondere für die modifizierte Limberg-Plastik den Einsatz standardisierter Schablonen, um Operationsergebnisse besser vergleichen und beurteilen zu können. Dies kann v.a. bei seltenem Einsatz des Operationsverfahrens von Vorteil sein (126).

Darüber hinaus werden in der Literatur noch zahlreiche andere Lappenplastiken beschrieben, wie z.B. die Y-V-Plastik oder die Z-Plastik, die jedoch nur in ausgewählten Fällen Anwendung finden (38).

## 2.2 Fragestellung

Lange Zeit war der Pilonidalsinus, wie viele andere proktologische Sachverhalte ebenfalls, aufgrund von Tabuisierungen ein eher gering erforschtes und selten publiziertes Thema (38). Während des zweiten Weltkrieges kam es jedoch u.a. zur Veröffentlichung von 78.934 primären Pilonidalsinusfällen unter US-amerikanischen Soldaten in den Jahren 1941 bis 1944, wodurch die Erkrankung v.a. in militärmedizinischen Kreisen zunehmend an Bedeutung gewann, da die Soldaten an der Front fehlten (37; 49).

Ein Schwerpunkt der derzeitigen Pilonidalsinusforschung ist die immer noch hohe Rezidivrate, mit der diese Erkrankung einhergehen kann (113). Da das Auftreten postoperativer Rezidive nicht nur eine Einbuße der Patientenzufriedenheit aufgrund einer eingeschränkten Lebensqualität bedeutet (34), sondern mit verlängerter Arbeitsunfähigkeit und Klinikaufenthalten auch Auswirkungen auf das Gesundheitssystem hat, ist dieses Thema von großem Interesse (98). Als Einflussfaktoren konnten in der Vergangenheit bereits die Nachbeobachtungszeit sowie das angewandte Therapieverfahren ermittelt werden (113). Auch wurde häufig postuliert, dass Soldaten und Patienten des mediterranen Raumes öfter an einem Pilonidalsinus erkranken (46; 50; 80). In welchem Ausmaß diese Faktoren im Zusammenspiel Einfluss auf die Rezidivrate des Pilonidalsinus haben, ist bislang jedoch unerforscht. Aus diesem Grund erfolgte die Analyse aller seit 1833 publizierten, auffindbaren und übersetzbaren Pilonidalsinusstudien mit dem Ziel, bekannte Risikofaktoren zu verifizieren, unbekannte zu identifizieren und beide untereinander hinsichtlich ihres Einflusses auf die Rezidivrate zu gewichten.

Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie sich der Verlauf der Rezidivrate innerhalb der letzten Dekaden entwickelt hat. Zwischen 1981 und 1996 konnte Evers *et al.* innerhalb eines Bundeswehrkollektivs mit 498 PSD-Patienten einen Rückgang der Rezidivrate des primären Wundverschlusses sowie der offenen Wundbehandlung - von 33% auf 12% nach einer medianen Nachbeobachtungszeit von 15,3 Jahren – feststellen (50). Diese Tendenz über einen Zeitraum von 16 Jahren führt zu der Annahme, dass auch in den darauffolgenden Jahren eine weitere Abnahme der Rezidivzahlen zu verzeichnen ist und dass diese möglicherweise auf die Allgemeinbevölkerung übertragbar ist.

Noch ungeklärt ist bislang der Mechanismus der Entstehung eines Pilonidalsinusrezidivs. Anlehnend an die Theorie, dass dieser mit dem Mechanismus der Ersterkrankung identisch sein könnte, soll nun die Ermittlung des Verlaufs der publizierten PSD-Inzidenzen über die Jahre erfolgen. Von einer Übereinstimmung der beiden Mechanismen kann nur ausgegangen werden, wenn die Entwicklungen von Inzidenz und Rezidivrate in Abhängigkeit von der Zeit eine Parallelität aufweisen.

Die vorliegende Dissertation wird sich deshalb der Klärung der folgenden Hypothesen widmen:

## 2.3 Hypothesen

### 2.3.1 Nullhypothesen $H_0$

1. Der Entstehungsmechanismus eines Pilonidalsinusrezidivs ist dem der Ersterkrankung entsprechend.
2. Die Rezidivrate des Pilonidalsinus weist innerhalb der letzten Dekaden eine rückläufige Tendenz auf.
3. Die weltweite Inzidenz des Pilonidalsinus ist stabil bis rückläufig.
4. Das verwendete Therapieverfahren besitzt einen wesentlichen, aber nicht alleinigen, Einfluss auf die Rezidivrate.

### 2.3.2 Nebenhypothesen

- N1 Die Pilonidalsinusinzidenzen aus dem mediterranen Raum sind höher als Inzidenzen aus anderen Ländern.
- N2 Die Pilonidalsinusinzidenzen, die innerhalb von Soldatenkollektiven ermittelt wurden, sind höher als Inzidenzen, die an Nicht-Soldaten erhoben wurden.

## 3 Material und Methodik

### 3.1 Ethikantrag

Bei dieser Dissertation handelt es sich um eine Metaanalyse, in deren Rahmen keine Experimente an Lebewesen stattfanden. Es wurden keine personenbezogenen Daten erhoben oder gespeichert, weshalb laut Auskunft der Ethikkommission der Landesärztekammer Niedersachsen kein Ethikantrag vonnöten war. Die Studie wurde aus Transparenzgründen und zur Vermeidung von Doppelforschung am 30. November 2016 bei PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Reviews) wie folgt registriert:

*Dietrich Doll. The efficacy of the commonest surgical procedures in pilonidal sinus patients - a meta-analysis comparing the recurrence rates over time using long term follow up data (CRD42016051588).*<sup>3</sup>

### 3.2 Literaturrecherche

Das Ziel der Literaturrecherche war es, alle Publikationen, die seit der Erstbeschreibung im Jahr 1833 durch Herbert Mayo bis 2017 zum Thema „Pilonidalsinus“ in der Weltliteratur veröffentlicht wurden, zu erfassen. Um die Online-Literaturrecherche auf thematisch passende Texte zu beschränken, wurden die „NCBI Medical Subject Heading terms (MeSH-terms)“ [pilonid\*], [dermoid AND cyst] und [pilonid\* AND sinus] ausgewählt und in den folgenden digitalen Meta-Datenbanken als Suchbegriff verwendet:

- „Medline“ (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>)
- „PubMed“ (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>)
- „PubMed Central“ (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>)
- „Scopus“ (<https://www.scopus.com/lookforform/author.uri>)
- „Ovid“ (<https://ovidsp.ovid.com/autologin.cgi>)
- „Embase“ (<https://www.elsevier.com/solutions/embase-biomedical-research>)
- „Sciencedirect“ (<https://www.sciencedirect.com/search>)
- „Cochrane Central Register of Controlled Trials (Central)“ (<http://onlinelibrary.wiley.com/cochranelibrary/search?searchRow.searchOptions.searchProducts=clinicalTrialsDoi>)

Des Weiteren erfolgte die Suche direkt über „Google“ (<https://www.google.de/>), „Google Scholar“ (<https://scholar.google.de/>) und „ResearchGate“ (<https://www.researchgate.net/>) sowie in den aufgeführten Quellen der S3-Leitlinie der AWMF zu allen Publikationen des Pilonidalsinus. Auch die

---

<sup>3</sup> [https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display\\_record.php?ID=CRD42016051588](https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42016051588)

Quellentexte, die in den Literaturverzeichnissen der gefundenen Studien aufgelistet sind, wurden in die Evaluation eingeschlossen. Publikationen, die auf diese Weise nicht als Volltext erhältlich waren, wurden in den frei zugänglichen Beständen der Universitätsbibliotheken (OPAC) gesucht und bei Nichterfolg kostenpflichtig über den Dokumentenlieferdienst „Subito - Dokumente aus Bibliotheken e.V.“ bestellt.

Hieraus wurde eine Datenbank erstellt, in die alle Quellen mit Volltexten (soweit erhältlich) eingepflegt wurden. Die Zusammenstellung der gefundenen Publikationen erfolgte über das Literaturverwaltungsprogramm Endnote™ in der Version X7.7.1 (Thomson Reuter Copyright Agent, New York, USA).

### 3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Alle auffindbaren Publikationen wurden im Rahmen der Literaturrecherche gesichtet. Als Voraussetzung für die weitere Analyse und die Aufnahme der Studieninhalte in die statistische Auswertung wurde das Vorhandensein des folgenden Mindestdatensatzes festgelegt:

- Größe des Patientenkollektivs
- Eindeutiges Therapieverfahren (bei mehreren Therapien innerhalb des Kollektivs eindeutiges Therapieverfahren in den einzelnen Therapiearmen)
- Anzahl der nachuntersuchten Patienten
- Anzahl der postoperativen Rezidive
- Nachuntersuchungszeit

Von der Auswertung ausgeschlossen wurden Publikationen, auf die folgende Ausschlusskriterien zutrafen:

- Unvollständiger Mindestdatensatz
- Doppelte Datenveröffentlichungen
- Pilonidalsinus nicht-präsakraler Lokalisation
- Vorhandensein einer neoplastischen Erkrankung im Pilonidalsinus
- Pilonidalsinus-imitierende Erkrankungen
- Metaanalysen
- Systematische Übersichtsarbeiten (Reviews)
- „Return on recurrence“-Situationen („ROR“-Situationen) (vgl. Kapitel 5.1.2 Datensammlung, Seite 59)

Hieraus ergab sich folgendes Schema, welches den Vorgang der Prüfung der Daten innerhalb der auffindbaren PSD-Publikationen hinsichtlich des Mindestdatensatzes visualisiert (Abbildung 1). Untersucht wurden zunächst 5.840 Publikationen und 303 Buchkapitel. Insgesamt 740 Studien mit Daten zu 58.781 Patienten konnten bei vorliegendem Mindestdatensatz in die Analyse eingeschlossen werden.

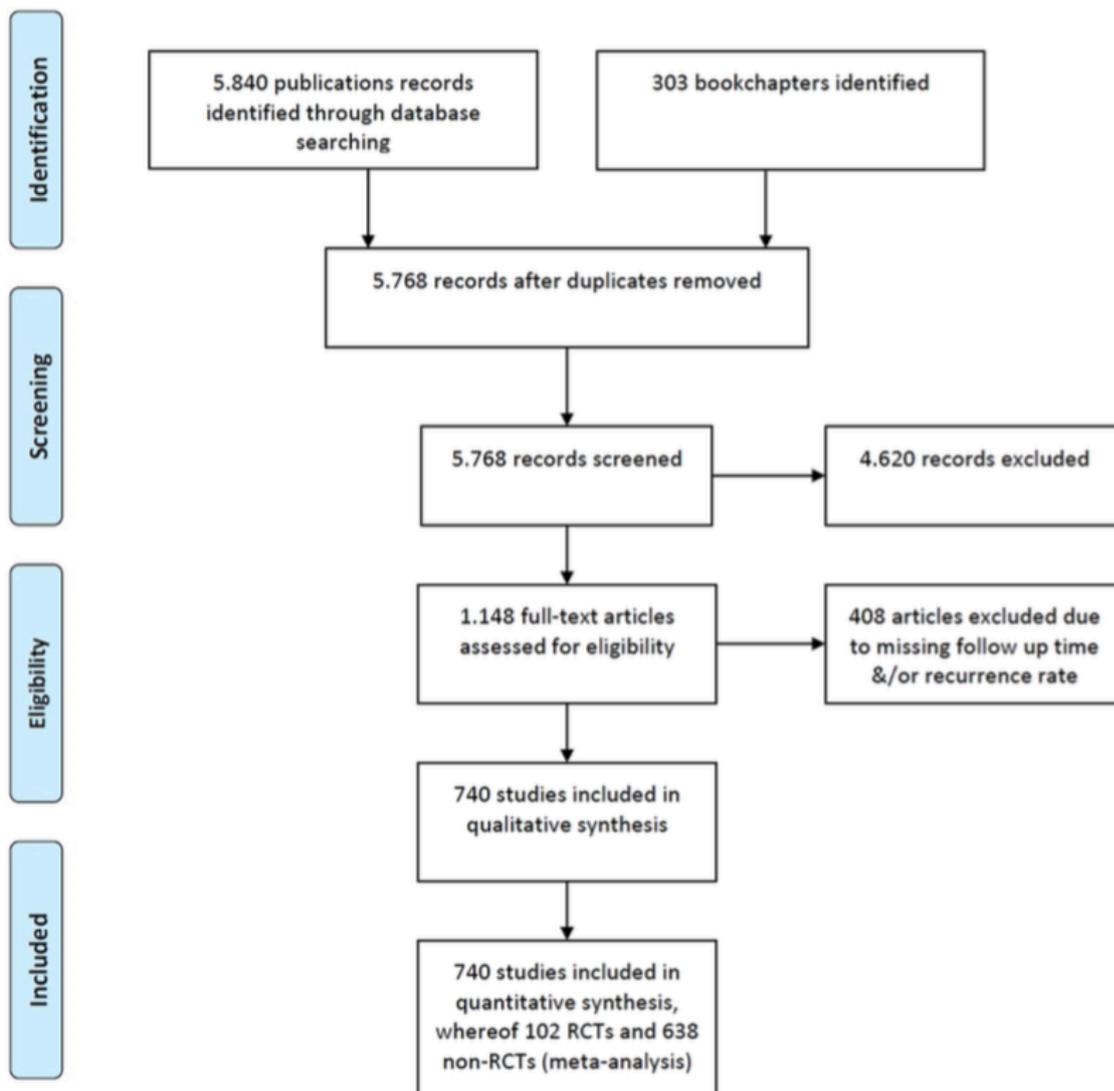


Abbildung 1: Flussdiagramm zur Visualisierung der Einschlusskriterien im Rahmen der Datenerhebung (113)

### 3.3 Entwicklung der Datenbank

Um die dazu in den Publikationen enthaltenen Informationen speichern und auswerten zu können, wurde Microsoft Excel™ in der Version 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) verwendet. Entsprechend der formulierten Fragestellungen (vgl. Kapitel 2.2 Fragestellung, Seite 19), welche die

Entwicklungen der Rezidivrate des Pilonidalsinus nach erfolgter Therapie in den letzten 100 Jahren ermitteln sollen, wurde jede zu analysierende Publikation auf folgende Daten plus Zusatzinformationen hin untersucht (s. Tabelle 2) und auf Papier dokumentiert. Anschließend wurden die Daten in die Excel-Tabelle aufgenommen und auf Übertragungskorrektheit geprüft.

Tabelle 2: Datensätze und Zusatzinformationen der Excel-Dokumentation sowie verwendete Spaltenkopftitel

<b>Spaltenkopftitel</b>	<b>Erklärung</b>
Name	Name des Erstautors der Publikation
Jahr	Publikationsjahr
Journal	Publizierendes Journal
Land	Herkunftsland der Patienten
Ländergruppe	Ländergruppe (für Einteilung s. Anhang, Kapitel 9.1 Ländergruppenzuordnung, Seite 95)
Stichwort	Stichwort (meist Therapieverfahren) zur groben Einordnung der Publikation
OP-Start	Beginn der Patientenakquirierung für die Studie
OP-Stopp	Ende der Patientenakquirierung für die Studie
Dekade OP	Dekade der Operation (OP) <sup>4</sup>
n	Anzahl der Patienten
recurrent sinus	Präoperative Rezidive
Operation 1	Therapiemethode
Operation 2	Therapiebezogene Verfahrensgruppe (für Einteilung vgl. Kapitel 4.1.5 Einfluss des Operationsverfahrens, Seite 39)
Drain	Drainageeinlage
MB	Methylenblauerwendung; Verwendung anderer Farbstoffe
Zeitwert	Nachuntersuchungszeit
Zeitklasse	Zeitklasse <sup>5</sup>
Kein Rezidiv	Anzahl postoperativ rezidivfreier Patienten
Rezidiv	Anzahl postoperativer Rezidive
RR	Rezidivrate
Alter	Alter der Patienten
GEWAGE	Gewichtetes Durchschnittsalter

<sup>4</sup> Mittelwert des Jahres der ersten und der letzten Therapie, auf die nächsthöhere Zehnerstelle aufgerundet

<sup>5</sup> Mathematisches Format der Nachuntersuchungszeitangabe wie Median, Mittelwert und Spannweite (vgl. Kapitel 3.4.5 Nachuntersuchungszeit, Seite 28)

<b>Spaltenkopftitel</b>	<b>Erklärung</b>
Mann	Anzahl männlicher Patienten
Frau	Anzahl weiblicher Patienten
BMI	Body-Mass-Index (BMI) der Patienten
GEWBMI	Gewichteter Durchschnitts-BMI
prospektiv	Prospektive Datenerhebung in der Studie
retrospektiv	Retrospektive Datenerhebung in der Studie
randomisiert	Randomisierung der Patienten vor der Behandlung

Da nicht jede ausgewertete Publikation detaillierte Informationen zu jedem Spaltenkopf der Tabelle enthielt, wurden diejenigen Felder ohne detaillierte Angabe mit einem „x“ gekennzeichnet. Auf diese Weise konnte verhindert werden, dass unausgefüllte Excelfelder im Laufe der Auswertung erfolgende statistische Berechnungen störten. Gleichzeitig wurde sichergestellt, dass die Quelle in Bezug auf die jeweilige Angabe kontrolliert worden war und diese nicht weiter extrahierbar war.

Handelte es sich bei der jeweiligen Studie um eine einarmige, d.h. um eine Studie, in der nur eine einzige Therapiemethode betrachtet wurde, so wurde pro Publikation eine Tabellenzeile ausgefüllt. Bei mehrarmigen Studien mit Betrachtung verschiedener Therapiemethoden wurden hingegen die jeweiligen therapiebezogenen Subgruppen untereinander in Unterzeilen in die Tabelle eingetragen.

### **3.4 Tabellen- und Auswertungsparameter**

#### **3.4.1 Journal- und autorenbezogene Daten**

Um die thematisch passenden Studien übersichtlich zu strukturieren, wurde das analysierte Textmaterial nach dem Nachnamen des Erstautors sowie dem Publikationsjahr sortiert, welches der ersten und zweiten Tabellenspalte entsprach. Existierten zwei Publikationsdaten, wurde das frühere verwendet. Hierbei war es nicht von Relevanz, ob die Erstpublikation in der Papierversion eines Journals erfolgte oder auf der dazugehörigen Internetseite, welches in den meisten Fällen eine Differenz von einem Jahr ergab.

Des Weiteren wurde die Fachzeitschrift dokumentiert, in der der Artikel publiziert wurde und welche im Rahmen der Literaturrecherche als Quelle gefunden werden konnte. Für den Vermerk in der Tabelle wurden die offiziell gängigen und eindeutigen Abkürzungen verwendet.

In der vierten Spalte wurden Informationen zum Herkunftsland des Patientenkollektivs bzw. zum Land, in dem die Therapie durchgeführt wurde, aufgeführt. Diese konnten in der Regel dem Kapitel „Material und Methoden“ der zu analysierenden Publikation entnommen werden. Falls dieses jedoch keine eindeutigen Angaben lieferte, wurde die Krankenhausadresse des Erstautors zur Auswertung herangezogen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgte die Erstellung und Klassifikation von

Ländergruppen, denen die jeweiligen Länder zugeordnet wurden (s. Anhang, Kapitel 9.1 Ländergruppenzuordnung, Seite 95).

Die Tabellenspalte „Stichwort“ umfasst eine stark zusammengefasste Beschreibung der in der Publikation dargestellten Therapiemethode, nachdem Titel, Abstract, Material und Methoden und Ergebnisse auf Kohärenz und Behandlungsmethoden abgeglichen wurden. Bei Methodenvariationen erfolgte eine Gruppenbildung.

Die ersten fünf Tabellenspalten beinhalten somit alle Faktoren, um im Rahmen einer Reevaluation ein einfaches Wiederfinden der ausgewerteten Publikationen zu ermöglichen sowie Doppeldokumentationen vermeiden zu können.

### **3.4.2 Beginn und Ende der Patientenakquirierung und -therapie**

In den Spalten „OP-Start“ sowie „OP-Stopp“ wurde der genaue Zeitraum der Patientenrekrutierung für die jeweilige Studie mit Jahresangaben erfasst. 95% der Studien enthielten diese Angaben. Bei den weniger als 5% der Publikationen, die diese Informationen nicht enthielten, wurden zwei Annäherungsformeln zur Bestimmung dieser beiden Jahreszahlen verwendet. Zur Ermittlung einer angenäherten Jahresangabe für den frühesten Beginn der Studienrekrutierung erfolgte die Subtraktion der längsten bekannten Nachuntersuchungszeit vom Publikationsdatum. Das Ende der Studienrekrutierung wurde nach dem gleichen Prinzip angenähert, jedoch wurde hier die kürzeste Nachuntersuchungszeit verwendet. Die auf diese Weise erhaltenen kalkulierten Werte wurden in der Excel-Tabelle gesondert markiert.

Falls es in der Publikation bezüglich der Nachuntersuchungszeit ebenfalls keine Angabe gab und eine kalkulierte OP-Start- und OP-Stoppberechnung somit nicht möglich war, wurde die jeweilige Studie aufgrund von Nichterfüllen des Mindestdatensatzes aus der statistischen Analyse exkludiert.

### **3.4.3 Patientengut**

Die Tabellenspalte mit dem Spaltenkopftitel „n“ enthielt die Gesamtzahl des an der Studie teilnehmenden Patientenkollektivs. Während die Anzahl der Patienten [n] alle Patienten zu Studienbeginn beschreibt, gibt die Summe der Patienten mit Rezidiv und der Patienten ohne Rezidiv wieder, wie viele Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch für eine Reevaluation zur Verfügung standen. Aus der Differenz dieser beiden Zahlen ließ sich die Anzahl der nicht nachuntersuchten Patienten berechnen.

In der Spalte „recurrent sinus“ wurde die Anzahl der Patienten [r], die im Rahmen der Studie nicht ihre erste PSD-Therapie erhielten und somit bereits präoperativ ein Rezidiv aufwiesen, im Vergleich zur Gesamtzahl [n] aller Studienteilnehmer nach dem Schema „r//n“ dargestellt. Hierbei war es nicht von Relevanz, welche Art von operativer Vortherapie die Patienten bereits erhalten haben. Ließ sich die

Anzahl der präoperativen Rezidive jedoch nicht aus der zu analysierenden Publikation entnehmen, wurde die Tabellenspalte mit der Angabe „x//n“ gefüllt.

#### **3.4.4 Therapieverfahren**

In einer ersten therapiebezogenen Tabellenspalte wurde die Beschreibung bzw. der Name des angewandten Verfahrens aufgelistet. Daraufhin erfolgte die Klassifikation und Zuordnung dieses Verfahrens zu den 14 zusammenfassenden Verfahrensgruppen (vgl. Kapitel 4.1.5 Einfluss des Operationsverfahrens, Tabelle 3, Seite 41), welche bereits im Rahmen einer ersten Publikation im Januar 2018 auf diesen Datensatz aufbauend veröffentlicht wurden (113). Für den Fall, dass die Publikation keine eindeutigen Informationen bezüglich des verwendeten Therapieverfahrens aufwies, wurde diese von der Auswertung ausgeschlossen.

Eine weitere Tabellenspalte erhielt den Titel „Drainage“. An dieser Stelle wurde dokumentiert, ob im Anschluss an den beschriebenen Eingriff eine Drainage in die Wundhöhle eingelegt wurde. Wenn dies der Fall war, wurde das jeweilige Feld in der Tabelle mit einem „j“ gekennzeichnet. Ein eindeutiges Verneinen durch den Autor hingegen wurde mit einem „n“ vermerkt. Wenn die Einlage einer postoperativen Drainage weder bejaht noch verneint wurde, wurde dieses mit einem „x“ in der Tabelle vermerkt. Die Verwendung eines primär offenen Verfahrens (wie z.B. das primär offene Verfahren ohne Wundverschluss, die Marsupialisation, der Teilverschluss (englisch (engl.) „partial closure“) oder das sogenannte „Pit-Picking“), welches die Verwendung einer Drainage naturgemäß überflüssig oder unmöglich macht, wurde stets als „n“ gewertet.

Des Weiteren wurde die Spalte „Methylenblau“ in die Tabelle aufgenommen, um eine Aussage über den Einsatz dieses Farbstoffs im Rahmen der evaluierten Studie machen zu können. Auch in dieser Spalte wurde die Verwendung von Methylenblau als „j“ vermerkt und ein Nicht-Erwähnen bzw. Verneinen von Seiten des Autors als „x“ bzw. „n“ interpretiert bzw. dokumentiert. Die Nutzung anderer Farbstoffe (wie z.B. Toluidinblau und Betadin) wurde notiert.

#### **3.4.5 Nachuntersuchungszeit**

Der Spaltenkopftitel „Zeitwert“ beschreibt den zeitlichen Abstand zwischen dem Zeitpunkt der Therapiedurchführung und dem Zeitpunkt der für alle Patienten vorgesehenen Nachuntersuchung in Monaten.

In der Spalte „Zeitklasse“ wurde die jeweilige in der Studie vorhandene Angabe zur Nachuntersuchungszeit genauer kategorisiert. Hierbei erfolgte die Verwendung der statistischen Zentralmaße Median, Mittelwert (engl. "mean"), Spannweite und Minimum. Bei Angabe einer Mindestnachuntersuchungszeit („Minimum“) wurde diese unverändert in die Tabelle übernommen.

Für den Fall, dass lediglich ein Nachuntersuchungszeitraum (auch Spann- oder Variationsbreite genannt; engl. „range“) aufgeführt war, wurde das arithmetische Mittel des angegebenen Bereichs für

die weitere Auswertung verwendet. Bei Vorliegen mehrerer Zeitklassen innerhalb einer Studie wurde nach statistischer Wertigkeit der Median vor dem Mittelwert, gefolgt von der Spannbreite sowie dem Minimum und Maximum priorisiert.

Falls die Patienten nicht regulär nachuntersucht oder nachbefragt worden waren und der Grund für die Wiedervorstellung der Patienten eine erneut aufgetretene Symptomatik war, wurde der Vermerk „return on recurrence“ (kurz „ROR“) in der Tabelle eingetragen. Diese Studien wurden im Folgenden aufgrund einer zu erwartenden Negativselektion und somit mangelhafter Repräsentativität aus der statistischen Auswertung ausgeschlossen und für eine separate Analyse gesammelt.

Wenn keine Informationen zur Nachuntersuchungszeit aus der Publikation eruierbar bzw. berechenbar waren, wurde die jeweilige Studie aus der Auswertung exkludiert.

### **3.4.6 Rezidive**

Die zentralen Parameter für diese Arbeit waren die rezidivbezogenen Faktoren, die sich aus den zu analysierenden Publikationen entnehmen bzw. errechnen ließen. In den meisten Fällen konnte die jeweilige Anzahl an postoperativen Rezidiven sowie die dazugehörige Nachuntersuchungszeit (vgl. Kapitel 3.4.5 Nachuntersuchungszeit, Seite 27) aus dem Kapitel „Ergebnisse“ der auszuwertenden Veröffentlichung entnommen werden. Anhand der Angabe, wie viele Patienten zu der geplanten Nachuntersuchung tatsächlich erschienen sind und wie viele von ihnen zu diesem Zeitpunkt ein Rezidiv aufwiesen (Tabellenspalte „Anzahl postoperativer Rezidive“), konnte die Rezidivrate (in Prozent) berechnet werden (Spaltenkopftitel „Rezidivrate“).

Ein weiterer Spaltenkopf der Microsoft Excel-Tabelle erhielt den Titel „Anzahl postoperativ rezidivfreier Patienten“. In dieser Spalte wurde die Anzahl der Patienten aufgeführt, die zur postoperativen Evaluation erschienen sind, jedoch zu diesem Zeitpunkt rezidivfrei waren. Hierbei galt es stets zu kontrollieren, ob die Summe der postoperativ rezidivfreien Patienten und der postoperativen Rezidive der Anzahl aller nachuntersuchten Patienten entsprach.

Wenn in einer Studie jedoch im Vergleich zu den initial rekrutierten und behandelten Patienten nicht von einer reduzierten Anzahl der nachuntersuchten Patienten berichtet wurde, obwohl eine Nachuntersuchung stattfand, wurde davon ausgegangen, dass alle in die Studie inkludierten Patienten auch an der Nachuntersuchung teilgenommen haben.

Publikationen, die keinerlei rezidivbezogene Informationen aufwiesen, wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

### **3.4.7 Patientenbezogene Daten**

Um mögliche patientenbezogene Einflussfaktoren auf die Rezidivrate für die statistische Auswertung übersichtlich bereitzustellen, wurden die Spaltenköpfe „Alter“, „Geschlecht“ und „BMI“ erstellt.

In zahlreichen Studien ließen sich die Altersangaben lediglich in Form von Spannbreiten finden und wurden in der Tabelle nach dem Schema „minimales Alter - maximales Alter“ vermerkt. Für nachfolgende Auswertungen erfolgte in diesen Fällen die Verwendung eines aus der Spannbreite berechneten Mittelwertes. Informationsreichere Studien wiesen hingegen häufig konkrete Median- bzw. Mittelwertangaben auf, welche direkt in die Tabelle aufgenommen werden konnten.

Der Spaltenkopf „Geschlecht“ wurde in die Subgruppen „Anzahl Männer“ und „Anzahl Frauen“ zweigeteilt, sodass ein übersichtlicher Vergleich hinsichtlich der erfassten Geschlechterverteilung innerhalb des auszuwertenden Patientenkollektivs möglich wurde.

Für den Fall, dass die auszuwertende Publikation einen BMI-Durchschnittswert für das untersuchte Patientenkollektiv aufwies, wurde dieser in die Spalte „BMI“ der Tabelle mit aufgenommen.

### **3.4.8 Studientyp**

Zur näheren Klassifikation des Studientyps der auszuwertenden Publikationen wurden drei Spalten mit den Bezeichnungen „prospektiv“, „retrospektiv“ und „randomisiert“ gefüllt. Alle während der Literaturrecherche gefundenen Studien wurden einzeln manuell und per Suchfunktion nach den Worten prospektiv, retrospektiv und randomisiert durchsucht. Je nach Abhängigkeit vom Studientyp wurde die entsprechende Spalte gekennzeichnet. In die Auswertung mit eingeschlossen wurden alle randomisierten, nicht-randomisierten, prospektiven und retrospektiven Studien sowie sämtliche Beobachtungsstudien wie z.B. Kohortenstudien, Fall-Kontroll-Studien, Querschnittsstudien und Fallberichte.

## **3.5 Fremdsprachige Texte**

Während der Literaturrecherche ließen sich neben zahlreichen englischsprachigen und einer kleinen Menge an deutschsprachigen Publikationen auch ursprachliche Texte aus den Ländern Norwegen, Schweden, Dänemark, den Niederlanden, Spanien, Portugal, Frankreich, Italien, Russland, Polen, Tschechien, Ungarn, Bulgarien, Kroatien, Rumänien, der Ukraine, Bosnien, Serbien, der Türkei, Korea, Japan sowie aus dem arabischen und persischen Raum finden. Um die in den ursprachlichen Studien veröffentlichten Patientendaten dennoch so weit wie möglich in der Auswertung mit berücksichtigen zu können, wurden Chirurgen aus verschiedenen anderssprachigen Ländern kontaktiert, die freundlicherweise bei der Übersetzung unterstützten und so die Analyse einiger fremdsprachiger Artikel ermöglichten (vgl. Kapitel 10 Danksagung, Seite 103). Zu diesem Zweck bearbeiteten sie einen speziell dafür entwickelten Fragebogen (s. Anhang, Kapitel 9.2 Fragebogen zur Übersetzung fremdsprachiger Texte, Seite 96), der den Inhalt der Spaltenköpfe der konstruierten Microsoft Excel-Tabelle (vgl. Kapitel 3.3 Entwicklung der Datenbank, Tabelle 2, Seite 24) in ausformulierter Form aufwies.

Sofern es möglich war, wurde auch der direkte Kontakt zu den Autoren der fremdsprachigen Artikel per E-Mail aufgenommen, um bei Rückfragen zu ihrer Publikation Klärung zu schaffen.

Auf diese Weise war es möglich, zahlreiche fremdsprachige PSD-Publikationen trotz Sprachbarriere zu sichten und in die statistische Auswertung miteinzubeziehen.

### **3.6 Fehlerkontrolle, Pivot-Tabellen und verwendete Programme**

Zu Beginn der statistischen Auswertung wurde jede Tabellenspalte der gefüllten Excel-Tabellen händisch und anhand von Formeln auf Vollständigkeit, Formatierung, Rechtschreibung sowie Plausibilität geprüft. Daraufhin erfolgte eine erneute systematische Plausibilitäts- und Formatierungskontrollen anhand von Pivot-Tabellen, u.a. um sicherzustellen, dass alle Werte tatsächlich als Zahlen kodiert waren und somit in die Berechnungen einfließen konnten.

Darüber hinaus dienten die Pivot-Tabellen als tabellarische Übersichten, um die Größe des evaluierten Patientenkollektivs sowie die gesammelten patientenbezogenen Faktoren im Hinblick auf die statistischen Größen Anzahl, Summe und Mittelwert anschaulich darstellen zu können. Berechnete Werte, welche nicht personenbezogen waren, wurden einheitlich auf zwei Nachkommastellen gerundet. Zur Erstellung der in dieser Arbeit aufgeführten Graphiken wurde die Software GraphPad Prism in der Version 8.4.3 (GraphPad Software, La Jolla, USA) verwendet. Die Textverarbeitung sowie das Erstellen von tabellarischen Übersichten erfolgten mit Microsoft Word in der Version 2011 (Microsoft Corporation, Redmond, USA).

### **3.7 Statistische Auswertung der Rezidivraten und Einflussstärken**

Die statistische Tiefenauswertung des gesammelten Datensatzes und die Durchführung einer multivariaten Analyse erfolgte mithilfe des Schweizer Statistikers und Chief Executive Officer (CEO) des Unternehmens „Prognosis AG“ Dr. Peter Kauf. Für die statistische Auswertung und Veranschaulichung der gesammelten Daten wurde das „R-Package“ (Version 3.1.0) des Statistikprogramms „R-Studio“ in der Version 0.98.982 verwendet.

Um die rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Zeit darstellen zu können, erfolgte die Berechnung der Daten für die Konstruktion von Kaplan-Meier-Graphiken (Abbildung 2 (Seite 34), Abbildung 5 (Seite 38) und Abbildung 6 (Seite 40)) durch das „R-package ‘survival‘“ (Version 2.40-1). Hierfür erfolgte zunächst eine Datensimulation, in der die in den Studien vorhandenen Informationen in diejenigen Daten umgewandelt wurden, die für die Erstellung der Überlebenszeitanalyse vonnöten waren. In einem zweiten Schritt wurden die simulierten Daten zusammengefasst der Analyse zugeführt. Die Kaplan-Meier-Analyse erfolgte zunächst uneingeschränkt für das gesamte der Auswertung zugängliche Patientengut, dann für die einzelnen zu untersuchenden Therapieverfahrensgruppen sowie für die verschiedenen Therapiedekaden. Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte als Prozentzahl, die die Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben der Patientengruppe zum jeweiligen Zeitpunkt präsentierte. Ebenfalls abgebildet wurden 95%

Konfidenzintervalle (Schattierung), welche den Bereich darstellen, in denen die tatsächliche Überlebenskurve mit 95%-iger Sicherheit liegt. Die Anzahl der Patienten, deren Daten in den einzelnen Zeitintervallen 0-12, 12-24, 24-60, 60-120 und >120 Monaten auffindbar waren, wurde als „number at risk“ unterhalb der X-Achse der Kaplan-Meier-Graphik vermerkt. Eine hohe „number at risk“ erhöht die Zuverlässigkeit der Statistik, welches sich wiederum in einem engeren Konfidenzintervall abbildet. Für den Fall, dass zu einem Intervall keinerlei zugehörige Daten für die statistische Analyse vorhanden waren, wurden die Punkte vor und nach der Datenlücke linear verbunden (lineare Interpolation).

Für die Analyse der Stärke verschiedener Einflussfaktoren auf die Rezidivrate wurde ebenfalls das „R-package ‘survival‘“ (Version 2.40-1) verwendet, jedoch in Kombination mit der Funktion „survdif“. Diese Funktion erlaubt es, die Unterschiede zwischen einzelnen Überlebenskurven zu quantifizieren und daraus die Effektstärke der Einflussfaktoren Alter, BMI, Jahr der Operation, Ländergruppe, Methylenblau, Therapieverfahren und Anzahl der Operationen pro Jahr des Operateurs zu berechnen. Diejenigen Überlebenskurven, die alle Einflussfaktoren enthalten, wurden als Ausgangspunkt gewählt und der relative Beitrag der einzelnen Faktoren in diesem Gesamtbild wurde in Prozent ausgedrückt. Hieraus konnte die erste Säule der Abbildung 3 (Seite 36) erstellt werden. Für die Erstellung der weiteren Säulen wurde jeweils der stärkste Einflussfaktor der vorherigen Säule mathematisch entfernt, wodurch sich der Beitrag der übrigen Faktoren verschiebt. Dies ist durch die multivariable Abhängigkeit der einzelnen Einflussfaktoren zu erklären, da die Effektstärke eines Einflussfaktors auf die Rezidivrate immer vor dem Hintergrund der Stärke der anderen Einflussfaktoren gesehen werden muss.

## 3.8 Inzidenz

### 3.8.1 Literatur- und Internetrecherche

Um eine mögliche Parallelität zwischen dem Entwicklungstrend der Rezidivrate und dem der Inzidenz des Pilonidalsinus im Laufe der Jahre zu überprüfen, erfolgte eine Sammlung aller auffindbarer Inzidenzzahlen in der Weltliteratur.

Für diese Analyse standen sämtliche Publikationen zum Krankheitsbild „Pilonidalsinus“ zur Verfügung, die auch im Rahmen der Rezidivrecherche ausgewertet wurden (vgl. Kapitel 3.2 Literaturrecherche, Seite 21). Darüber hinaus wurden aktuelle epidemiologische Daten zu vollstationären Fallzahlen der Diagnose „Pilonidalsinus“ (International Classification of Diseases (ICD) L05) in Deutschland anhand der Internetseite der Gesundheitsberichterstattung des Bundes der Jahre 2000 bis 2019 extrahiert (s. Anhang, Kapitel 9.3.4 Vollstationäre Pilonidalsinusfallzahlen in Deutschland, Seite 102, Tabelle 12). Zudem erfolgte freundlicherweise eine Bereitstellung von PSD-Fallzahlen aus den Ländern Großbritannien, Australien und Neuseeland von Dr. Peter Wysocki sowie eine Graphik zur Inzidenzentwicklung in Israel von Prof. Moshe Gips.

### 3.8.2 Datendokumentation

Die Datendokumentation erfolgte in einer separaten Excel-Tabelle (s. Anhang, Kapitel 9.3.3 Publikationen mit Pilonidalsinuszidenzen, Seite 99, Tabelle 11). Auch hierfür wurde das Programm Microsoft Excel in der Version 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) verwendet. Im Rahmen der Datensammlung wurde darauf geachtet, dass lediglich primärpublizierte Inzidenzen in die Tabelle mit aufgenommen wurden, um eine Doppeldokumentation zu vermeiden.

In den ersten drei Tabellenspalten erfolgte der Vermerk von journalbezogenen Informationen. Hierzu gehört der publizierende Autor, das Veröffentlichungsjahr der Studie sowie der Name der Datenquelle (z.B. des Journals). Auf diese Weise war eine direkte Rückverfolgung der Daten zu ihrem Ursprung jederzeit möglich.

Die darauffolgenden Spalten wurden zur Sammlung aller inzidenzbezogenen Faktoren sowie zur Dokumentation der auffindbaren Inzidenzen angelegt. Zunächst wurde das Jahr, in dem die Inzidenz erhoben wurde, in die Tabelle aufgenommen. Falls in der Publikation kein konkretes Jahr, sondern eine Zeitspanne angegeben war, wurde ein Mittelwert gebildet. Bei unbekanntem Jahr und unbekannter Zeitspanne wurde das Jahr der Publikation zur weiteren Auswertung herangezogen. Um den Entwicklungstrend der Inzidenz des Pilonidalsinus ebenso wie den der Rezidivrate länderspezifisch auswerten zu können, wurde das Land, aus dem die jeweiligen Inzidenzzahlen stammen, in die Tabelle aufgenommen. Für die statistische Analyse erfolgte auch hier die Zuordnung der einzelnen Länder zu den vorher festgelegten Ländergruppen (s. Anhang, Kapitel 9.1 Ländergruppenzuordnung, Seite 95). In einer weiteren Spalte erfolgte die Dokumentation der Größe der Referenzgruppe, anhand derer die publizierten Inzidenzen erhoben wurden. Für den Fall, dass sich keine exakte Angabe zur

Kollektivgröße eruieren ließ, erfolgte, sofern möglich, eine Annäherung. Hierbei wurde die jeweilige Publikation erneut im Hinblick auf eine möglichst detaillierte Beschreibung des Referenzkollektivs überprüft und mittels Internetrecherche bestmöglich angenähert. So wurde beispielsweise (bspw.) die in einer im Jahr 2009 von Evers *et al.* veröffentlichten Publikation genannte PSD-Inzidenz des Jahres 2008 innerhalb der Bundeswehr ohne eine numerische Beschreibung des Referenzkollektivs angegeben. Anhand einer frei zugänglichen Internetseite, die die Entwicklung des Personalbestands der Bundeswehr zwischen 1959 und 2018 zeigt, konnte die fehlende Kollektivgröße abgelesen werden. Für den Fall, dass Kollektivgrößen der Jahre davor und danach angegeben waren, wurde ein linearer Verlauf angenommen und das arithmetische Mittel gebildet. In der nächsten Tabellenspalte wurden die jeweiligen Inzidenzen pro 100.000 Personen vermerkt. Um den Inhalt der Tabellenfelder für im Verlauf folgende Berechnungen anzupassen, wurde eine weitere Spalte ergänzt, die lediglich die reinen Inzidenzzahlen ohne die Ergänzung „pro 100.000 Personen“ enthielt.

Für die Fälle, in denen veröffentlichte Inzidenzen anhand eines Soldatenkollektivs ermittelt wurden, erfolgte diesbezüglich ein Vermerk in der Tabelle. Kollektive, die zu einem Teil aus Soldaten bestanden, wurden ebenfalls als Soldaten-assoziert gekennzeichnet.

### **3.8.3 Statistische Auswertung**

Alle auffindbaren Inzidenzen wurden auf ganze Zahlen gerundet in die Tabelle eingetragen. Zur Erstellung von Graphiken wurde auch hier die Software GraphPad Prism in der Version 8.4.3 (GraphPad Software, La Jolla, USA) verwendet. Die Abbildung 7 bis Abbildung 12 wurden abzüglich der jährlich erhobenen Inzidenzwerte zur deutschen Bevölkerung vom Statistischen Bundesamt erstellt, um eine erschwerte Beurteilbarkeit der Graphik aufgrund einer resultierenden Punktwolke durch eng beieinanderliegende Datenpunkten zu vermeiden. Für die Betrachtung der Entwicklung der vollstationären PSD-Fallzahlen in Deutschland wurde eine gesonderte Graphik erstellt (s. Abbildung 14, Seite 51), ebenso für die visuelle Darstellung der PSD-Fallzahlen aus Großbritannien und Neuseeland (s. Abbildung 15 und Abbildung 16 auf Seite 52 und 53). Um die einzelnen graphischen Datenpunkte visuell zu entzerren, wurde zudem ein dekadischer Logarithmus im Rahmen der Graphikerstellung von Abbildung 7 bis Abbildung 13 (Seite 44 bis 50) angewandt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Rezidivrate

#### 4.1.1 Patientenkollektiv

Das im Rahmen der Literaturrecherche und Datensammlung entstandene Patientenkollektiv umfasste zunächst die Daten von 89.583 PSD-Patienten. Nach sorgfältiger Überprüfung der vorher festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien (vgl. Kapitel 3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien, Seite 22) standen ausgewählte 58.781 PSD-Patientendaten für die statistische Auswertung zur Verfügung.

#### 4.1.2 Einfluss der Nachuntersuchungszeit

Um die Bedeutung des Zeitpunktes der Nachuntersuchung für die Rezidivrate objektivieren zu können, erfolgt zunächst die Darstellung der rezidivfreien Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit in Monaten in Form einer Kaplan-Meier-Kurve.

Therapie- und patientenbezogene Faktoren, die auf den Verlauf der Rezidivrate einen Einfluss haben könnten, werden hier alle zugelassen. Es erfolgte keine Normierung.

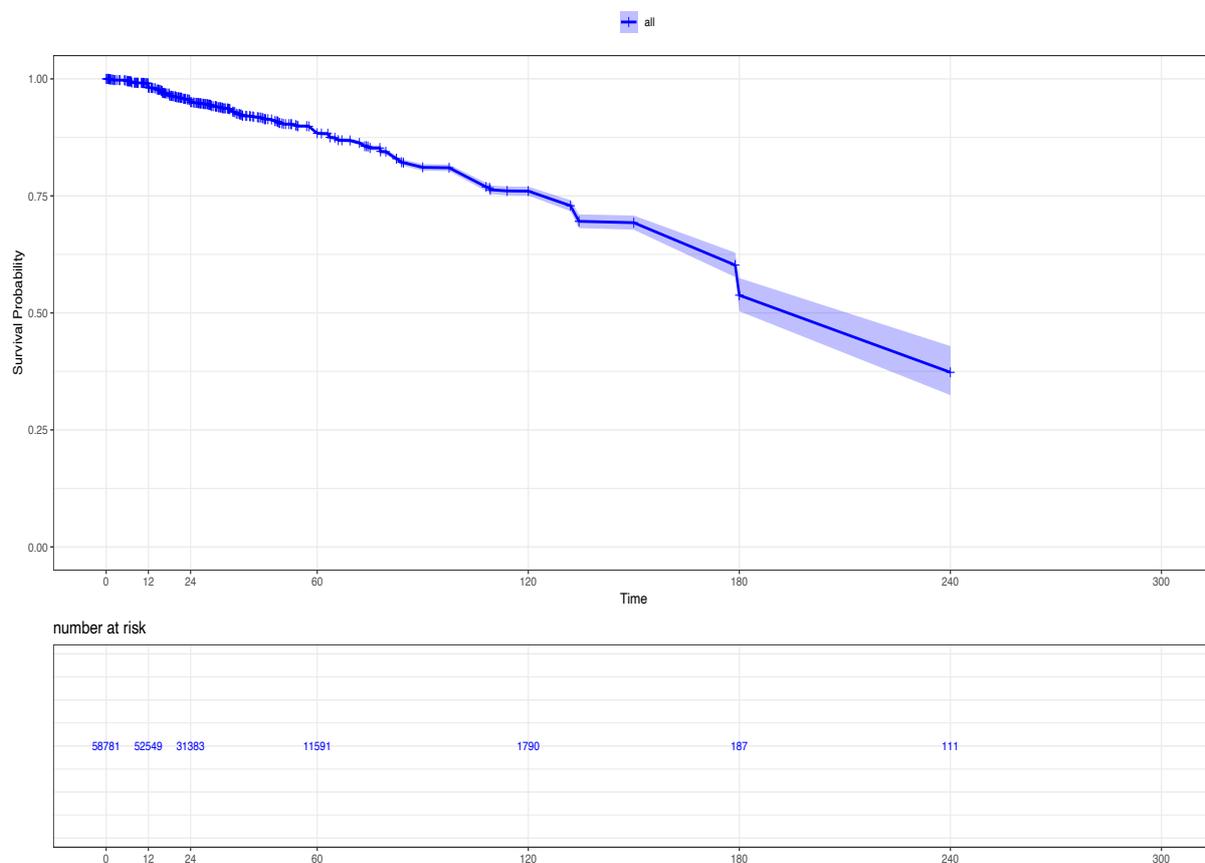


Abbildung 2: Rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb des gesamten untersuchten Patientenkollektivs in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in Monaten)

Bei Betrachtung der Abbildung 2 lässt sich ein kontinuierlich abnehmender, nahezu linearer Verlauf aller weltweit ausgewerteter Patienten ohne Berücksichtigung der durchgeführten Therapie erkennen. Aus dem zum Zeitpunkt der Therapie aus 58.781 Patienten bestehenden Ausgangskollektiv erschienen noch n=52.549 Patienten zur Nachuntersuchung nach 12 Monaten. Zu diesem Zeitpunkt liegt die rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit noch bei 98,2%. Zwischen dem 12. und 120. postoperativen Monat zeigt sich daraufhin eine steilere kontinuierliche Abnahme der Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben. Nach 2 Jahren liegt die Rezidivwahrscheinlichkeit bereits bei 4,9%, nach 5 Jahren bei 11,6% und nach 10 Jahren sogar bei nahezu 24% innerhalb der 1.750 zu dieser Nachuntersuchung erschienenen Patienten. Bei 111 Patienten erfolgte sogar nach 240 Monaten noch eine Nachuntersuchung. Hier lässt sich erkennen, dass die rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit zu diesem Zeitpunkt auf unter 50% (37,3%) gesunken ist. Die Repräsentativität hat aufgrund der geringen „number at risk“ (NAR: 111 Patienten) jedoch abgenommen. Darüber hinaus lässt sich ab dem 120. postoperativen Monat bei abnehmendem Patientenkollektiv eine deutliche Zunahme der Varianz erkennen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein später Nachuntersuchungszeitpunkt mit einer kontinuierlichen Erhöhung (von im Mittel angenähert 2% pro Nachuntersuchungsjahr) der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Rezidivs einhergeht.

#### **4.1.3 Gewichtung der Einflussfaktoren**

Um berücksichtigen zu können, welche weiteren therapie- und patientenbezogenen Faktoren einen Einfluss auf die Rezidivrate darstellen und um das jeweilige Einflussausmaß zu quantifizieren, wurde das folgende Säulendiagramm (Abbildung 3) erstellt. Als zu untersuchende Faktoren wurden das durchschnittliche Patientenalter, der durchschnittliche BMI der Patienten, das Jahr, in dem die Therapie angewandt wurde, die Ländergruppe, in der die Patienten therapiert wurden (s. Anhang, Kapitel 9.1 Ländergruppenzuordnung, Seite 95), der Einsatz von Methylenblau, das Operationsverfahren sowie die pro Jahr durchgeführten Operationen pro Operateur ausgewählt.

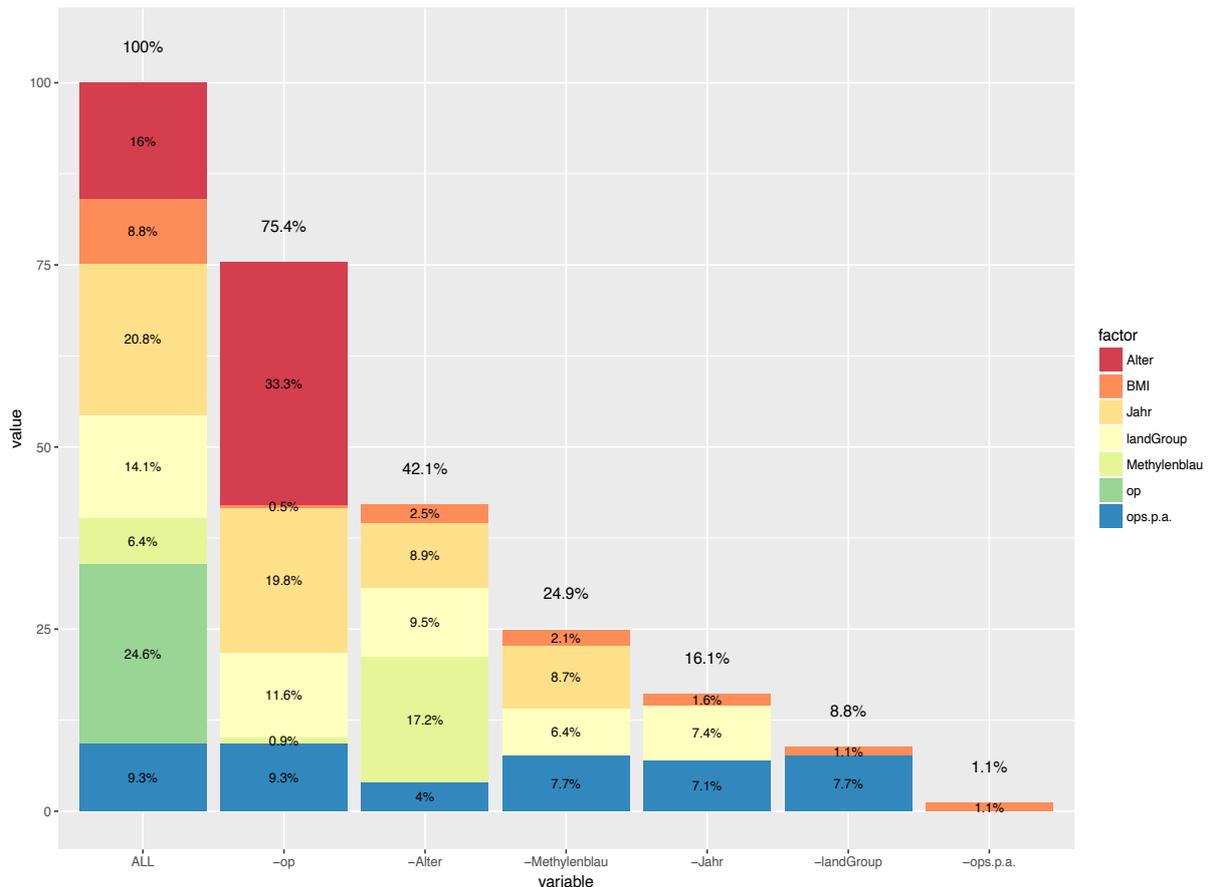


Abbildung 3: Einfluss verschiedener Faktoren auf die Rezidivrate des Pilonidalsinus (Ranking-Analyse)

Die Abbildung 3 zeigt den prozentualen Einfluss der sieben ausgewählten patienten- und therapiebezogenen Faktoren auf die Rezidivrate des Pilonidalsinus an. Zu Lesen ist diese Abbildung von links nach rechts, da sich die prozentuale Zusammensetzung der Einflussfaktoren jeder Säule in diese Richtung neu zusammensetzt.

Am Stärksten beeinflusst das angewandte Operationsverfahren mit 24,6% die Rezidivrate (dunkelgrüner Bereich der ersten Säule). Die zweite Säule [-op] zeigt eine normierte Verteilung, nachdem der Faktor „Operationsverfahren“ herausgerechnet wurde. Hier wird sichtbar, dass es zu einer Umverteilung der prozentualen Auswirkungen der einzelnen Faktoren auf die Rezidivrate kommt und der Faktor „Alter“ nun mit 33,3% den größten Einfluss hat (roter Bereich der zweiten Säule). Nachdem auch dieser Faktor „Alter“ von der Berechnung ausgeschlossen wurde, stellt sich in der weiter rechts davon liegenden Säule [-Alter] der Faktor „Methylenblau“ mit 17,2% als einflussreich dar (hellgrüner Bereich der dritten Säule). Darauf folgend mit abnehmendem Einfluss lässt sich das Jahr der Operation (helloranger Bereich der vierten Säule), die Ländergruppe (gelber Bereich der fünften Säule), die Operationszahlen pro Jahr des jeweiligen Operateurs (blauer Bereich der sechsten Säule) sowie der BMI (oranger Bereich der siebten Säule) erkennen.

Die multivariate Beeinflussbarkeit der Rezidivrate des Pilonidalsinus kann somit anhand von Abbildung 3 gestaffelt werden. Den stärksten Einfluss auf die Rezidivrate haben demnach das angewandte Operationsverfahren, gefolgt vom zweitstärksten Einflussfaktor, dem Alter des Patienten.

#### 4.1.3.1 Methylenblauverwendung

Da der Einsatz von Methylenblau mit 17,2% den drittgrößten Einflussfaktor auf die Rezidivrate darstellt, stellt sich die Frage nach der Anwendungshäufigkeit innerhalb der publizierten PSD-Operationen. Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Rezidivrate und der Häufigkeit von Methylenblauverwendungen feststellen zu können, erfolgte die Auswertung in Abbildung 4.

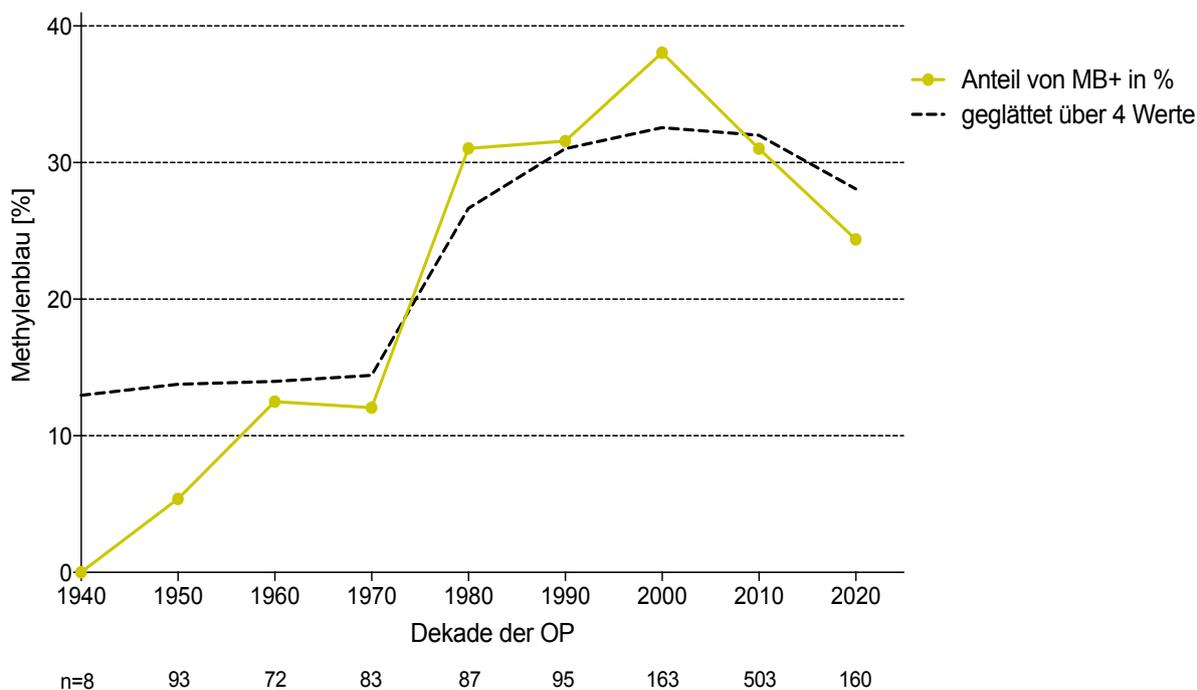


Abbildung 4: Anteil der publizierten Methylenblauverwendung (MB+) an allen publizierten PSD-Operationen mit Information über Methylenblau Einsatz in Abhängigkeit von der Dekade der OP (geglättet über 4 Werte)

Die Abbildung 4 zeigt den Anteil der Methylenblauanwendungen an allen publizierten, auffindbaren PSD-assoziierten Operationen weltweit. Dargestellt sind die Dekaden 1940 bis 2020, wobei die Dekade 2020 lediglich Daten von 2011 bis einschließlich 2016 beinhaltet. Zur besseren Anschaulichkeit erfolgte außerdem die Glättung der Rohdaten über 4 Werte (schwarze Kurve). Die dargestellten Prozentzahlen wurden als Anteil der Gesamtheit aller publizierten PSD-Patientendaten der Dekade erstellt, die konkrete Informationen bezüglich eines Methylenblau Einsatzes aufwiesen.

Nachdem die Dekade 1940 über keinerlei Angaben bezüglich einer Methylenblauverwendung verfügt, zeigt sich im Verlauf bis zur 2000er Dekade eine Zunahme des Einsatzes auf ein Maximum von 38%. In dieser Dekade haben somit mehr als ein Drittel aller operierten und publizierten PSD-Patienten eine intraoperative Fistelgangdarstellung mittels Methylenblauinstillation erhalten. Lediglich die Dekade 1970 weicht von dieser Zunahme ab. In den letzten zwei Dekaden lässt sich hingegen eine erneute Abnahme der Anwendungshäufigkeit erkennen: in der Dekade 2010 wurden lediglich 31% der publizierten Operationen durch eine Methylenblauverwendung ergänzt, 2020 sogar nur noch 24%. Die

Zahlen der Dekade 2020 sind jedoch als wenig belastbar einzustufen, da sie nur auf den Zahlen der Jahre 2011 bis einschließlich 2016 beruhen.

#### 4.1.4 Einfluss der Dekade der Operation

Das Jahr der Therapiedurchführung ist laut Abbildung 3 der viertstärkste rezidivratenbeeinflussende Faktor. Um die Auswirkung der Dekade, in der die Operation durchgeführt wurde, auf die rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit beurteilen zu können, wurde die Abbildung 5 entwickelt. Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit erfolgte zudem eine Gruppierung der einzelnen Jahreszahlen in Dekaden (vgl. Kapitel 3.3 Entwicklung der Datenbank, Tabelle 2, Seite 24). Die Jahre 1981 bis 1990 wurden der Dekade 1990 zugeordnet, die Jahre 1991 bis 2000 der Dekade 2000, die Jahre 2001 bis 2010 der Dekade 2010 und die Jahre 2011 bis 2020 der Dekade 2020.

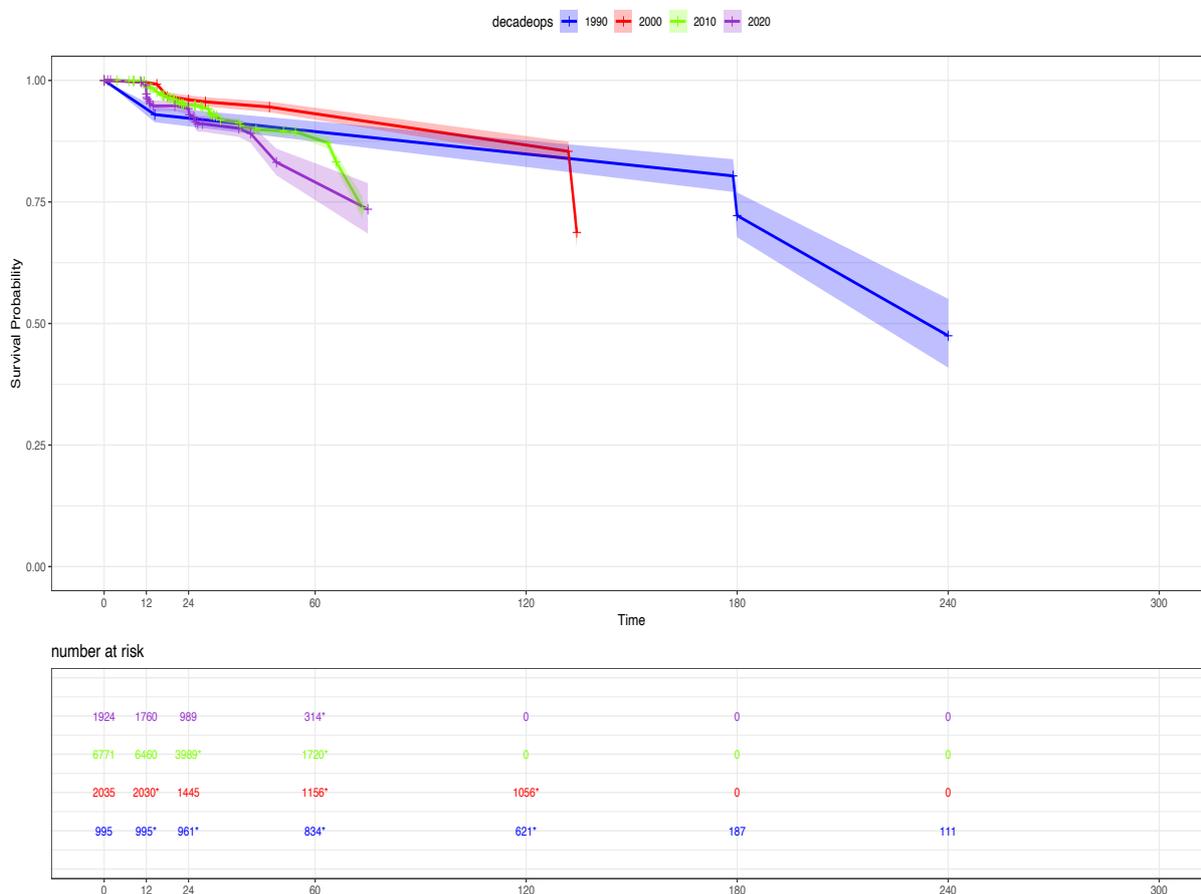


Abbildung 5: Normierter Einfluss der Dekade der OP auf die rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in Monaten)

Zur Erstellung der Graphik erfolgte eine Normierung, indem der Einfluss der Faktoren „Operationsverfahren“, „Alter“, „Land“, „Operationen pro Jahr“, „Ländergruppe“, „Einsatz von Methylenblau“ sowie „BMI“ herausgerechnet wurde, sodass hier lediglich der direkte Einfluss der Dekade der Operation auf die rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit dargestellt ist.

Betrachtet werden die Dekaden 1990 bis 2020, wobei die Dekade 2020 lediglich Patientendaten bis einschließlich 2016 beinhaltet und aufgrund der bereits ab dem 2. postoperativen Jahr zu beobachtenden Varianzzunahme in Kombination mit einer geringen „number at risk“ (NAR: 314 Patienten nach 60 Monaten) eine eingeschränkte Aussagekraft aufweist. Gleiches gilt für die Dekade 1990: Hier lässt sich ebenfalls schon ab dem 2. postoperativen Jahr eine im Verlauf zunehmende Varianz erkennen, die auch bei dieser Dekade zu einer erschwerten Beurteilbarkeit der Kurve führt. Die Varianz der Kurven 2000 und 2010 ist deutlich geringer, sodass hier eine höhere Aussagekraft vorliegt.

In Abbildung 5 weiterhin auffällig ist eine starke Variabilität der Nachbeobachtungszeiten der Patienten, die in den verschiedenen Dekaden therapiert wurden. Es zeigt sich, dass die Daten der Dekaden 2010 und 2020 aus Publikationen mit eher kurzen Nachbeobachtungszeiten stammen (73,5 Monate in der Dekade 2010 und 75 Monate in der Dekade 2020). Die Dekade 2000 lässt hingegen ebenfalls Aussagen zur Rezidivrate nach mehr als 10 Jahren zu; die Dekade 1990 sogar bis zum 20. postoperativen Jahr. Zum Zeitpunkt des 12. bzw. 24. postoperativen Monats lassen sich zwar für alle vier Dekaden rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeiten darstellen, jedoch sind diese aufgrund von nah beieinander liegenden Datenpunkten und konfluierenden Variationsbreiten nur eingeschränkt sinnvoll beurteilbar. Einen für einen Vergleich geeigneten Nachuntersuchungszeitpunkt von Patienten aller vier Dekaden stellt das 5. postoperative Jahr dar (Zeitpunkt 60 Monate). Doch auch hier liegt die Kurve der Dekade 2010 mit einer rezidivfreien Überlebenswahrscheinlichkeit von 88,1% innerhalb des Varianzbereiches der 1990er-Dekadenkurve (rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit von 89,5%), sodass erneut die eingeschränkte Aussagekraft auffällig wird. Die Kurve der Dekade 2000 zeigt zu diesem Zeitpunkt eine geringgradig höhere rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit mit 93,1%. Mit der zu diesem Nachuntersuchungszeitpunkt geringsten „number at risk“ von lediglich 324 Patienten weist die Kurve der 2020er Dekade mit einer rezidivfreien Überlebenswahrscheinlichkeit von 79,1% und einer breiten Varianz die niedrigste Repräsentativität auf.

Es lässt sich somit zusammenfassen, dass die Rezidivwahrscheinlichkeit von PSD-Patienten, welche in den letzten vier Dekaden therapiert wurden, keinen eindeutig zunehmenden oder abnehmenden Verlauf aufweist. Abbildung 5 erlaubt jedoch den Verdacht einer leicht steigenden Tendenz der Rezidivwahrscheinlichkeit innerhalb der letzten beiden Dekaden (2010 und 2020), vor allem erwartungsgemäß zu sehen bei einer Beobachtungszeit von 5 Jahren (60 Monaten).

#### **4.1.5 Einfluss des Operationsverfahrens**

Anhand von Abbildung 3 lässt sich das Operationsverfahren als stärkster Einflussfaktor auf die Rezidivrate nachweisen. Die Frage, inwieweit sich jedoch die einzelnen Therapieverfahren auf das postoperative Rezidivgeschehen auswirken, blieb im Rahmen dieser Dissertation bislang noch ungeklärt. Zur Beantwortung dieser Frage wurde die folgende Kaplan-Meier-Kurve erstellt. Die

Auswirkung anderer rezidivratenbeeinflussender Faktoren wurde, wie in Abbildung 2, ebenfalls zugelassen. Es erfolgte somit keine Normierung.

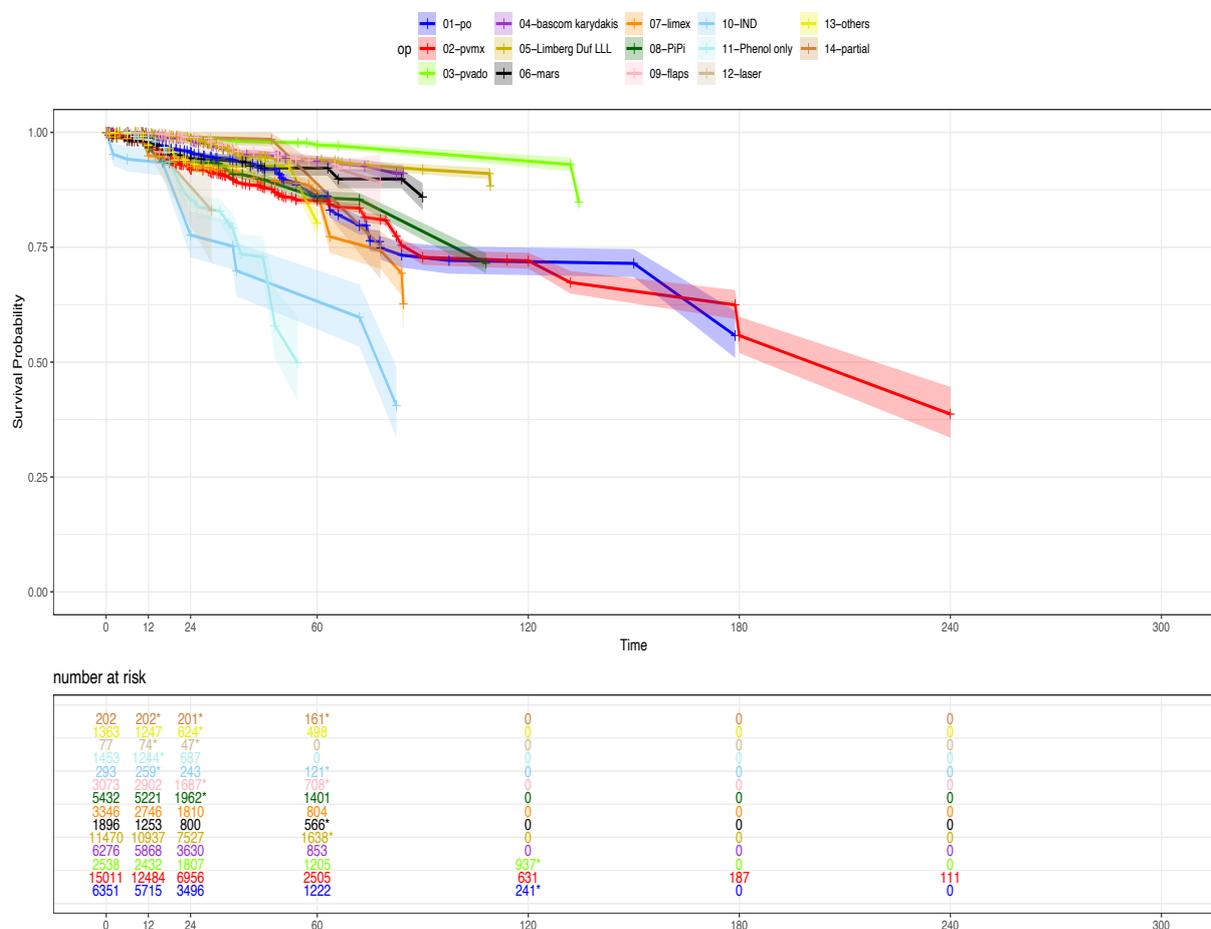


Abbildung 6: Rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der verschiedenen Verfahrensgruppen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in Monaten) (42)

Abbildung 6 zeigt den Einfluss des Therapieverfahrens auf die rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit bei PSD-Patienten in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit in Monaten. Dargestellt sind die einzelnen bereits im Rahmen der Datensammlung festgelegten Verfahrensgruppen, denen die diversen Therapie- bzw. Operationsmethoden der analysierten Publikationen zugeordnet wurden.

Zur Verdeutlichung wurde außerdem die Tabelle 3 erstellt. Es erfolgte hierfür eine Drittelung der dargestellten, mit den einzelnen Verfahrensgruppen einhergehenden Rezidivraten sowie eine entsprechende farbliche Kodierung. Das niedrigste Drittel der Rezidivraten wurde grün hinterlegt, das mittlere Drittel gelb und das Drittel mit den höchsten Rezidivraten wurde mit rot gekennzeichnet. Es wurde zwischen der 5-Jahres- und der 10-Jahresrezidivrate unterschieden.

Tabelle 3: Einteilung der verschiedenen Therapiemethoden in Verfahrensgruppen im Rahmen der statistischen Analyse (113) sowie die dazugehörigen 5- und 10-Jahres-Rezidivraten

Abkürzung	Verfahrensgruppe	Zugehörige Therapie- und Operationsmethoden	5-Jahres-RR (%)	10-Jahres-RR (%)
po n=6.351	engl. „primary open“ (primär offenes Therapieverfahren)	Exzision, „exhairese“, Vakuumtherapie, atypische Exzision und weitere primär offene Verfahren einschließlich ergänzender Laser-, Phenol-, Kälte-, Antibiotika- und thrombozytenreicher Plasmaanwendung	13,87 n=1.222	28,15 n=240
pvm(x) n=15.011	engl. „primary median closure“ (Primärverschluss in der Mittellinie)	Verfahren mit einem Primärverschluss einschließlich ergänzender Laser-, Phenol-, Kälte-, lokaler und systemischer Antibiotika-, Drainage-, thrombozytenreicher Plasmaanwendungen, außer Lappenplastikverfahren	14,87 n=2.505	27,94 n=631
pva(do) n=2.538	engl. „primary asymmetric closure“ (asymmetrischer Primärverschluss)	„S-shape-closure“, „D-shape-closure“, „D-flap“, „oblique crossing“, „Casten“- Verfahren, modifiziertes „Casten“- Verfahren	2,74 n=1.205	6,26 n=937
bascom karydakis n=6.276	Seitliche Verschiebelappenplastik en nach Bascom und Karydakis	Klassische und modifizierte Verschiebelappenplastiken nach Bascom und Karydakis, einschließlich ergänzender Laser-, Phenol-, Kälte-, lokaler und systemischer Antibiotika-, Drainage-, thrombozytenreicher Plasmaanwendungen	6,26 n=853	k.A. <sup>6</sup>
Limberg Duf LL n=11.470	Limberg/Dufourmentel (Rotationslappenplastik)	Klassische und modifizierte Limbergglappenplastik, Dufourmentelplastik, „rhomboid flap“, „teardrop flap“, Z-Plastik, einschließlich ergänzender Antibiotikaanwendungen	5,92 n=1.638	k.A.
mars n=1.896	Marsupialisation	Marsupialisation	7,6 n=566	k.A.
limex n=3.346	engl. „limited excision“ (Sinusektomie)	Entdeckung, Kürretage, Drainage, Sinotomie (gegebenenfalls (ggf.) ergänzend Kauterisierung), „Cystostomie“, kleine Exzision, Entdeckung und Kürretage	13,06 n=804	k.A.

<sup>6</sup> keine Angabe

Abkürzung	Verfahrensgruppe	Zugehörige Therapie- und Operationsmethoden	5-Jahres-RR (%)	10-Jahres-RR (%)
PiPi n=5.432	„Pit Picking“	Bascoms „Pit Picking“ mit lateraler Inzision, Bohrverfahren, Porusexzision (ggf. mit Phenolanwendung), Bürstenanwendung, Fistelgangkoagulation, Verfahren nach Lord-Millar, offenes Verfahren mit subkutaner Fistelgangextraktion	14,19 n=1.401	k.A.
flaps n=3.073	Sonstige Lappenplastiken	Verschiebelappenplastik, Gluteuslappenplastik, V-Y-Verschiebelappenplastik, seitliche Verschiebelappenplastik, lokale fasziokutane, infragluteale und bilaterale Gluteusmuskelverschiebelappenplastik, „Lembo di lator“, „Kopp gluteal-fascial plasty“, Rotationslappenplastik, kombinierte Lappenplastiken, einschließlich ergänzender Antibiotikaaanwendung	6,42 n=707	k.A.
IND n=293	engl. „incision and drainage“ (Inzision und Drainage)	Inzision, Inzision und Kürretage, einschließlich ergänzender Antibiotikatherapie	36,76 n=120	k.A.
Phenol only n=1.453	Phenolanwendung	Phenolanwendung, einschließlich ergänzender Läser-, Kälte- und Antibiotikaaanwendungen	k.A.	k.A.
Laser n=77	Laserbehandlung	Primäre Laseranwendung	k.A.	k.A.
partial n=202	engl. „partial closure“ (Teilverschluss)	Teilverschluss, einschließlich ergänzender lokaler und systemischer Antibiotikaaanwendungen	11,22 n=161	k.A.
others n=1.363	Sonstige Therapieverfahren	Endoskopische Verfahren, Kälteverfahren, Histoacrylklebung, Aspiration, Antibiotikatherapie und weitere konservative Verfahren	19,76 n=498	k.A.

Die Verfahrensgruppe mit der höchsten Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben auch nach einer Nachbeobachtungszeit von mehr als 11 Jahren in Kombination mit einer hohen „number at risk“ (937 Patienten nach 120 Monaten) und daher hoher Repräsentativität ist der asymmetrische Primärverschluss. Dieser geht 5 Jahre post operationem noch mit einer rezidivfreien Überlebenschwahrscheinlichkeit von 97% einher. Nach 10 Jahren liegt diese noch bei 94%.

Die zweitniedrigste Rezidivrate zeigt die Verfahrensgruppe „Limberg/Dufourmentel“. Die letzte Nachbeobachtung erfolgte hier nach 109 Monaten. Mit einer „number at risk“ von 1.638 nachuntersuchten Patienten nach 5 Jahren und einer rezidivfreien Überlebenschwahrscheinlichkeit von

94%, weist diese Verfahrensgruppe zwar eine höhere Repräsentativität zu diesem Zeitpunkt auf als die Verfahrensgruppe „asymmetrischer Primärverschluss“ (hier lediglich 1.205 Patienten nach 5 Jahren) bei einer jedoch höheren Rezidivrate. Zum Zeitpunkt der letzten durchgeführten Nachuntersuchung nach 109 Monaten liegt die Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben noch bei 88,4%. Eine Nachuntersuchung nach 10 Jahren erfolgte hier nicht.

Die geringste Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben weisen Patienten auf, bei denen die Verfahrensgruppen „Inzision und Drainage“ oder „Phenolanwendung“ angewandt wurden. Hier existiert jedoch lediglich eine Nachbeobachtung bis zum 83. bzw. 54. postoperativem Monat und die „number at risk“ der „Inzision und Drainage“-Gruppe ist mit 121 Patienten bereits nach 60 Monaten sehr klein. Dennoch zeigt sich hier ein eindeutiger Abfall der rezidivfreien Überlebenschancen bereits nach 5 Jahren auf 63%. Die Patientengruppe, die mit Phenoltherapie behandelt wurde, wurde kürzer nachbeobachtet, wies jedoch mit 687 nachuntersuchten Patienten zwei Jahre nach der Therapie eine höhere „number at risk“ auf. Doch auch hier lässt sich eine nahezu kontinuierliche Abnahme der Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben erkennen, welches 54 Monate nach der Primärtherapie nur noch bei 49,9% liegt. Eine 5-Jahres-Nachbeobachtung ist bei keiner der Studien publiziert, jedoch ist eine Verbesserung auch bei längerer Beobachtungszeit nicht zu erwarten.

Die größten Fallzahlen existieren zur Verfahrensgruppe „Primärverschluss in der Mittellinie“ mit n=15.011 Patienten zu Studienbeginn. Dieses Verfahren wurde somit innerhalb des untersuchten Patientenkollektivs am häufigsten angewandt. Darüber hinaus weist diese Verfahrensgruppe auch die längste Nachbeobachtungszeit auf: Nach 240 Monaten wurden immer noch Werte für 111 Patienten erhoben. Dennoch zeigt der dazugehörige Graph im Hinblick auf die rezidivfreie Überlebenschancen einen vergleichsweise mittelwertnahen Verlauf. Bereits im 5. postoperativen Jahr weisen Patienten, die mit einem Primärverschluss in der Mittellinie therapiert wurden, eine rezidivfreie Überlebenschance von nur noch 85,1% auf. Nach 10 Jahren beträgt diese lediglich noch 72%.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass die Verfahrensgruppen des asymmetrischen Primärverschlusses und der Lappenplastiken auch 120 Monate post operationem noch mit der höchsten rezidivfreien Überlebenschance einhergehen. Im Gegensatz dazu weist die Verfahrensgruppe des Primärverschlusses in der Mittellinie als Gruppe mit dem größten Patientenkollektiv und somit der häufigsten Anwendung innerhalb des publizierten PSD-Patientenguts bereits nach 24 Monaten eine deutlich höhere Rezidivrate auf.

## 4.2 Inzidenz

Im Rahmen der Literaturrecherche zur Inzidenz konnten  $n=97$  Quellen mit Berechnungen zu Inzidenzen über den Pilonidalsinus identifiziert werden. Nach Ausschluss der vollstationären PSD-Fallzahlen des statistischen Bundesamtes zur Vermeidung einer Übergewichtung der deutschen Inzidenzen (vgl. Kapitel 3.8.3 Statistische Auswertung, Seite 33) konnten für die folgenden Abbildungen 77 Inzidenzen verwendet werden (s. Anhang, Kapitel 9.3.3 Publikationen mit Pilonidalsinusinzidenzen, Seite 99, Tabelle 11). Die auffindbaren Daten weisen eine breite Variabilität auf und liegen zwischen 7/100.000 Personen und 31.500/100.000 Personen. 23 Inzidenzen überschritten eine Inzidenz von 1.000/100.000 Personen (29,9%), 54 Inzidenzen (70,1%) lagen darunter. Es erfolgte in diesem Kapitel eine Rundung der berechneten Prozentzahlen auf ganze Zahlen.

Um zu ermitteln, ob dieser breiten Streuung ein Muster zugrunde liegt, wurden Inzidenzen, die innerhalb möglicher Risikogruppen erhoben wurden, im Folgenden in Verteilungsdiagrammen farblich hervorgehoben dargestellt.

### 4.2.1 Einfluss der Ländergruppe „Mittelmeerraum“ und der Berufsgruppe „Soldat“

Um die Verteilung der aus der Ländergruppe „Mittelmeerraum“ (s. Anhang Kapitel 9.1 Ländergruppenzuordnung, Seite 95) stammenden Inzidenzen in Bezug auf die Gesamtheit der gesammelten Inzidenzen graphisch darzustellen, wurde die Abbildung 7 erstellt.

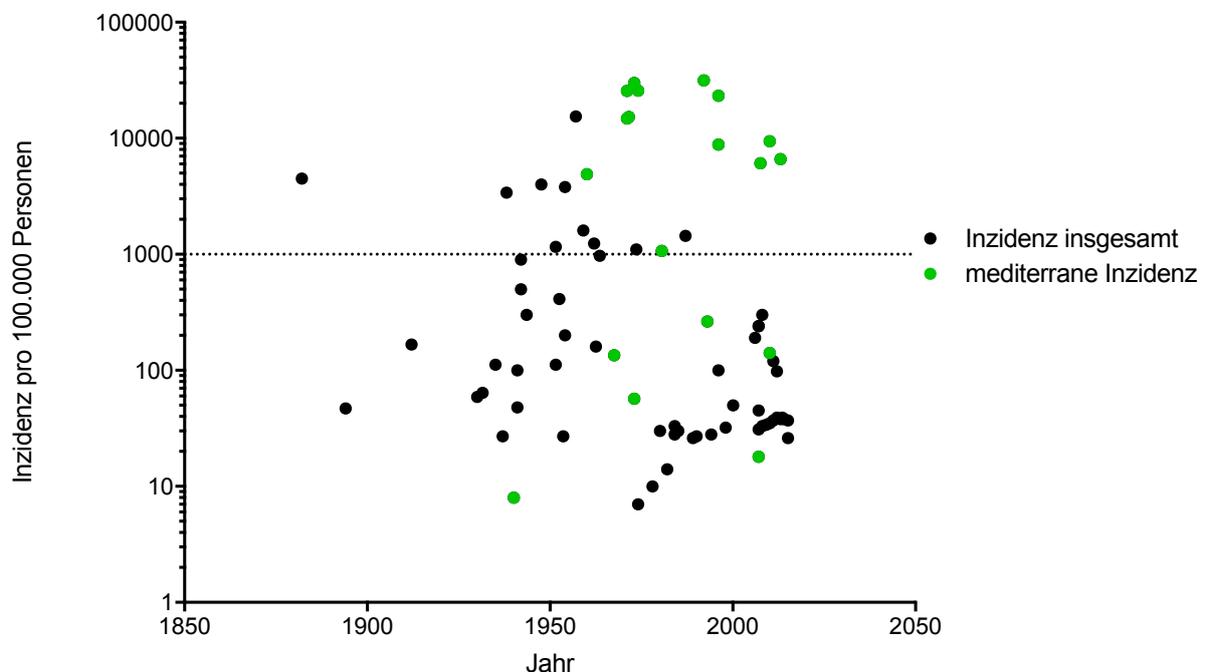


Abbildung 7: Entwicklung der PSD-Inzidenz im Mittelmeerraum über die Jahre

Tabelle 4: Anzahl der PSD-Inzidenzen im Mittelmeerraum

Inzidenz	Gesamt	Mittelmeerraum
>1.000/100.000	23 (30%)	13 (68%)
<1.000/100.000	54 (70%)	6 (32%)

19 der 77 abgebildeten Inzidenzen (25%) stammen aus dem Mittelmeerraum (grüne Punkte). Es lässt sich erkennen, dass 13 der 19 mediterranen Daten eine Inzidenz von 1.000/100.000 Personen überschreiten. 68% der aus dem mediterranen Raum publizierten Inzidenzen liegen somit oberhalb dieses Wertes und machen mit 57% mehr als die Hälfte aller insgesamt auffindbaren, über 1.000/100.000 liegenden Inzidenzen aus. Lediglich 32% der mediterranen Inzidenzen liegen darunter. Es kann somit zusammengefasst werden, dass innerhalb der Ländergruppe „Mittelmeerraum“ mehr als die Hälfte der publizierten PSD-Inzidenzen oberhalb von 1.000/100.000 Personen liegen, während dies im nicht-mediterranen Kollektiv lediglich auf 10 von 58 Inzidenzen (17%) zutrifft.

Da 13 von 19 (69%) der aus dem mediterranen Raum stammenden publizierten Inzidenzen anhand eines Soldatenkollektivs erhoben wurden, wurde die folgende Abbildung 8 erstellt, um zu überprüfen, ob sich die hohen mediterranen Inzidenzen möglicherweise durch den Einflussfaktor „Soldat“ erklären lassen.

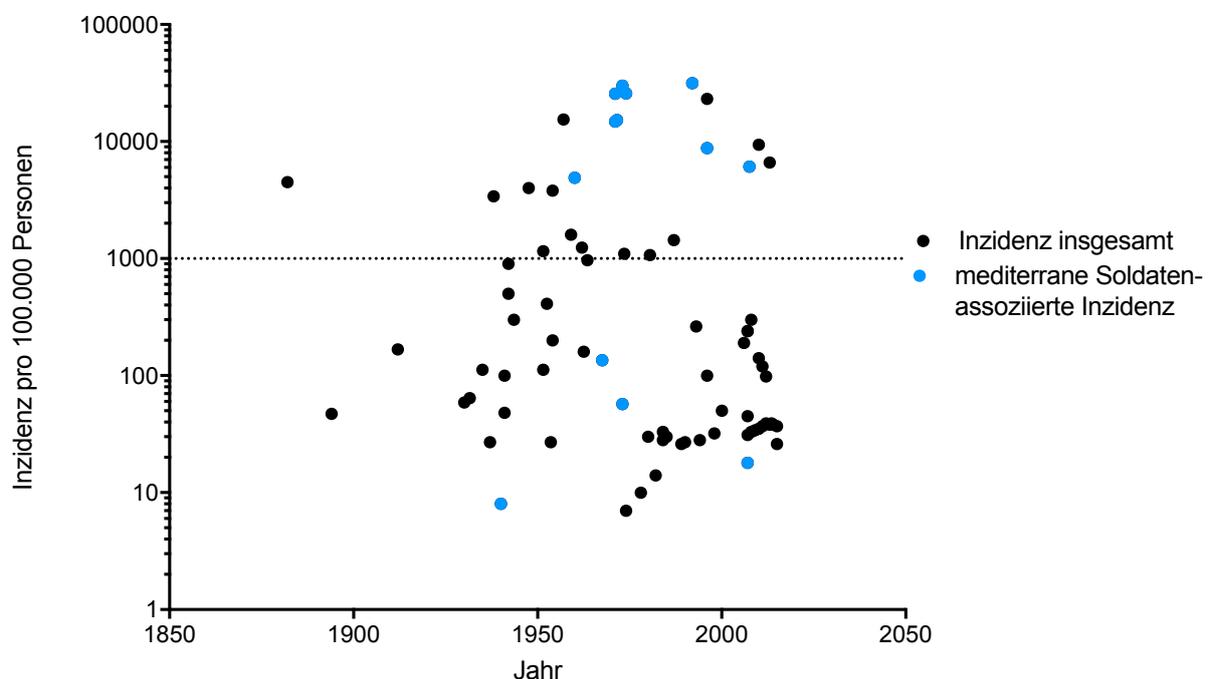


Abbildung 8: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter Soldaten aus dem Mittelmeerraum über die Jahre

Tabelle 5: Anzahl der Soldaten-assoziierten PSD-Inzidenzen im Mittelmeerraum

Inzidenz	Gesamt	Soldaten im Mittelmeerraum
>1.000/100.000	23 (30%)	9 (69%)
<1.000/100.000	54 (70%)	4 (31%)

Sämtliche publizierte Inzidenzen, welche sich auf mediterrane Soldatenkollektive beziehen, wurden in dieser Abbildung als blaue Punkte dargestellt. Hiervon liegen mit 9 von 13 Inzidenzwerten mehr als die Hälfte (69%) der Soldatenkollektive oberhalb einer Inzidenz von 1.000/100.000 Personen. Lediglich 4 von 13 Inzidenzwerten (31%) sind kleiner als 1.000/100.000 Personen.

Um zu visualisieren, ob Soldaten-assoziierte Inzidenzen auch unabhängig von der Ländergruppe häufiger hohe Werte aufweisen, wurde Abbildung 9 erstellt. Sämtliche Inzidenzen, die sich auf Soldatenkollektive beziehen, wurden ohne Berücksichtigung der Ländergruppe als rote Punkte dargestellt.

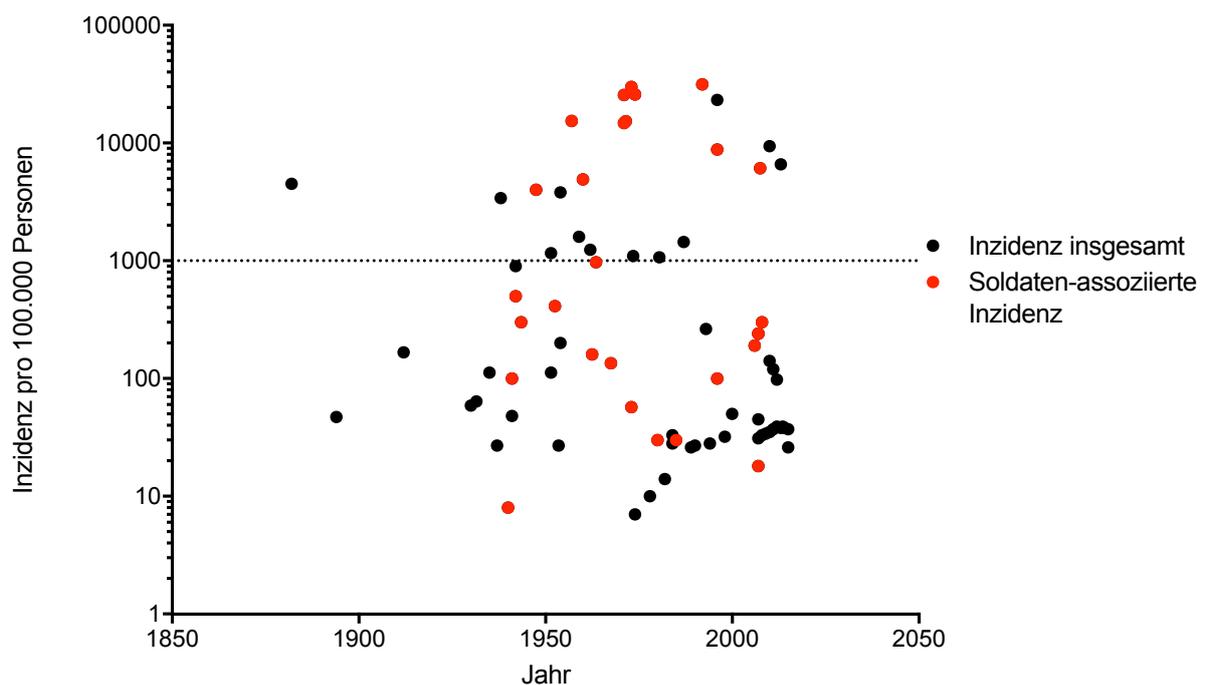


Abbildung 9: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter Soldaten über die Jahre

Tabelle 6: Anzahl der Soldaten-assoziierten PSD-Inzidenzen

Inzidenz	Gesamt	Soldaten
>1.000/100.000	23 (30%)	11 (39%)
<1.000/100.000	54 (70%)	17 (61%)

In dieser Abbildung wird deutlich, dass Soldaten-assoziierte Inzidenzen eine breite Streuung zwischen 8/100.000 und 31.500/100.000 Personen aufweisen. Insgesamt wurden 28 der 77 abgebildeten Inzidenzen (36%) für ein Soldatenkollektiv ermittelt. Anders als bei den beiden vorherigen Abbildungen lassen sich hier jedoch lediglich 39% der Soldaten-assoziierten Inzidenzen oberhalb des Grenzwertes von 1.000/100.000 einordnen. Mit 61% liegen die meisten Soldaten-assoziierten Inzidenzen unterhalb dieses Wertes.

Der Einflussfaktor „Soldat“ unabhängig von der Ländergruppe „Mittelmeerraum“ zeigt somit kein vermehrtes Vorkommen von hohen Inzidenzen.

In der nun folgenden Abbildung 10 wird die Verteilung von mediterranen Inzidenzen unter Ausschluss des Einflussfaktors „Soldat“ farblich hervorgehoben.

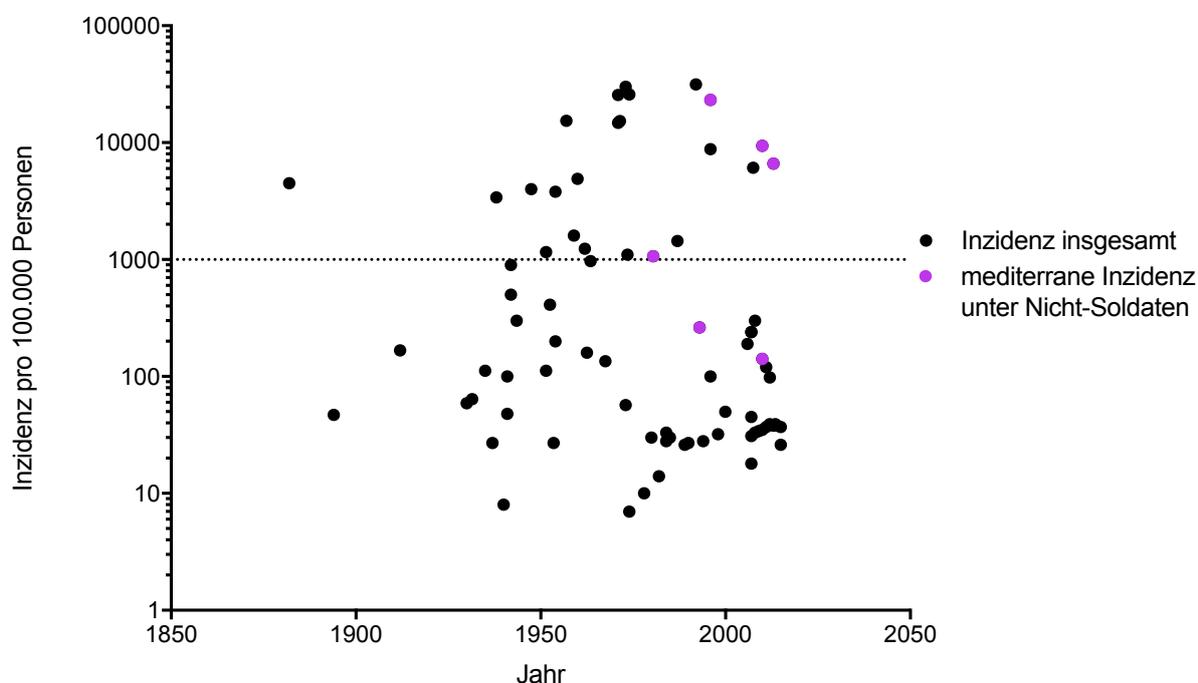


Abbildung 10: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter Nicht-Soldaten im mediterranen Raum über die Jahre

Tabelle 7: Anzahl der PSD-Inzidenzen unter Nicht-Soldaten im Mittelmeerraum

Inzidenz	Gesamt	Nicht-Soldaten im Mittelmeerraum
>1.000/100.000	23 (30%)	4 (67%)
<1.000/100.000	54 (70%)	2 (37%)

Dieser Kategorie zugehörig sind lediglich 6 Inzidenzwerte, von denen jedoch 4 (d.h. 67%) größer als 1.000/100.000 Personen sind. Es lässt sich somit auch in dieser Abbildung erneut erkennen, dass die

Ländergruppe „Mittelmeerraum“ auch unter Ausschluss der Berufsgruppe „Soldat“ mit höheren Inzidenzen assoziiert zu sein scheint.

Da die vorherigen Abbildungen dem Einflussfaktor „Mittelmeerraum“ einen stärkeren Einfluss auf die Höhe der Inzidenz beizumessen scheinen als dem Faktor „Soldat“ wurde die folgende Abbildung 11 zur erneuten Kontrolle erstellt.

Die farbigen Punkte stellen sämtliche Soldaten-assoziierte Inzidenzen außerhalb des Mittelmeerraumes dar.

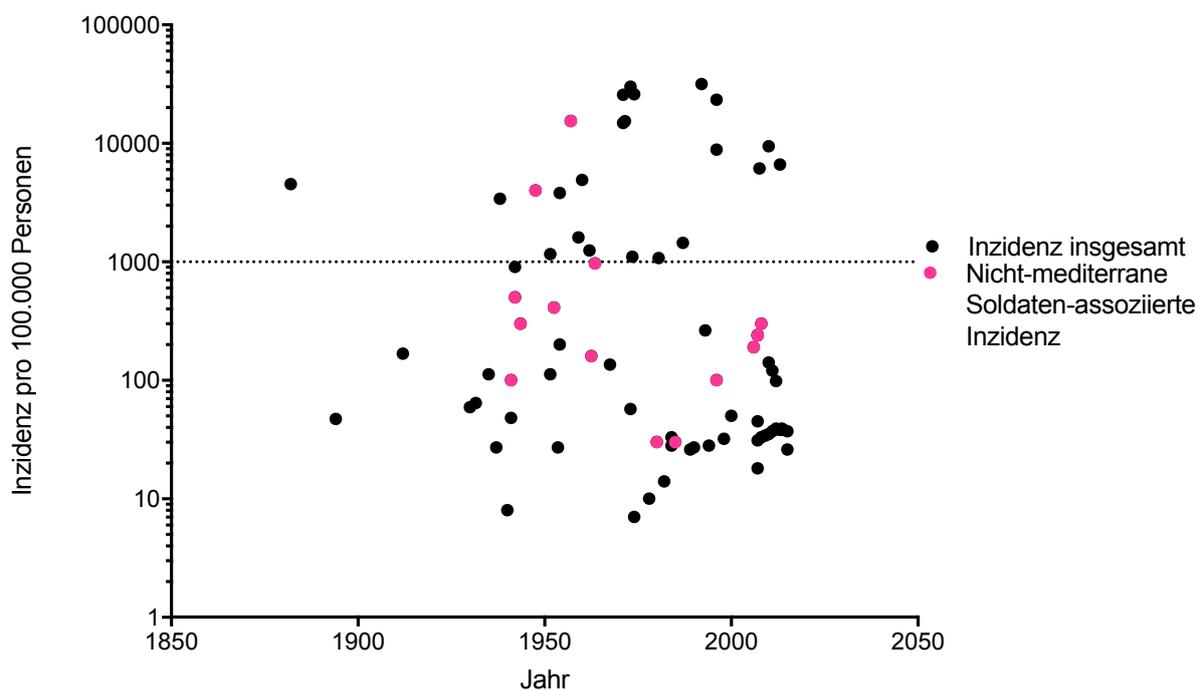


Abbildung 11: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter nicht-mediterranen Soldaten über die Jahre

Tabelle 8: Anzahl der Soldaten-assoziierten PSD-Inzidenzen außerhalb des Mittelmeerraumes

Inzidenzen	Gesamt	Soldaten außerhalb des Mittelmeerraumes
>1.000/100.000	23 (30%)	2 (13%)
<1.000/100.000	54 (70%)	13 (87%)

Es lässt sich erkennen, dass von insgesamt 15 nicht-mediterranen Soldaten-assoziierten Inzidenzen lediglich zwei Inzidenzen oberhalb des Grenzwertes von 1.000/100.000 Personen liegen. 87% der auffindbaren Inzidenzen liegen darunter. Der Einflussfaktor „Soldat“ geht somit unter Ausschluss der Ländergruppe „Mittelmeerraum“ ebenso wie unabhängig von der Ländergruppe überwiegend mit niedrigen Inzidenzen einher. Lediglich Soldatenkollektive mediterranen Ursprungs weisen eine Häufung höherer Inzidenzen auf (s. Abbildung 8, Seite 45).

Die Abbildung 12 zeigt die Verteilung der publizierten Inzidenzen, die außerhalb der Ländergruppe „Mittelmeerraum“ und unter Ausschluss des Einflussfaktors „Soldat“ erhoben wurden.

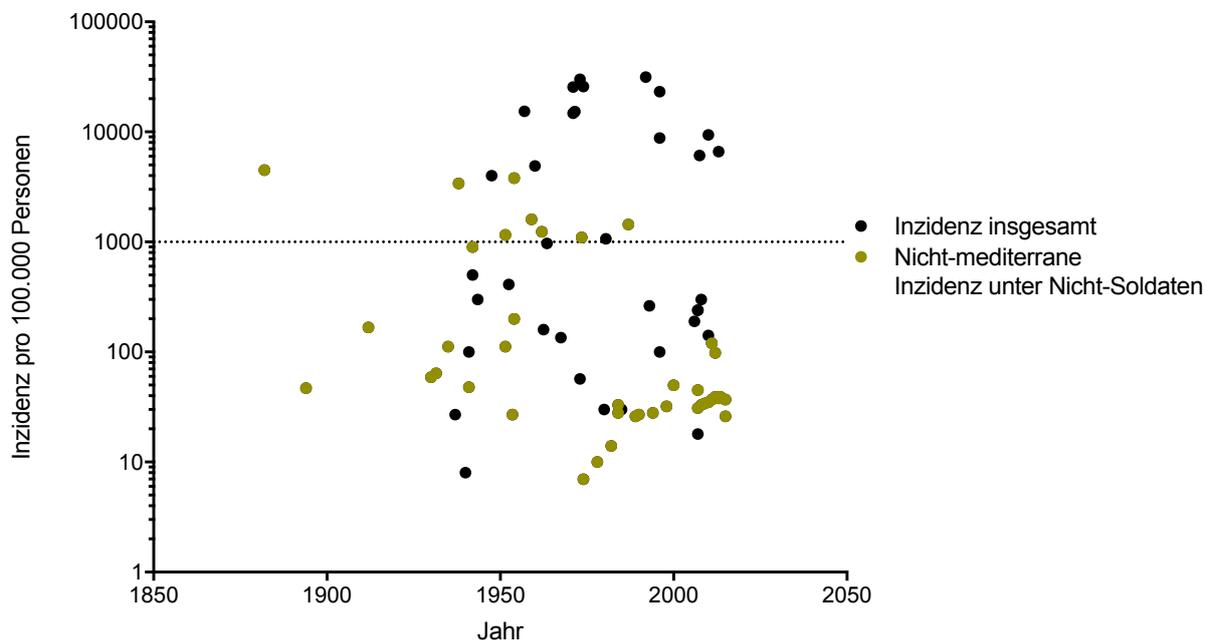


Abbildung 12: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter Nicht-Soldaten im nicht-mediterranen Raum über die Jahre

Tabelle 9: Anzahl der PSD-Inzidenzen unter Nicht-Soldaten im Mittelmeerraum

Inzidenzen	Gesamt	Nicht-Soldaten außerhalb des Mittelmeerraumes
>1.000/100.000	23 (30%)	8 (19%)
<1.000/100.000	54 (70%)	35 (81%)

In diese Kategorie fallen 43 Inzidenzwerte, von denen lediglich 8 Werte (d.h. 19%) oberhalb des Grenzwertes von 1.000/100.000 Personen liegen. Patienten, die nicht aus dem mediterranen Raum stammen und nicht der Berufsgruppe „Soldat“ zugehörig sind, weisen somit deutlich geringere Inzidenzzahlen auf.

#### 4.2.2 Einfluss der Populationsgröße

Die im Rahmen der Inzidenzrecherche gesammelten Inzidenzen wurden anhand von Kollektiven verschiedener Größen erhoben. Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Höhe der Inzidenz pro 100.000 Personen und der Größe des Referenzkollektivs zu überprüfen, wurde die Abbildung 13 erstellt. Die in Abbildung 7 bis Abbildung 12 exkludierten Inzidenzwerte zur deutschen Bevölkerung des statistischen Bundesamtes wurden hierfür erneut mit einbezogen.

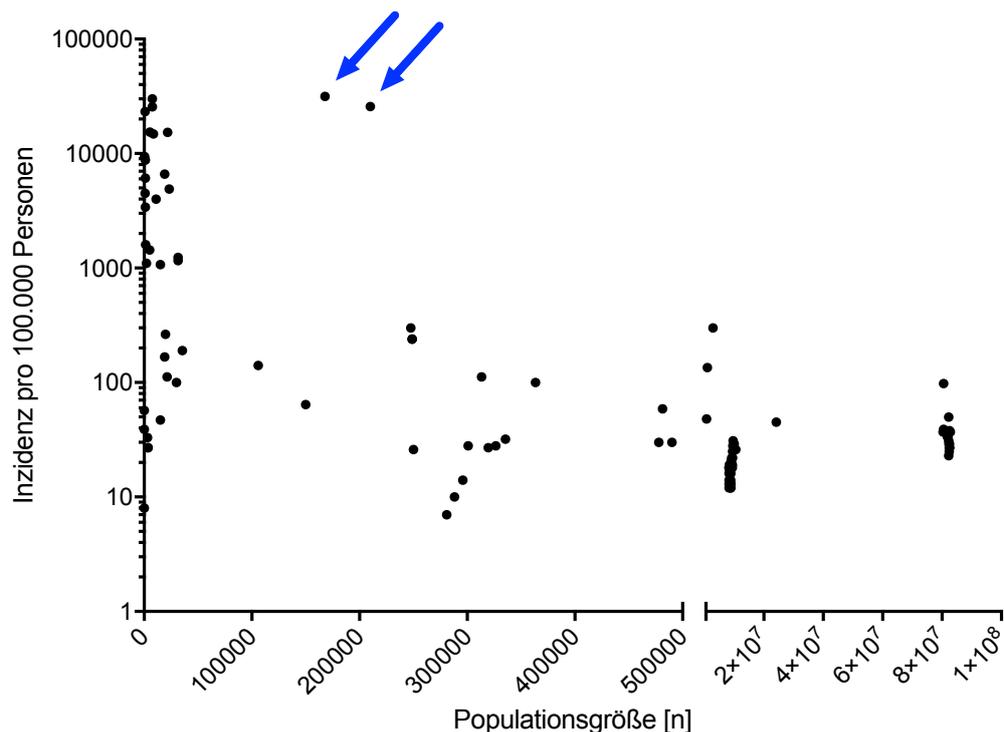


Abbildung 13: PSD-Inzidenz pro 100.000 Personen in Abhängigkeit von der Studienpopulation [n]

In dieser Abbildung lässt sich erkennen, dass insbesondere Inzidenzen, die anhand von Populationen mit weniger als 200.000 Personen erhoben wurden, eine große Streuung aufweisen. Die Werte variieren hier zwischen 8 und 30.000/100.000 Personen. Eine geringere Streuung scheint sich jenseits einer Referenzpopulation von mehr als 200.000 Personen (auf der x-Achse nach rechts) zu verfestigen. Als Ausnahme sind zwei Inzidenzen zu erwähnen, die innerhalb der griechischen Armee erhoben wurden (s. blaue Pfeile). Bei einer Populationsgröße von 210.000 Soldaten im Jahr 1974 wurde eine PSD-Inzidenz von 25.800 pro 100.000 Soldaten beschrieben. Im Jahr 1992 lag die Größe der griechischen Armee nur noch bei 168.006 Soldaten, innerhalb derer jedoch eine Inzidenz von 31.500 pro 100.000 Soldaten vorlag.

Da in der Literatur bereits eine Länderabhängigkeit der PSD-Inzidenz vermutet wird, erfolgt im Folgenden eine separate Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der PSD-Inzidenz für die Länder Deutschland, Großbritannien, Neuseeland, Australien und Israel.

### 4.2.3 Entwicklung in Deutschland

Um zu überprüfen, wie sich die PSD-Inzidenz innerhalb der deutschen Bevölkerung zwischen dem Jahr 2000 und 2019 entwickelt hat, wurde die folgende Abbildung aus den Zahlen des statistischen Bundesamtes erstellt (s. Anhang, Kapitel 9.3.4 Vollstationäre Pilonidalsinusfallzahlen in Deutschland, Seite 102, Tabelle 12).

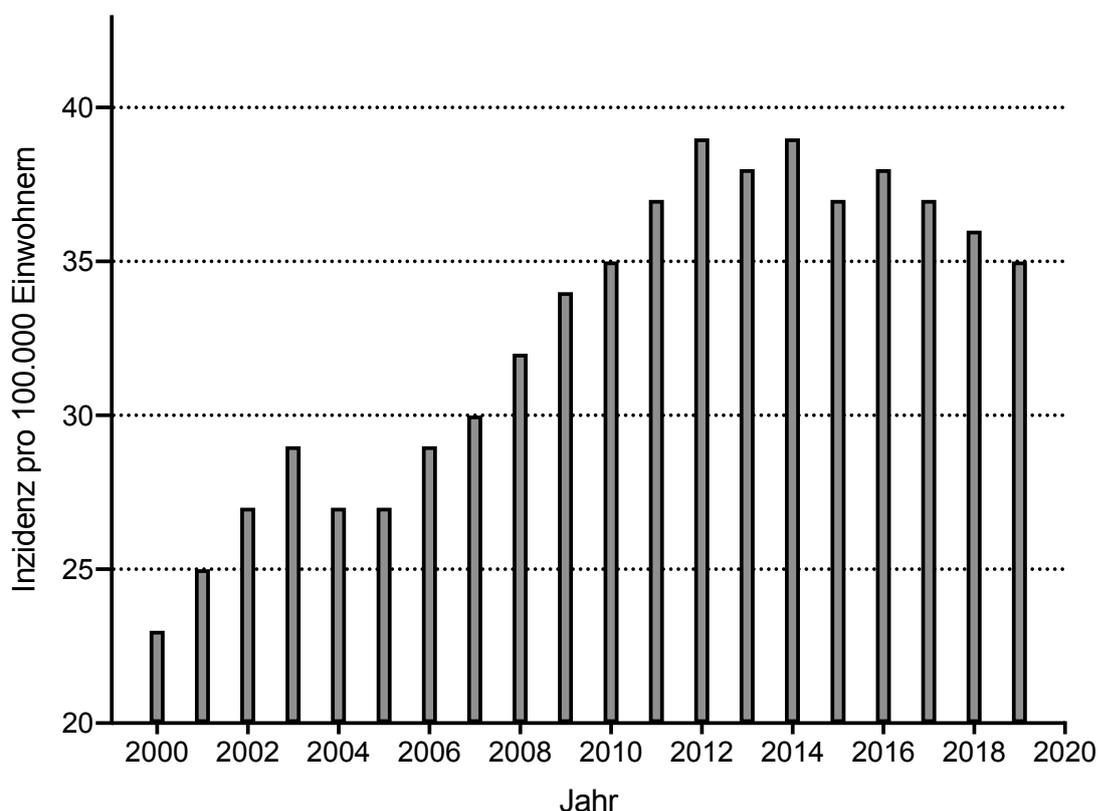


Abbildung 14: Zeitliche Entwicklung der jährlichen stationären Gesamtoperationszahlen der Diagnose Pilonidalsinus in Deutschland pro 100.000 Einwohner (Zahlen: statistisches Bundesamt)

Die Abbildung 14 zeigt die Entwicklung der jährlichen vollstationären Gesamtfallzahlen der Diagnose „Pilonidalsinus“ pro 100.000 Einwohner zwischen den Jahren 2000 und 2019 in Deutschland, dokumentiert vom statistischen Bundesamt. Im Jahr 2000 ist das Minimum von 23 PSD-Fällen pro 100.000 Einwohner zu erkennen. In den folgenden 12 Jahren, mit Ausnahme der Jahre 2004 und 2005 (jeweils 27 PSD-Fälle pro 100.000 Einwohner), ist eine kontinuierliche Zunahme bis auf ein Maximum von 39 Fällen pro 100.000 Einwohner im Jahr 2012 zu verzeichnen. Vergleicht man die Fallzahlen der Jahre 2000 und 2012 entspricht dies einer Erhöhung um den Faktor 1,7. Ab dem Jahr 2012 weisen die vollstationären PSD-Fallzahlen in Deutschland keinen weiteren Anstieg auf. Im Jahr 2014 wurden erneut 39 PSD-Fälle pro 100.000 Einwohner gemeldet, im Jahr 2017 37 PSD-Fälle pro 100.000 Einwohner und im Jahr 2019 35 PSD-Fälle pro 100.000 Einwohner. Es verzeichnet sich somit eine stagnierende bis leicht abnehmende Tendenz der vollstationären PSD-Fallzahlen in Deutschland im Laufe der Jahre 2014 bis 2019.

#### 4.2.4 Entwicklung weltweit

Zur Veranschaulichung der Entwicklung der PSD-Fallzahlen außerhalb von Deutschland wurden die folgenden Abbildungen für die Länder Großbritannien, Neuseeland und Australien erstellt (Abbildung 15, Abbildung 16 und Abbildung 17). Die dazugehörigen Rohdaten wurden von Dr. Peter Wysocki gesammelt und für diese Arbeit freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Die Abbildung 18 zeigt Daten aus Israel und wurde von Prof. Moshe Gips (Israel) erstellt.

##### 4.2.4.1 Großbritannien

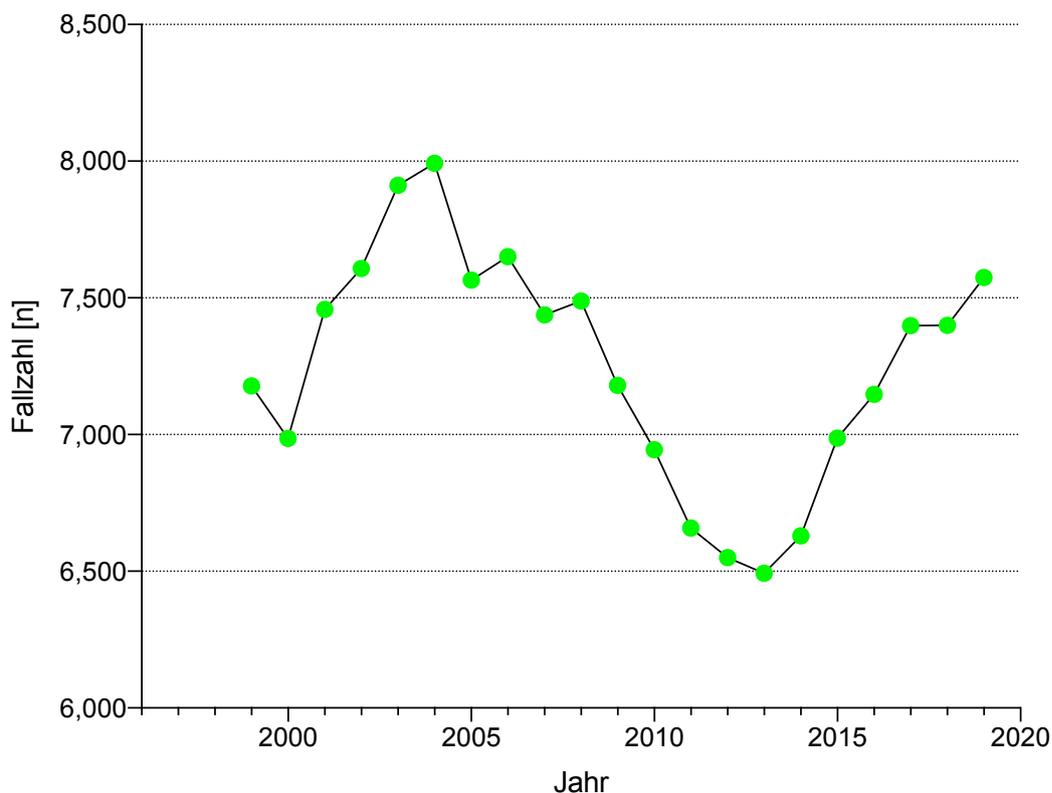


Abbildung 15: Absolute Anzahl der abgeschlossenen stationären PSD-Therapien in Großbritannien zwischen 1999 und 2019 (jährlich angepasst) [Wysocki, P., 2020, unpublished]

Die Abbildung 15 wurde anhand eines von Peter Wysocki zur Verfügung gestellten Datensatzes konstruiert. Dargestellt sind die abgeschlossenen stationären PSD-Therapien in Großbritannien zwischen den Jahren 1999 und 2019. Die zunächst ansteigenden PSD-Therapiezahlen erreichen im Jahr 2004 mit 7.992 Therapien (13,33/100.000 Einwohner) ihren Maximalwert. Danach lässt sich bis zum Jahr 2013 ein kontinuierlich fallender Verlauf erkennen. Das Minimum wird im Jahr 2013 mit 6.493 Therapien (10,13/100.000 Einwohner) erreicht. Daraufhin präsentiert sich erneut ein kontinuierlich steigender Verlauf bis auf einen Wert von 7.575 PSD-Therapien (11,34/100.000 Einwohner) im Jahr 2019. Zwischen den Jahren 2013 und 2019 kam es somit zu einem Anstieg um den Faktor 1,2.

Vergleicht man den Anfangspunkt im Jahr 1999 mit 7.178 Therapien (12,23/100.000 Einwohner) mit dem Endpunkt im Jahr 2019 mit 7.575 Therapien (11,34/100.000 Einwohner), so lässt sich auch hier

eine leicht steigende Tendenz der PSD-Therapiezahlen in Großbritannien bei großer Schwankungsbreite erkennen.

#### 4.2.4.2 Neuseeland

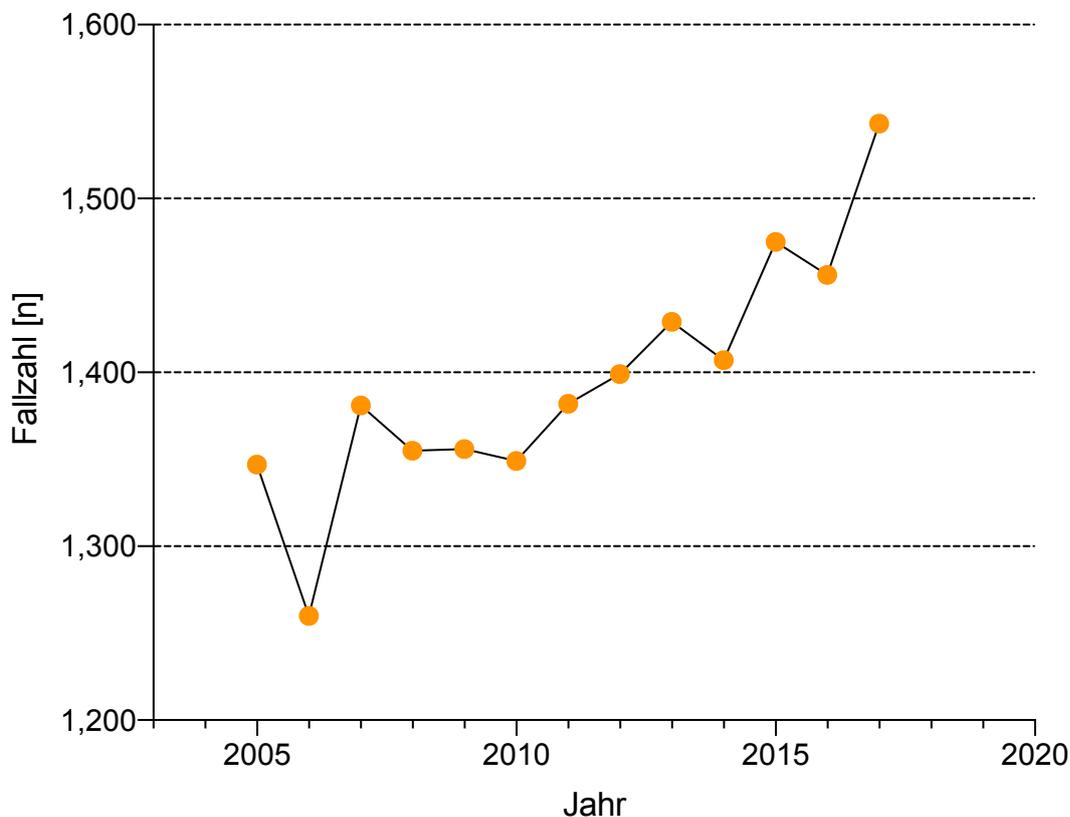


Abbildung 16: Absolute Anzahl der Krankenhausentlassungen mit der Diagnose Pilonidalsinus in Neuseeland zwischen den Jahren 2005 und 2017 (jährlich angepasst) [Wysocki, P., 2020, unpublished]

Auch die Abbildung 16 wurde anhand eines von Dr. Peter Wysocki erhobenen Datensatzes erstellt. Sie zeigt die zeitliche Entwicklung der Krankenhausentlassungen mit der Diagnose Pilonidalsinus in Neuseeland zwischen den Jahren 2005 und 2017. Mit Ausnahme der PSD-Fallzahlen aus dem Jahr 2006 mit 1.260 entsprechenden Entlassungen (30,07/100.000 Einwohner) lässt sich ein nahezu kontinuierlich steigender Verlauf erkennen. Im Jahr 2017 erreicht die Kurve ihren Maximalwert von 1.543 PSD-Patienten (32,01/100.000 Einwohner). Es kam somit innerhalb von 12 Jahren zu einer Zunahme der PSD-assoziierten Entlassungen um ca. 200, entsprechend einer Zunahme um den Faktor 1,1.

#### 4.2.4.3 Australien

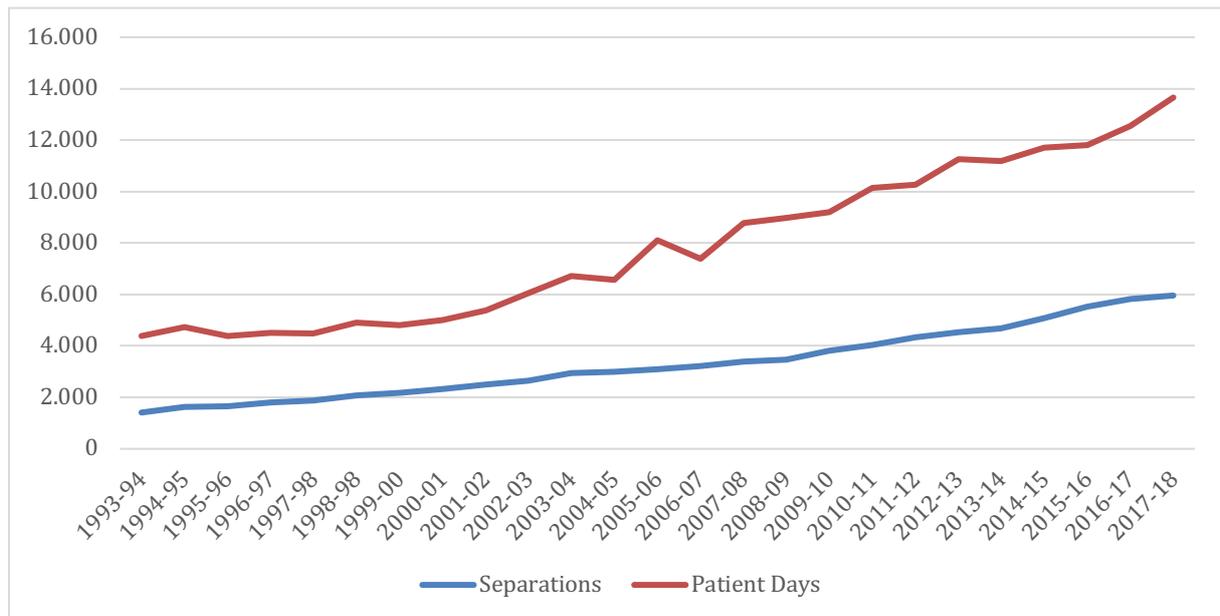


Abbildung 17: Zeitliche Entwicklung der Patiententage und Entlassungen mit der Diagnose „akut abszedierender Pilonidalsinus“ zwischen 1993 und 2018 in Australien [Wysocki, P., 2020, unpublished]

In Abbildung 17 lässt sich die zeitliche Entwicklung der Patiententage (rote Kurve) und der Entlassungen (blaue Kurve) mit der Diagnose eines akut abszedierenden Pilonidalsinus innerhalb Australiens zwischen den Jahren 1993 und 2018 ablesen. Beide Kurven zeigen einen über mehr als 20 Jahre kontinuierlich ansteigenden Verlauf. Während der Jahre 1993 und 1994 lag die Anzahl der Patiententage bei  $n=4.386$ , wohingegen 2017 und 2018, mit  $n=13.658$  Patiententagen, ein dreifach höherer Wert erreicht wurde. Die blaue Kurve (Entlassungen) zeigt hingegen einen flacheren, doch ebenfalls steigenden Verlauf. Die Zahl der Entlassungen mit der Diagnose eines akut abszedierenden Pilonidalsinus lag in den Jahren 1993 und 1994 bei  $n=1.410$ . In den Jahren 2017 und 2018 konnten Entlassungszahlen von  $n=5.960$  verzeichnet werden, welches einem Anstieg um den Faktor 4,2 in 25 Jahren entspricht.

## 4.2.4.4 Israel

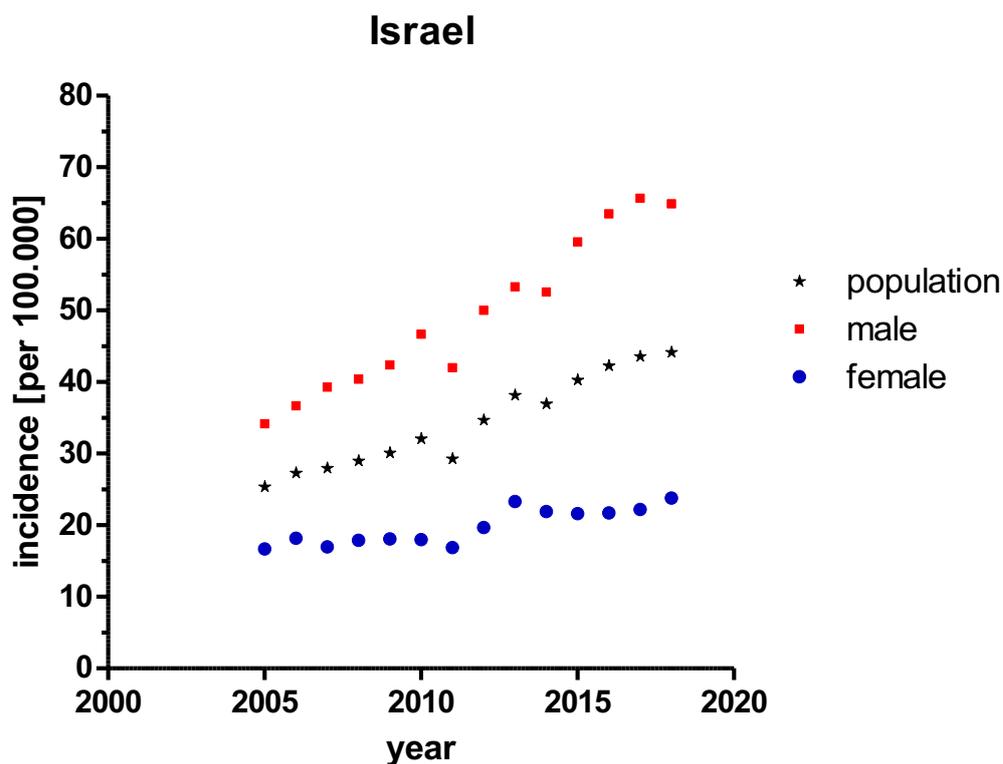


Abbildung 18: PSD-Inzidenz in Israel innerhalb der männlichen, weiblichen und Gesamtbevölkerung zwischen 2005 und 2018 [Gips, M., 2020, unpublished]

Abbildung 18 zeigt den Verlauf der PSD-Inzidenz in Israel zwischen den Jahren 2005 und 2018 (mit freundlicher Genehmigung von Prof. Moshe Gips). Die rote Kurve zeigt die Entwicklung der Inzidenz innerhalb der männlichen Bevölkerung, die blaue Kurve innerhalb der weiblichen Bevölkerung. Die Inzidenz innerhalb der Gesamtbevölkerung Israels präsentiert die schwarze Kurve. Alle drei Kurven zeigen über die Jahre einen steigenden Verlauf. Den steilsten Anstieg weist die Inzidenzkurve der männlichen Bevölkerung auf. Hier steigt die Inzidenz von initial 34/100.000 männliche Einwohner im Jahr 2005 auf 66/100.000, entsprechend einem Anstieg um den Faktor 1,9. Der Inzidenzanstieg unter den Frauen erfolgt hingegen von 16/100.000 weibliche Einwohner auf eine Inzidenz von 24/100.000 im Jahr 2018 (Faktor 1,5). Die Inzidenz innerhalb der Gesamtbevölkerung steigt von 25/100.000 Einwohner im Jahr 2005 auf 44/100.000 Einwohner im Jahr 2018 (Faktor 1,8).

## 4.3 Weltweit publizierte Pilonidalsinusfallzahlen

### 4.3.1 Zeitliche Entwicklung

Die in Studien angegebenen Fallzahlen der zwischen den Dekaden 1930 und 2010 publizierten und im Rahmen dieser Dissertation ausgewerteten PSD-Studien zeigt Abbildung 19.

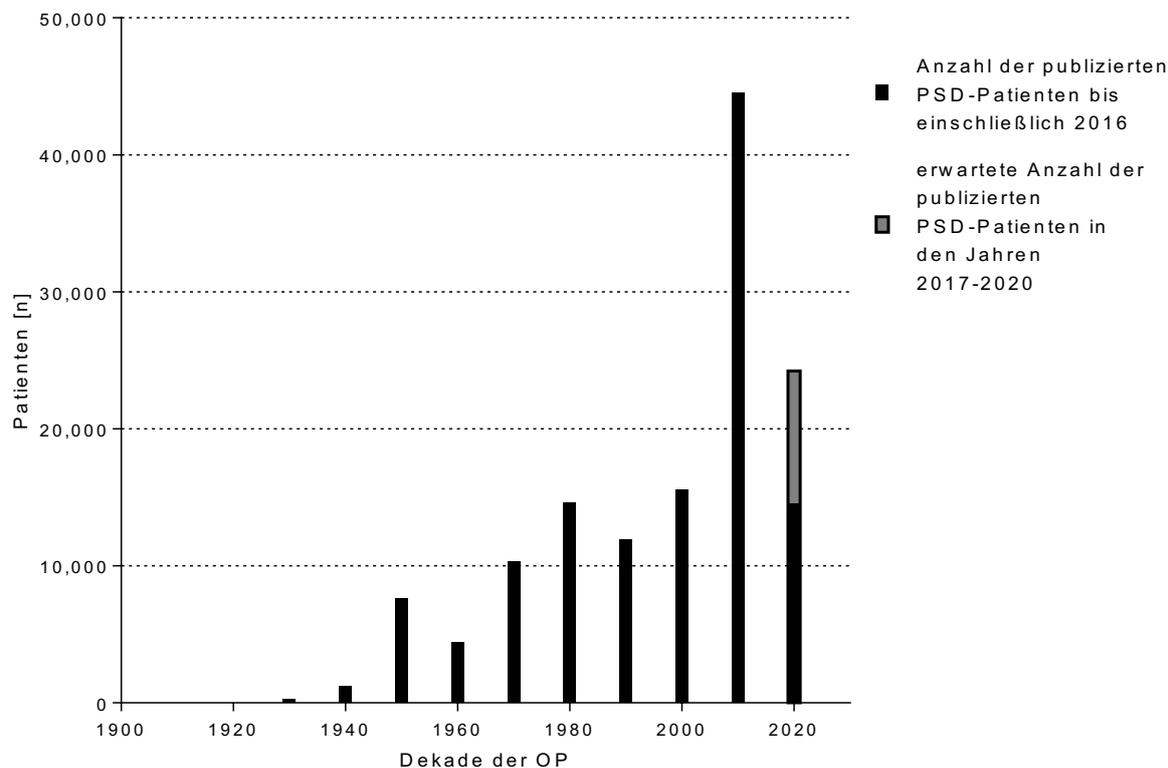


Abbildung 19: Anzahl der publizierten PSD-Patienten in Abhängigkeit von der Dekade der OP (44)

Es lässt sich erkennen, dass zwischen der Dekade um 1930 und 2010 ein nahezu kontinuierlicher Anstieg der publizierten Patientenzahlen vorliegt. Ausnahme sind die Dekaden 1960 und 1990. Die Dekade 2010 ist mit 44.542 PSD-Patientendaten die Dekade mit dem größten publizierten Patientengut. Die Dekade 2020 enthält einen grau-schraffierten Bereich, der die mittels Berechnung geschätzten<sup>7</sup> PSD-Patientenzahlen zwischen 2017 und 2020 darstellt. Es scheint sich hier jedoch anzudeuten, dass in der Dekade 2020 mit 24.235 Patienten 45,6% weniger PSD-Patientendaten publiziert werden als in der Dekade zuvor.

<sup>7</sup> Für diese Berechnung wurde angenommen, dass in jedem Jahr der Dekade 2020 die gleiche Anzahl an PSD-Daten publiziert wird.

### 4.3.2 Verschiedene Ländergruppen

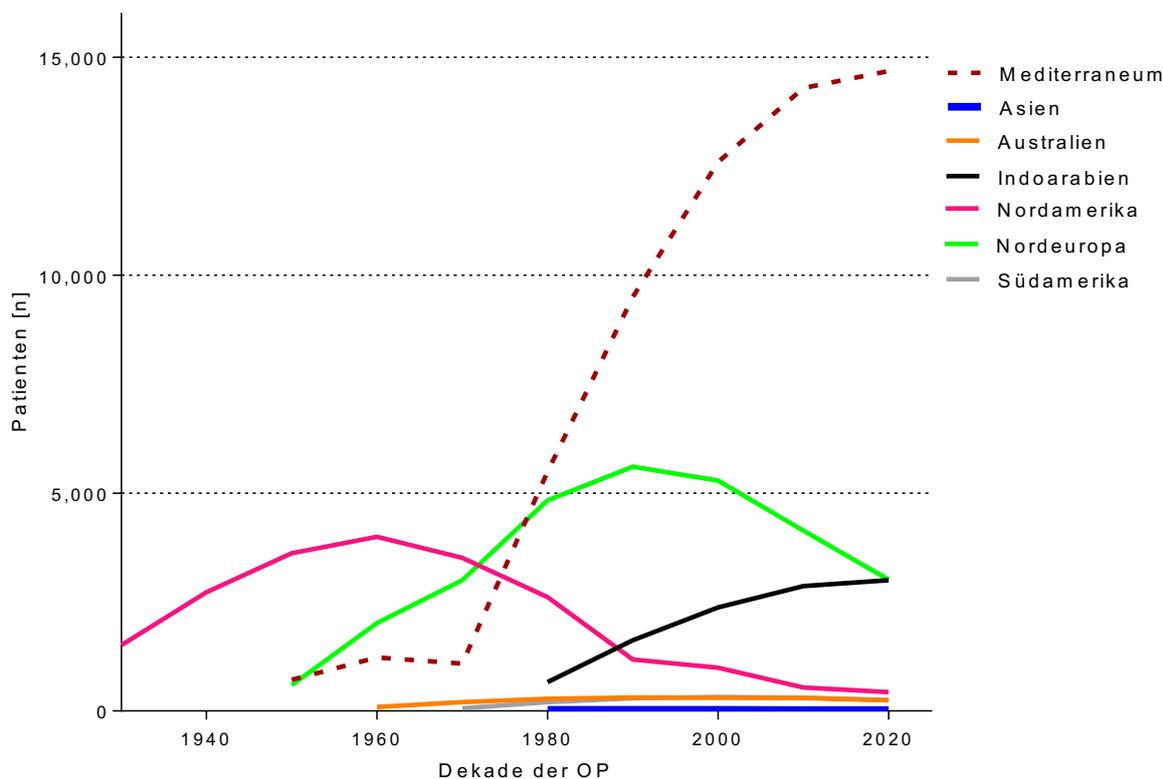


Abbildung 20: Länderspezifische Anzahl der publizierten PSD-Patienten in Abhängigkeit von der Dekade der OP (geglättet über 4 Werte) (80)

Die Abbildung 20 zeigt den geglätteten Verlauf der länderspezifischen, publizierten PSD-Patientenzahlen über die Dekaden der Operation. Dargestellt sind die Patientenzahlen der Ländergruppen Mittelmeerraum, Asien, Australien, Indoarabien, Nordamerika, Nordeuropa sowie Südamerika (s. Anhang, Kapitel 9.1 Ländergruppenzuordnung, Seite 95). Es lässt sich erkennen, dass die in die analysierten Studien eingeschlossenen Patientenzahlen länderspezifisch variieren.

Publikationen aus den Ländergruppen Australien (orange Kurve) und Asien (blaue Kurve) weisen publizierte Patientenzahlen auf, die pro Dekade unter 1.000 Patienten liegen. Die jeweiligen Kurven zeigen zwischen der 1960er Dekade (Australien/Neuseeland; orange Kurve) bzw. der 1980er Dekade (Asien; blaue Kurve) und der Dekade um 2016 lediglich ein Patientenmaximum von 310 Patienten im Jahr 1990 in Australien sowie von 23 Patienten im Jahr 2010 in Asien.

Publikationen über PSD-Patienten aus dem indoarabischen Raum (schwarze Kurve) sind erst seit der 1980er Dekade zu verzeichnen. Diesbezügliche Patientenzahlen steigen zwar über die Jahre kontinuierlich an, erreichen jedoch bis 2016 lediglich eine Zahl von 3.004 publizierten Patienten pro Dekade.

Bereits seit der Dekade 1950, mit zunehmenden Patientenzahlen bis 1990 und insgesamt den zweithöchsten Publikationszahlen (5.606 Patienten in der 1990er Dekade), weist die zu Nordeuropa

gehörige Kurve (grüne Kurve) einen anderen Verlauf auf. Hierbei lässt sich beobachten, dass es seit der 1990er Dekade einen erneuten Abfall der PSD-Publikationen innerhalb dieser Ländergruppe gibt.

Aus Nordamerika (rote Kurve) ließen sich bereits seit 1850<sup>8</sup> Publikationen zum Pilonidalsinus finden, deren eingeschlossene Patientenzahlen bis 1960 auf 3.995 Patienten zunahmen. Seitdem ist eine Abnahme der Anzahl der publizierten PSD-Patienten aus dieser Region zu beobachten.

Die Publikationskurve aus dem mediterranen Raum zeigt zwischen 1950 und 1970 einen anfänglich flachen Verlauf mit unter 1.000 Patienten pro Dekade auf, gefolgt von einem stark ausgeprägten Anstieg ab 1970 bis einschließlich der Dekade um 2020. Nahezu alle Ländergruppen publizieren pro Dekade PSD-Patientenzahlen von unter 6.000. Der Mittelmeerraum stellt eine Ausnahme dar: Hier lässt sich in der Dekade 2020 eine Patientenzahl von 14.684 erkennen, obwohl die Jahre 2017 bis 2020 der Dekade 2020 nicht in die Auswertung mit einbezogen werden konnten. Keine andere Ländergruppe erreicht derart hohe Werte im Verlauf der letzten 10 Dekaden.

---

<sup>8</sup> Diese Publikationen wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

## **5 Diskussion**

### **5.1 Material und Methodik**

#### **5.1.1 Rezidivforschung**

Im Rahmen der Literaturrecherche konnten zahlreiche dem Thema entsprechende Publikationen gefunden werden. Trotz intensiver Beschaffungsmaßnahmen, u.a. über die frei zugänglichen Bestände der Universitätsbibliotheken, der Internetseite „Pubmed“ und dem kostenpflichtigen Dokumentenlieferdienst „Subito“ (vgl. Kapitel 3.2 Literaturrecherche, Seite 21), standen nicht alle Studien als Volltextversion für die Auswertung zur Verfügung. Die wenigen, nicht in die Auswertung miteinbezogenen Artikel hatten jedoch in Anbetracht der Größe des inkludierten Patientenkollektivs von 58.781 Patienten (s. Abbildung 2, Seite 34) wenig Einfluss auf die Repräsentativität der Ergebnisse, sodass eine substantielle Verschiebung der Ergebnisse dieser Dissertation nicht zu erwarten ist.

Um auch fremdsprachige Publikationen in die Auswertung mit einbeziehen zu können, wurden Chirurgen des jeweiligen Sprachraumes um Übersetzungshilfe gebeten. Publikationen, die in den Sprachen spanisch, hebräisch, türkisch, italienisch, schwedisch, norwegisch und dänisch veröffentlicht wurden, konnten somit ebenfalls ausgewertet werden. Dies galt auch für solche, die eine englische Zusammenfassung aufwiesen, in der der Mindestdatensatz (vgl. Kapitel 3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien, Seite 22) enthalten war. Für die anderen Sprachen war die chirurgische Dolmetschersuche hingegen frustrierend, weshalb nicht alle fremdsprachigen Publikationen bei der statistischen Auswertung berücksichtigt werden konnten.

Die meisten Publikationen zu Patientendaten aus fremdsprachigen Ländern wurden jedoch auf Englisch verfasst bzw. verfügten über einen englischsprachigen Abstract, sodass 740 Studien der Analyse uneingeschränkt zugänglich waren (s. Abbildung 1, Seite 23).

Um eine Beobachtungsgleichheit während der Übersetzungen gewährleisten zu können, erhielten alle fremdsprachigen Chirurgen einen einheitlichen Fragebogen, der ihnen als Orientierung im Rahmen der Übersetzung diente (s. Anhang, Kapitel 9.2 Fragebogen zur Übersetzung fremdsprachiger Texte, Seite 96). Eine ausreichende Sorgfalt ihrer Analyse wurde vorausgesetzt. Die Einpflege der von ihnen gesammelten Daten in die Excel-Tabelle erfolgte nach gründlichem Vergleich mit den vorher festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien (vgl. Kapitel 3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien, Seite 22).

#### **5.1.2 Datensammlung**

Die vorliegende Dissertation stellt eine Momentaufnahme der zwischen 1833 und 2018 publizierten PSD-Literatur dar. Sie umfasst mit 184 Jahren den Großteil der vorhandenen PSD-Weltliteratur. PSD-Daten aus den Jahren 2018 bis 2022 wurden im Rahmen dieser Dissertation nicht ausgewertet. Eine

fortführende Analyse, auch im Hinblick auf neue Therapiemethoden (wie z.B. das Pit-Picking-Verfahren oder die Fistuloskopie), ist für das Jahr 2023 geplant.

Ein zentraler Bestandteil dieser Arbeit waren die Erhebung und Interpretation der publizierten Rezidive und die jeweils dazugehörigen Nachuntersuchungszeiten. Insbesondere aktuelle Studien beinhalten sehr viele Informationen und weisen somit eine hohe Genauigkeit bezüglich des von ihnen beschriebenen Patientenkollektivs auf. Eine Übertragung der Daten in die Tabelle war in diesen Fällen eindeutig möglich. Aufgrund durchgeführter Fehler- und Plausibilitätskontrollen, aus denen sich ein Korrekturbedarf von weniger als 1% ergab, kann deshalb von einer nahezu vollständigen Fehlerfreiheit ausgegangen werden. Dennoch sind verborgene Fehler im plausiblen Bereich nicht immer auszuschließen. So fielen mehrere Publikationen auf, in denen Rohdatenangaben und berechnete Rezidivraten nicht kongruent waren. Auch wurde in Einzelfällen die Rezidivrate auf das gesamte Patientenkollektiv berechnet, nicht aber als Anteil der effektiv nachuntersuchten Patienten. In diesen Fällen erfolgte eine Nachberechnung der Rezidivrate auf Basis der Rohdaten.

Im Rahmen der Analyse älterer Publikationen fiel jedoch häufig eine eher geringe Transparenz auf. So stützten einige Autoren ihre Ergebnisse auf die Annahme, dass ein Patient, der ein Rezidiv erleidet, stets zeitnah im erstbehandelnden Krankenhaus auch ohne eine geplante Nachuntersuchung wiedervorstellig wird und Patienten, die sich postoperativ nicht wiedervorstellen, als rezidivfrei eingestuft werden können. Dies hatte zur Folge, dass teilweise keine regelmäßigen, für jeden Patienten obligaten einheitlichen Nachuntersuchungen stattfanden. Das führte wiederum dazu, dass die publizierten Rezidivzahlen einem Beobachtungsfehler unterliegen und daher als potenziell falsch niedrig zu beurteilen sind. Publikationen, in denen die Autoren eine solche „Return-on-recurrence“-Nachsorge anwendeten, wurden von der Analyse ausgeschlossen (vgl. Kapitel 3.4.5 Nachuntersuchungszeit, Seite 27). Auch wenn anzunehmen ist, dass die „ROR“-Situation in wenigen Fällen ohne eine konkrete Nennung vorlag und die enthaltenen Daten somit fälschlicherweise in die Tabelle mit aufgenommen wurden, ist eine relevante Beeinflussung dieser Auswertung aufgrund deren Seltenheit hierdurch nicht zu erwarten. Unklar definierte Nachsorgesituationen wurden stets als potenzielle „ROR“-Situationen gewertet und von der Auswertung ausgeschlossen.

Des Weiteren existieren laut S3-Leitlinie Publikationen, in denen eine prolongierte postoperative Wundheilung bzw. eine Wundheilungsstörung nicht eindeutig von einem tatsächlichen Rezidiv, welche als Krankheitsrückfall nach abgeschlossener Wundheilung definiert ist, unterschieden wird (92). Im Rahmen der Datensammlung für diese Dissertation wurde, sofern nicht anders in den zu analysierenden Publikationen beschrieben, davon ausgegangen, dass eine publizierte Rezidivrate ausschließlich anhand von tatsächlichen Rezidiven erhoben wurde. Eine leichte Abweichung der für die Auswertung verwendeten Rezidivzahlen aufgrund von fälschlicherweise als Rezidiv bezeichneten Wundheilungsstörungen ist somit nicht auszuschließen. Hier gilt es auf das Beurteilungsvermögen der behandelnden Chirurgen zu vertrauen.

### **5.1.3 Therapiegruppenbildung**

Im Rahmen der Datensammlung erfolgte die Bildung von Therapiegruppen, um eine sinnstiftende Auswertung von chirurgischen Verfahrensgruppen gegeneinanderstellend zu ermöglichen. Hierfür wurden verschiedene Varianten eines Hauptverfahrens dem jeweiligen Hauptverfahren zugeordnet (s. Tabelle 3, Seite 41). Dies hat den Vorteil einer besseren Anschaulichkeit daraus resultierender Auswertungen und grafischer Darstellungen. Es könnte jedoch den Nachteil mit sich führen, dass ein möglicher Wandel in der Anwendung einzelner Subgruppen von Therapiemethoden nicht adäquat abgebildet werden kann, sondern sich lediglich Verschiebungen zwischen den übergeordneten Verfahrensgruppen darstellen lassen. Ebenso erlauben die Graphiken aus dem Ergebnisteil (vgl. Kapitel 4 Ergebnisse, Seite 34) aufgrund dieser Gruppenbildung lediglich Rückschlüsse hinsichtlich des Einflusses der gesamten Verfahrensgruppe bspw. auf die Rezidivrate. So sind auch neue Methoden noch nicht als Einzeltherapie analysiert, da noch keine Langzeitbehandlungszahlen in auswertbarer Menge vorliegen. Die Vergrößerung dieser Zahlen durch Fortführung der Literaturliteraturanalyse von 2017 bis heute ist Inhalt einer weiteren Arbeit. Auf diese Weise können weitere Erkenntnisse und Aussagen v.a. zu den neuen endoskopischen Verfahren und dem Verfahren „Pit-Picking“ gewonnen werden.

Eine weitere Limitation ist die Tatsache, dass keine Informationen über den einzelnen Patienten vorliegen. Die meisten patientenbezogenen Faktoren, die während der Datensammlung erhoben wurden, beziehen sich auf das Gesamtpatientenkollektiv der jeweiligen Publikation.

Während der Textanalyse erfolgte eine gezielte Suche nach dem zuvor festgelegten und für die Auswertung relevanten Informationsdatensatz (vgl. Kapitel 3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien, Seite 22). Für den Fall, dass eine Publikation eine oder mehrere der gesuchten Informationen nicht enthielt, wurde dies in der Tabelle eindeutig vermerkt und im Folgenden bei Nicht-Erfüllen des Mindestdatensatzes von der Auswertung ausgeschlossen. Lediglich bei Daten zum Thema Drainageeinlage und Methylenblauverwendung, welche mit Bejahung oder Verneinung zu beantworten waren, wurde ein Nicht-Erwähnen als Nicht-Verwendung interpretiert. Infolgedessen könnten hier leichte Verfälschungen der Ergebnisse vorliegen. Im Rahmen dieser Arbeit liegt das Hauptaugenmerk jedoch nicht auf den Auswirkungen einer Drainageeinlage oder des Einsatzes von Methylenblau, sodass mögliche Ungenauigkeiten in diesem Punkt außer Acht gelassen werden durften.

### **5.1.4 Inzidenzrecherche**

Im Rahmen der Inzidenzrecherche wurden sämtliche auffindbare PSD-Publikationen auf das Vorhandensein von Inzidenzen untersucht. Hierbei wurde stets darauf geachtet, dass nur Inzidenzen extrahiert wurden, die vom publizierenden Autor selbst erhoben wurden. Für den Fall, dass während der statistischen Auswertung identische Inzidenzwerte auffällig wurden, erfolgte stets eine erneute Kontrolle und ggf. Korrektur, um eine Doppeldokumentation möglichst zu vermeiden.

Die Inzidenz einer Krankheit wird als Neuerkrankungsrate definiert. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass eine Person eines zu Untersuchungsbeginn nicht erkrankten Kollektivs während der Beobachtungszeit an der jeweiligen Krankheit erkranken wird (120). Aus vielen Publikationen lässt sich jedoch nicht eindeutig entnehmen, ob die veröffentlichten PSD-Inzidenzen der Definition entsprechend tatsächlich nur Primärerkrankte umfassen oder ob auch Rezidivfälle von der Zählung erfasst wurden. Gleiches gilt für die jährlich vom statistischen Bundesamt erfassten vollstationären Fallzahlen der Diagnose „Pilonidalzyste“ innerhalb der deutschen Bevölkerung, die die PSD-Operationszahlen deutscher Krankenhäuser umfassen. Auch hier liegt keine Information darüber vor, ob und in welchem Ausmaß diese Zahl durch Rezidivfälle verfälscht wurde. Die im Rahmen dieser Dissertation ausgewerteten Publikationen weisen innerhalb der untersuchten Patientenkollektive einen durchschnittlichen Rezidivanteil von 48,7% auf. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt jedoch auf der Beurteilung von Entwicklungstrends der Inzidenz sowie der Überprüfung des Einflusses verschiedener Faktoren und nicht auf der quantitativen Bewertung einzelner Inzidenzwerte. Diese mögliche Abweichung kann somit als existent aber in der Auswertung tolerierbar eingestuft werden.

Eine weitere Limitation, die sich während der Inzidenzrecherche manifestierte, ist die stark variierende Größe des Referenzkollektivs anhand dessen die jeweilige Inzidenz ermittelt wurde. Sie liegt zwischen  $n=26$  und  $n=82.792.351$  Personen und erlaubt aufgrund dieser großen Spannweite keinen unmittelbaren Vergleich der einzelnen publizierten Inzidenzen. Insbesondere diejenigen Inzidenzen, die anhand kleiner Personenkollektive ( $<100.000$  Personen) erhoben wurden, gehen nach definitionsgemäßer Hochrechnung auf 100.000 Personen mit einem erhöhten Risiko für Beobachtungsfehler einher. Hierbei können sowohl falsch-hohe als auch falsch-niedrige Inzidenzen entstehen. Dies lässt sich auch in der auffällig breiten Streuung der Inzidenzen kleiner Referenzkollektive in Abbildung 13 (Seite 50) erkennen und wird im Rahmen der Bewertung der Ergebnisse von Kapitel 4.2 Inzidenz berücksichtigt.

Zudem stammen die auffindbaren Inzidenzen nicht zu gleichen Teilen aus den sieben definierten Ländergruppen (s. Anhang, Kapitel 9.1 Ländergruppenzuordnung, Seite 95). Etwa ein Viertel (25%) aller gefundenen Inzidenzen stammen aus dem Mittelmeerraum. Darüber hinaus wurden ca. ein Drittel der auffindbaren Inzidenzen (36%) anhand von Soldatenkollektiven ermittelt. Rückschlüsse auf die weltweite Entwicklung der PSD-Inzidenz und eine Übertragung auf die Allgemeinbevölkerung sind daher anhand dieses Datensatzes nur mit Vorsicht möglich, wengleich die Analyse der Verteilungsdiagramme von Abbildung 7 bis Abbildung 12 gezeigt hat, dass das Soldatsein als Risikofaktor allein keinen Einfluss auf die Inzidenz des Pilonidalsinus zu haben scheint.

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Rezidivrate

#### 5.2.1.1 Allgemeines

Die Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Arbeit basieren auf der Metaanalyse aller seit 1833 erstellten und einer Analyse zugänglichen Publikationen zur Therapie von PSD-Patienten weltweit. Hieraus folgt, dass sich alle resultierenden Ergebnisse auf diejenigen PSD-Patienten beziehen, deren Daten auch tatsächlich publiziert wurden. Nicht publizierte Behandlungen und ihre Ergebnisse waren dieser Dissertation nicht zugänglich. Aufgrund der Größe des in die Metaanalyse mit einbezogenen Patientenguts von n=58.781 PSD-Patienten kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse das größte bisher verfügbare Abbild der Gesamtheit darstellen und somit die Erkrankung „Pilonidalsinus“ in realitas abbilden. Dies wird auch von der Tatsache gestützt, dass im Rahmen dieser Dissertation Studiengrößen von bis zu mehreren tausend Patienten, prospektiv randomisierte und retrospektive, aus kleinen regionalen Kliniken bis zu großen Universitätskliniken, aus über 50 Ländern stammend, ausgewertet wurden.

#### 5.2.1.2 Einfluss der Nachuntersuchungszeit

Vor mehr als zwei Jahrzehnten publizierte Lundhus *et al.* seine Beobachtung anhand eines aus 56 Patienten bestehenden Patientenguts, dass die meisten PSD-Rezidive innerhalb des ersten postoperativen Jahres auftraten (81). Al-Hassan *et al.* konnte bei seinem Patientenkollektiv sogar beobachten, dass sich 80% der Rezidive diesem Zeitintervall zuordnen lassen (4). Derartige Publikationen führten fälschlicherweise zu der Annahme, dass bereits ein zwölfmonatiger Nachuntersuchungszeitraum ausreichend sei, um eine Aussage über das Rezidivgeschehen des Pilonidalsinus treffen zu können (28).

Doll *et al.* konnte bereits im Jahr 2007 den Hinweis darauf liefern, dass sich mit 71% weit mehr als die Hälfte der Rezidive innerhalb von vier Jahren postoperativ entwickeln. Ein Viertel aller Rezidive werden jedoch auch von diesem Nachuntersuchungszeitraum nicht erfasst (28). Aus diesem Grund wurden die Nachuntersuchungen sowohl nach fünf als auch nach zehn Jahren zum Goldstandard der PSD-Nachsorge deklariert (32). Doch eine grafische Darstellung des tatsächlichen Verlaufs der publizierten Rezidivrate in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit existierte zu diesem Zeitpunkt lediglich in Bezug auf kleinere Patientenkollektive (31). Im Rahmen einer Metaanalyse von Stauffer *et al.* wurde im Jahr 2018 zum ersten Mal anhand eines 89.583 PSD-Patienten umfassenden Kollektivs die unmittelbare Abhängigkeit der Rezidivrate des Pilonidalsinus vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung in Form einer Kaplan-Meier-Graphik visualisiert (113). Die dort veröffentlichte Empfehlung, dass Beurteilungen der Effizienz von Therapieverfahren des Pilonidalsinus stets unter Berücksichtigung der Nachuntersuchungszeit (am besten 5 - 10 Jahre) erfolgen sollten, kann durch die im Rahmen dieser Dissertation erstellte Abbildung 2 (Seite 34) anhand von 58.781 Patienten erneut bestätigt werden.

Hierbei wird deutlich, dass der Zeitpunkt der Nachuntersuchung sogar einen nahezu linearen Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben aufweist. Je weiter die erneute Wiedervorstellung vom primären Therapiezeitpunkt entfernt liegt, desto höher ist die zu erwartende Rezidivrate. Innerhalb der ersten 12 postoperativen Monate zeigt die Kurve noch einen annähernd horizontalen Verlauf. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass Rezidivraten, die lediglich anhand einer Nachuntersuchung innerhalb dieses Zeitraumes ermittelt wurden, als falsch-niedrig und somit wenig aussagekräftig einzustufen sind. Um einen möglichen Einfluss verschiedener Faktoren auf die Rezidivrate ausreichend beurteilen zu können (vgl. Kapitel 4.1.4 Einfluss der Dekade der Operation, Seite 38 und Kapitel 4.1.5 Einfluss des Operationsverfahrens, Seite 39) sollte deren Verlauf daher über einen möglichst langen Zeitraum, in jedem Fall aber über mindestens 5 Jahre, beobachtet werden.

### 5.2.1.3 Gewichtung von Einflussfaktoren

Anhand von Abbildung 3 (Seite 36) lässt sich die multivariate Beeinflussbarkeit sowie erstmalig das tatsächliche prozentuale Einflussmaß der verschiedenen personen- und therapiebezogenen Variablen auf die Rezidivrate des Pilonidalsinus erkennen.

Wie bereits mit einer der Nullhypothesen postuliert (vgl. Kapitel 2.3 Hypothesen, Seite 20), beeinflusst die verwendete Therapiemethode mit 24,6% das postoperative Rezidivgeschehen am stärksten. Da es sich hierbei um einen beeinflussbaren Faktor handelt, lässt sich mittels dieser Abbildung die große Bedeutung der Auswahl eines geeigneten Therapieverfahrens auf die postoperative Rezidivrate folgern. In Stauffer *et al.* wird gezeigt, dass die verschiedenen Verfahren der PSD-Therapie mit einer unterschiedlich hohen Rezidivneigung einhergehen (113) und dementsprechend in ihrer Anwendungshäufigkeit an die aktuelle Studienlage angepasst werden sollten. Eine ausführliche Diskussion der einzelnen Therapieverfahren hinsichtlich ihrer Rezidivrate in Kombination mit einer erneuten Überprüfung verfahrensbezogenen Rezidivraten, erfolgt im Kapitel 5.2.1.5 Einfluss des Operationsverfahrens (Seite 71).

Als zweitgrößter Einflussfaktor, nachdem der Einfluss des Therapieverfahrens auf die Rezidivrate herausgerechnet wurde, kristallisiert sich mit 33,3% das Alter des Patienten heraus. Die Tatsache, dass das Alter einen Einfluss auf die Höhe der Rezidivrate hat, konnte bereits anhand einer an 578 PSD-Patienten durchgeführten Studie von Doll *et al.* aus dem Jahr 2009 belegt werden. Hierbei erfolgte die Untersuchung der Langzeitrezidivraten von Patienten, die zum Zeitpunkt der operativen Therapie jünger als 22 Jahre (oder 22 Jahre) waren im Vergleich zu Patienten, die älter als 22 Jahre waren. Es zeigte sich, dass ein jüngeres Alter mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben einhergeht (31). Die Frage, ob diese Beobachtung tatsächlich alleinig auf die Auswirkungen des Faktors „Alter“ zurückzuführen ist, lässt sich anhand dieser Publikation jedoch noch nicht beantworten. Das

angewandte Therapieverfahren als stärkster rezidivatenbeeinflussender Faktor könnte sich als Störgröße ebenfalls auf den Verlauf der publizierten Rezidivrate ausgewirkt haben. Aus diesem Grund wäre an dieser Stelle von Interesse, ob die 578 Patienten alle das gleiche Therapieverfahren erhalten haben. Wenn dies der Fall wäre, kann der Faktor „Alter“ tatsächlich als maßgeblicher Faktor für den unterschiedlichen Verlauf der beiden Kurven gewertet werden.

Es lässt sich somit zusammenfassen, dass das Patientenalter als ein starker, allerdings nicht modifizierbarer Einflussfaktor auf die Rezidivrate angesehen werden kann, der jedoch stets unter Berücksichtigung des stärkeren Einflussfaktors „Therapieverfahren“ beurteilt werden sollte. Anhand von Abbildung 3 lässt sich jedoch auch erkennen, dass der Einfluss des Patientenalters in Kombination mit dem Einflussfaktor Therapieverfahren auf die Rezidivrate des Pilonidalsinus mit nur 16% einen deutlich geringeren Einfluss zeigt. Die Auswahl eines altersspezifischen Therapieverfahrens scheint somit nur eine begrenzte Bedeutung für die postoperative Rezidivrate zu haben. Wichtig ist jedoch vor allem bei jüngeren Patienten die Auswahl eines rezidivarmen Therapieverfahrens, da sie vor dem „Erlöschen“ des Krankheitsbildes Pilonidalsinus im hohen Alter sonst noch offene Rezidive erleiden könnten. Der wichtigste Schritt, um die Rezidivrate des Pilonidalsinus zu reduzieren, bleibt somit, unabhängig vom Patientenalter, die Auswahl eines rezidivarmen Therapieverfahrens.

Der drittgrößte Einfluss auf die Rezidivrate kann dem Einsatz von Methylenblau mit 17,2% zugeordnet werden. Hierbei handelt es sich genau wie bei dem Einflussfaktor „Therapieverfahren“ um einen modifizierbaren Faktor. Im Jahr 2008 konnte bereits nachgewiesen werden, dass der Einsatz von einem Farbstoff wie Methylenblau zu Beginn einer PSD-Operation zu einer Halbierung der Langzeitrezidivrate führt und daher regelhaft durchgeführt werden sollte (30). Sahin *et al.* untersuchte 6 Jahre später anhand von 231 mit dem Verfahren nach Karydakis therapierten PSD-Patienten zusätzlich die Auswirkungen von Methylenblau auf postoperative Wundinfektion und damit einhergehende Rezidive. Auch hier zeigte sich ein deutlich besseres Resultat bei Verwendung von Methylenblau (105). In der zweiten revidierten Fassung der S3-Leitlinie zum Sinus Pilonidalis wird sogar von einem koantibiotischen Effekt bei akut-abszedierendem Pilonidalsinus berichtet (92), welches laut Furtwängler bereits von Paul Ehrlich postuliert wurde (56). Der bereits bewiesene reduzierende Effekt des Methylenblaeinsatzes auf die postoperative Rezidivrate kann nun um die Kenntnis erweitert werden, dass es sich hierbei sogar um den drittstärksten rezidivatenbeeinflussenden Faktor handelt. Insbesondere unter Berücksichtigung der Größe des für diese Arbeit untersuchten Patientenkollektivs (58.781 Patienten) muss die Relevanz dieses Ergebnisses hervorgehoben werden.

Im Rahmen dieser Dissertation erfolgte ergänzend eine Quantifizierung des publizierten Methylenblaeinsatzes zwischen den Dekaden 1940 und 2020 (s. Abbildung 4, Seite 37). Da nicht eindeutige Angaben über den Einsatz von Methylenblau als Verneinung gedeutet wurden, besteht die Möglichkeit einer leichten negativen Verfälschung der dargestellten Einsatzzahlen. Darüber hinaus verfügt diese Abbildung mit Patientenzahlen zwischen 7 und 504 Patienten pro Dekade über sehr

geringe Referenzgrößen und somit über eine eingeschränkte Repräsentativität. Dennoch erlaubt sie vorsichtige Rückschlüsse auf die Tendenz des publizierten Methylenblauensatzes in Abhängigkeit von der Dekade der Operation zu ziehen. Das in der Dekade 2000 zu erkennende Verwendungsmaximum von 38% sowie der in den beiden folgenden Dekaden sichtbare Rückgang der Einsatzhäufigkeit lässt vermuten, dass eine Fistelganganfärbung mit Methylenblau zu selten stattfindet. Ein möglicher Grund für den Rückgang der Anwendungshäufigkeit, insbesondere in der aktuellen Dekade, könnte die derzeit fehlende Verfügbarkeit von Methylenblau in Deutschland sein (92). Andere Färbemittel wie Toluidinblau können ein geeigneter Ersatz zur intraoperativen Fistelgangdarstellung sein (101), wurden jedoch im Rahmen der Datensammlung für diese Dissertation nicht ausgewertet. Die im Jahr 2019 veröffentlichte Dissertation von Peters konnte hingegen eine tatsächliche Anwendungshäufigkeit von Methylenblau in Deutschland von 70% eruieren, in dem sie die PSD-operierenden Chirurgen von 454 Krankenhäusern zu diesem Thema befragte (97). An dieser Stelle kommt die Frage auf, warum die Anzahl der publizierten und der tatsächlichen Methylenblauverwendungen derart stark variiert und ob diese Diskrepanz möglicherweise durch eine Länderabhängigkeit zu erklären ist. Dennoch lässt sich zusammenfassen, dass eine intraoperative Fistelganganfärbung immer noch zu selten erfolgt, obwohl der reduzierende Einfluss auf die Rezidivrate längst nachgewiesen werden konnte. Eine ausführliche Aufklärung der PSD-operierenden Chirurgen zu den Vorteilen einer Fistelganganfärbung sowie der Möglichkeit der Verwendung des zugelassenen Toluidinblau ist für eine Verbesserung der PSD-Therapie und somit einer Senkung der Rezidivrate unabdingbar.

Der viertstärkste Einflussfaktor auf die Rezidivrate ist das Jahr bzw. Jahrzehnt, in dem die Therapie durchgeführt wurde. Die graphische Darstellung der Rezidivraten der Dekaden 1990 bis 2020 (s. Abbildung 5, Seite 38) wird in Kapitel 5.2.1.4 Einfluss der Dekade der Operation ausführlich diskutiert.

Nach dem Land, in dem das Patientenkollektiv therapiert wurde und den jährlichen Operationszahlen des Operateurs weist der BMI der Patienten mit 1,1% einen nur sehr geringen Einfluss auf die Rezidivrate auf. Der Einfluss des BMIs auf die Rezidivrate wurde in der Vergangenheit bereits von Poorghasem *et al.* untersucht, jedoch mit einem konträren Ergebnis: Innerhalb seines untersuchten Patientenkollektivs wurde der BMI jedes Rezidivpatientens als größer 25 beschrieben, woraufhin ein direkter Zusammenhang zwischen einem hohem BMI und dem Auftreten eines Rezidivs geschlussfolgert wurde (102). Ein solcher Zusammenhang wurde von Doll *et al.* nicht gesehen. Er untersuchte den Einfluss einer positiven Familienanamnese u.a. auf das Rezidivgeschehen und konnte zeigen, dass ein hoher BMI weder bei positiver noch bei negativer Familienanamnese einen negativen Einflussfaktor darstellt (31). In einer im Jahr 2013 publizierten dermatologischen Studie zum Thema Hidradenitis suppurativa wurde innerhalb der untersuchten Gruppe von 268 Hidradenitis suppurativa-Patienten festgestellt, dass 54,9% eine Fettleibigkeit mit einem BMI von über 30 aufwiesen und bei 6% ein Pilonidalsinus nachgewiesen werden konnte. Möglicherweise kann ein paralleles, nicht kausales,

gehäuftes Auftreten eines hohen BMI-Wertes und eines Pilonidalsinus auch über eine Zunahme der Inzidenz dieser Krankheit erklärt werden, ohne dass der BMI einen unmittelbaren Einfluss auf die Rezidivrate des Pilonidalsinus hat (118).

Ebenfalls im Jahr 2013 untersuchte Sievert *et al.* u.a. die Auswirkung der Höhe des BMIs auf die postoperative Wundheilung nach primär offenen und geschlossenen Verfahren und konnten einem BMI von mehr als 25 sogar einen positiven Effekt auf die Wundheilung zuordnen (109).

Die 31.497 männliche Studenten umfassende Studie der Universität von Minnesota hat ebenfalls mögliche Zusammenhänge zwischen dem Auftreten eines Pilonidalsinus und dem Vorliegen von Übergewicht untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass der Pilonidalsinus am häufigsten bei normalgewichtigen Studenten auftritt und bei übergewichtigen Studenten in seiner Häufigkeit abnimmt. Es handelt sich hierbei um die Studie mit dem bislang größten Patientenkollektiv zu diesem Thema, von der Dwight *et al.* durch ein persönliches Gespräch mit D.W. Cowan vor 1954 erfahren hat (47).

Anhand der Ergebnisse dieser Dissertation lässt sich diesem Einflussfaktor jedoch lediglich eine geringe Bedeutung nachweisen, sodass davon ausgegangen werden kann, dass der alleinige Einfluss des BMIs auf die Rezidivrate des Pilonidalsinus mit weniger als 2% als vernachlässigbar gering eingestuft werden kann. Eine unmittelbare Auswirkung eines bestimmten BMIs auf das Rezidivgeschehen des Pilonidalsinus kann nach Abbildung 3 lediglich bei einem Patientenkollektiv, das hinsichtlich der verwendeten Therapiemethode, der Altersgruppe, der Fistelganganfärbung, dem Operationsjahr, dem Operationsland und der Erfahrung des Operateurs identisch ist, beurteilt werden.

Die Ranking-Analyse (Abbildung 3) liefert somit den Beweis, dass die Auswahl eines geeigneten Therapieverfahrens sowie der intraoperative Einsatz von Methylenblau bzw. möglicherweise einem anderen Färbemittel nach dem derzeitigen Kenntnisstand die beiden wichtigsten Ansatzpunkte darstellen, um die Rezidivrate des Pilonidalsinus zu reduzieren.

#### **5.2.1.4 Einfluss der Dekade der Operation**

Da sich in Abbildung 3 die multivariate Beeinflussbarkeit der PSD-Rezidivrate sowie das Einflussausmaß der einzelnen Variablen erkennen lässt, erfolgte im Rahmen der Erstellung von Abbildung 5 (Seite 38) eine Normierung. Hierbei wurde der Einfluss der Faktoren Therapieverfahren, Patientenalter, Herkunftsland, Operationsfrequenz des Operateurs, Methylenblau und BMI herausgerechnet um die alleinige Auswirkung der Dekade der Operation auf die Rezidivrate beurteilen zu können. Das sonst als stärkster Einflussfaktor auf die Rezidivrate zu wertende Therapieverfahren kann im Rahmen der Diskussion von Abbildung 5 somit als mögliche Ursache für den Verlauf ausgeschlossen werden.

Die zweite Hypothese, dass die Rezidivrate des Pilonidalsinus in den letzten Dekaden eine rückläufige Tendenz zeigt (vgl. Kapitel 2.3 Hypothesen, Seite 20), lässt sich anhand von Abbildung 5 nicht bestätigen. Stattdessen deutet sich eine leicht steigende Tendenz der Rezidivwahrscheinlichkeit

zwischen den Dekaden 2010 und 2020 an. Hierbei kann jedoch lediglich von einer Tendenz gesprochen werden, da die Varianzbereiche der einzelnen Rezidivraten der Dekaden zu mehreren Zeitpunkten konfluieren, wodurch die Datenpunkte als statistisch nahezu identisch zu bewerten sind.

Der Verlauf der Rezidivrate wurde in der Vergangenheit bereits ebenfalls von Evers *et al.* anhand eines aus 498 PSD-Patienten bestehenden Bundeswehrkollektivs untersucht. Hierbei ließ sich ein kontinuierlicher Rückgang der Rezidivrate zwischen den Jahren 1981 (33% Rezidivrate) und 1996 (12% Rezidivrate) verzeichnen. Die Rezidivratenermittlung erfolgte im Durchschnitt ca. 17 Jahre nach der primären Therapie (50). Die Jahre 1981 und 1996 können in etwa den Dekaden 1990 und 2000 der Abbildung 5 zugeordnet werden. Diese beiden Dekaden zeigen zum Zeitpunkt des 60. postoperativen Monats<sup>9</sup> ebenfalls einen Rückgang der durchschnittlichen Rezidivrate von 11% (Dekade 1990) auf 7% (Dekade 2000), welches auf den ersten Blick mit der Beobachtung von Evers vereinbar scheint. Da die Varianzbereiche der beiden Kurven in Abbildung 5 jedoch einen ineinander übergehenden Verlauf präsentieren, sind diese als statistisch nahezu identisch zu beurteilen. An dieser Stelle muss außerdem ergänzt werden, dass sich die Ergebnisse der Studie von Evers *et al.* aufgrund der fehlenden Normierung z.B. hinsichtlich des verwendeten Therapieverfahrens mit denen dieser Dissertation nur begrenzt vergleichen lassen. Der laut Abbildung 3 (Seite 36) nachgewiesenermaßen stärkste Einflussfaktor auf die Rezidivrate, das verwendete Therapieverfahren, muss somit als Hauptgrund für den von Evers beobachteten Verlauf angesehen werden. Das Jahr der Therapie als lediglich viertstärkster Einflussfaktor kann an dieser Stelle nicht als Hauptursache für die beobachtete Tendenz eines Rückgangs der PSD-Rezidivrate angesehen werden. Ein direkter Vergleich der ermittelten Rezidivraten ist zudem aufgrund der unterschiedlichen Nachuntersuchungszeiten nicht möglich, da die Rezidivrate in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung variiert (vgl. Kapitel 4.1.2 Einfluss der Nachuntersuchungszeit, Seite 34, Abbildung 2) (113).

Ein möglicher Grund, der die leicht steigende Tendenz der Rezidivrate von der Dekade 2010 zur Dekade 2020 erklären könnte, könnte eine Verbesserung der Fehlerkultur der Medizin sein. Krankenhäuser sind seit dem Jahr 2014 dazu verpflichtet Fehlermeldesysteme zur Verfügung zu stellen, in denen medizinisches Personal anonym über kritische Ereignisse oder begangene Fehler berichten kann, aus denen andere für ihre eigene Tätigkeit lernen können (58). Ein Beispiel hierfür ist das „Critical Incident Reporting System“ (CIRS), welches bereits 1997 im Bereich der Anästhesie eingesetzt wurde (112). Die durch den Einsatz solcher Programme stattfindende Enttabuisierung von Fehlern in der Medizin könnte ebenfalls Auswirkungen auf die Offenheit innerhalb von Publikationen haben. Im Rahmen der Datensammlung für diese Dissertation konnte ein starker Anstieg der publizierten PSD-Patientenzahlen, v.a. in der Dekade 2010 (44.542 PSD-Patienten), festgestellt werden. Möglicherweise führt dieser Anstieg dazu, dass auch mehr Studien mit höheren Rezidivzahlen veröffentlicht wurden, sozusagen im

---

<sup>9</sup> Informationen zur Rezidivrate nach 17 Jahren liegen nicht vor.

Sinne einer Zunahme der Publikationsehrlichkeit. In diesem Fall wäre es sogar denkbar, dass sich die tatsächliche PSD-Rezidivrate im Laufe der Dekaden nicht verändert hat, sondern die in Abbildung 5 zu erkennende Tendenz lediglich auf eine Publikationszunahme von Studien mit hohen Rezidivraten zurückzuführen ist.

Auch eine Veränderung der Qualität und somit der Genauigkeit der Studien könnte einen Einfluss auf den Verlauf der Rezidivrate haben. Wie bereits in Kapitel 5.1.2 Datensammlung erläutert, existieren Publikationen, in denen im Rahmen der Beschreibung der postoperativen Genesungssituation der PSD-Patienten keine eindeutige Unterscheidung zwischen einer prolongierten Wundheilung, einer Wundheilungsstörung und einem tatsächlichen Rezidiv vorgenommen wurde (92). Fälschlicherweise als Rezidiv gewertete Wundheilungsstörungen können somit eine mögliche Störgröße für den Verlauf der Kurven in Abbildung 5 darstellen und zu falsch hohen Rezidivraten führen. Darüber hinaus lässt sich insbesondere bei aktuelleren Publikationen eine höhere Anzahl an untersuchten Parametern sowie ausführlichere Definitionen der jeweils geltenden Ein- und Ausschlusskriterien finden. Die dadurch resultierende erhöhte Präzision kann ebenfalls Einfluss auf den Verlauf der abgebildeten Rezidivraten nehmen. Diese Art der Veränderung kann sich allerdings sowohl in Form einer Zunahme als auch einer Abnahme der publizierten Rezidivraten manifestieren.

Einen möglichen Grund für die in den Dekaden 1990 und 2000 leicht niedrigeren durchschnittlichen Rezidivzahlen könnten vermehrt in die Auswertung mit einbezogene „return on recurrence“ (ROR)-Situationen darstellen. Hierbei gehen die Untersucher fälschlicherweise davon aus, dass alle Patienten, die nicht selbstständig mit einem Rezidiv wieder vorstellig werden als rezidivfrei einzustufen sind. Dadurch entstehende falsch-niedrige Rezidivzahlen wurden im Rahmen der Datensammlung durch Ausschluss aller Publikationen, die eine solche „ROR-Situation“ aufweisen, versucht zu vermeiden. Dennoch besteht die Möglichkeit, dass einige wenige „ROR-Situationen“ Einzug in die Auswertung gefunden und somit Auswirkung auf den Verlauf der in Abbildung 5 dargestellten Kurven haben. Innerhalb der Dekaden 1990 bis 2020 wurden insgesamt 2.808 Patientendaten aus 73 Studien der „ROR-Situation“ zugeordnet und von der Auswertung ausgeschlossen. Mit 47,6% lassen sich fast die Hälfte aller innerhalb der vier Dekaden gefundenen „ROR-Situationen“ der Dekade 1990 zuordnen. Diese Dekade weist somit trotz der im Rahmen der Datensammlung erfolgten Kontrollen die höchste Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen von falsch-niedrigen Rezidivzahlen auf.

Ebenfalls Einfluss auf den in Abbildung 5 dargestellten Rezidivratenverlauf der Dekaden 1990 bis 2020 könnte das postoperative Management der einzelnen PSD-Patienten haben. Da hierzu während der Datensammlung keine Informationen dokumentiert wurden, konnte dessen Einfluss von der im Rahmen der statistischen Auswertung erfolgten Normierung nicht erfasst und somit nicht herausgerechnet werden. Seit dem Jahr 2003 erfolgt in Deutschland die Abrechnung einer Behandlung im Krankenhaus

über das „German Diagnosis Related Groups System“ (G-DRG) (121). Hierbei erfolgt eine Kodierung von Krankheitsbildern unter Berücksichtigung von Haupt- und Nebendiagnosen, Behandlungsprozeduren, Komplikationen und weiteren Kriterien wie bspw. der Dauer einer invasiven Beatmung. Am Ende einer Kodierung wird das jeweilige Entgelt festgelegt, welches das behandelnde Krankenhaus für den jeweiligen Fall meist unabhängig von der tatsächlichen Liegedauer erhält (55). Als Folge eines solchen Vergütungssystems rückt das Ziel einer möglichst kurzen Krankenhausverweildauer immer weiter in den Vordergrund. Dies ist mit der Gefahr verknüpft, dass immer häufiger Therapien gewählt werden, die zwar hinsichtlich der stationären Liegedauer finanziell vorteilhaft erscheinen, jedoch mit einer längeren poststationären Arbeitsunfähigkeit durch längere Wundheilung assoziiert sind und mit deutlich höheren Rezidivraten einhergehen (98). Da in Abbildung 5 (Seite 38) die gewählte Therapiemethode als Einflussfaktor auf den Verlauf der Rezidivrate im Rahmen der multivariaten Analyse bereits herausgerechnet wurde, kann die Wahl der Therapie nicht als mögliche Ursache für den Verlauf der Rezidivrate herangezogen werden (vgl. Kapitel 4.1.4 Einfluss der Dekade der Operation, Seite 38). Es ist jedoch denkbar, dass der aus dem DRG-System resultierende hohe wirtschaftliche Druck auf die Krankenhäuser mit früheren Entlassungen und somit weniger ausführlichen Patientenaufklärungen hinsichtlich der ambulanten Wundversorgung und möglicher postoperativer Rezidivprophylaxen einhergeht. Eine negative Beeinflussung der Rezidivrate aus wirtschaftlichen Gründen, v.a. in den letzten zwei Dekaden nach Einführung des DRG-Systems, liegt somit im Bereich des Möglichen.

Aufgrund eines potenziellen Zusammenhangs zwischen einer starken Behaarung im Sakralbereich und einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Rezidivs wird derzeit diskutiert, welche Bedeutung eine lokale Haarentfernung nach der Operation für die Rezidivvermeidung haben könnte (92). Die S3-Leitlinie aus dem Jahr 2020 ordnet eine Rezidivprophylaxe mittels Laser-Haarentfernung dem Evidenzgrad 4 zu bei allerdings noch fehlender grundsätzlicher Empfehlung (92).

Es existieren jedoch bereits diverse Studien zu diesem Thema, die 2018 von Pronk *et al.* in einer Übersichtsarbeit zusammengefasst und ausgewertet wurden. Hierbei zeigte sich anhand von zusammengefassten Daten zu  $n=963$  PSD-Patienten, dass insbesondere der postoperativen Laserepilation mit einer Rezidivrate von 9,3% ein positiver Effekt auf die Wundheilung zuzuschreiben ist (103). In Deutschland ist diese Art der Rezidivprophylaxe jedoch aktuell noch keine Kassenleistung, sodass die Inanspruchnahme für Patienten eine finanzielle Belastung bedeutet (92). In Kombination mit der Tatsache, dass bislang noch keine Empfehlung zur grundsätzlichen definitiven postoperativen Haarentfernung mittels Laser vorliegt (92), könnte auch dies als möglicher Erklärungsansatz für das Ausbleiben der erwarteten Rezidivratenreduktion der Dekade 2020 herangezogen werden. Zudem lässt sich das Verfahren der Laserepilation lediglich bei ausreichend pigmentierten, dunklen Haaren anwenden, da ein entsprechender Melaningehalt notwendig ist (71).

Eine kostengünstigere Alternative stellt die Klingenrasur dar, welche ebenfalls bei Patienten mit hellem oder rötlichem Haar angewandt werden kann (71). Hierbei kommt es jedoch zur Entstehung von scharfkantigem Schmitthaar, das laut einer aktuellen Studie häufig in Pilonidalsinusnestern nachgewiesen und somit möglicherweise als ursächlich für die Erkrankung angesehen werden muss (16). Auch eine an einem Kollektiv der Deutschen Bundeswehr durchgeführte Studie ergab eine Rezidivrate von 30,1% innerhalb der PSD-Patientengruppe, die eine postoperative Rasur durchführten. Die Rezidivrate der Patienten, die keine postoperative Haarentfernung vornahmen, lag hingegen nur bei 19,7% nach einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 11,3 Jahren (100). Aus diesem Grund können die Haarentfernungsmethoden ohne Schmitthaarentstehung als geeignetere postoperative Rezidivprophylaxe gewertet werden. Eine weitere kostengünstige Alternative stellt die Verwendung einer Enthaarungscreme dar. Sie birgt den Vorteil einer deutlich einfacheren Anwendung in einem für den Patienten selbst schwierig zu erreichenden Körpergebiet, muss jedoch repetitiv angewandt werden (92).

Insgesamt sollte die sich in Abbildung 5 andeutende Tendenz einer Rezidivratenzunahme im Laufe der letzten Dekade mit Vorsicht bewertet werden. Die plötzliche, starke Abnahme der Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben von Patienten der Dekade 2020 im 5. postoperativen Jahr beruht lediglich auf 314 Patientendaten. Eine derart geringe „number at risk“ geht häufig mit einem erhöhten Risiko für Beobachtungsfehler einher, welches sich auch in dem großen Standardfehler (+/- 5%) zeigt.

Um zu überprüfen, ob Patienten der Dekade 2020 tatsächlich höhere Rezidivraten aufweisen und die Entwicklung der PSD-Rezidivrate somit eine steigende Tendenz aufweist, sind weitere Studien mit deutlich größeren Fallzahlen (>20.000 PSD-Patienten) und einer Nachbeobachtungszeit von mindestens fünf Jahren von großem Interesse. Darüber hinaus sollte eine ergänzende Analyse aller Publikationen von 2017 bis 2020 erfolgen, um den Gesamtdatensatz der Dekade 2020 zu vervollständigen.

#### **5.2.1.5 Einfluss des Operationsverfahrens**

Anhand von Abbildung 6 (Seite 40) lässt sich erkennen, dass die verschiedenen untersuchten Therapieverfahrensgruppen mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten postoperativer Rezidive einhergehen. Darüber hinaus lässt sich auch hier erneut der Einfluss der Nachuntersuchungszeit auf die Höhe der Rezidivrate erkennen. Für eine eindeutige Beurteilbarkeit des Einflusses der Operationsmethode auf die Rezidivrate müsste die Graphik von alle anderen rezidivratenbeeinflussenden Faktoren befreit und auf diese Weise normiert werden. Da die Abbildung 3 (Seite 36) jedoch aufzeigt, dass das jeweilige Operationsverfahren mit 24,6% den größten Einfluss auf die Rezidivrate hat und andere Einflussfaktoren aus diesem Grund zu vernachlässigen sind, weist die normierte Graphik (s. Anhang, Kapitel 9.3.1 Einfluss des Operationsverfahrens auf die Rezidivrate, Seite 97) einen ähnlichen Verlauf wie die nicht-normierte auf. Daher verfügt Abbildung 6 (Seite 40)

trotz fehlender Normierung über eine ähnlich hohe Repräsentativität und kann zur Analyse herangezogen werden.

Die niedrigste sowohl 5-, als auch 10-Jahres-Rezidivrate weist das primär asymmetrische Verfahren auf, allerdings bei eher kleinen Fallzahlen zwischen 2.538 und 937 Patienten. Da im Rahmen dieser Arbeit ausschließlich publizierte Patientendaten verwendet wurden und keine eigene Datenerhebung erfolgte, besteht keine Möglichkeit anhand der Kurvenverläufe Rückschlüsse auf die tatsächliche Anwendungshäufigkeit dieses Therapieverfahrens zu ziehen. Es lässt sich dennoch zusammenfassen, dass der Einsatz von asymmetrischen Therapieverfahren als empfehlenswert eingestuft werden kann und weiterführende Untersuchungen zu diesem Verfahren mit einem größeren Patientenkollektiv von großem Interesse sind.

Zu diesem Ergebnis kam auch Limongelli *et al.* nachdem 407 mittels des asymmetrischen „D-Shape“-Verfahrens therapierte PSD-Patienten im Vergleich zu 122 symmetrisch therapierten Patienten eine um 13% geringere Rezidivrate nach ca. 11 Monaten aufwiesen (78). Auch die von Stauffer *et al.* publizierte 89.583 Patienten umfassende Metaanalyse konnte den asymmetrischen Verschluss mit einer Rezidivrate von 3,2% nach 60 Monaten als eine vergleichsweise rezidivarne Methode herausstellen. Nur die Verfahrensgruppe „Karydakis/Bascom“ wies mit 1,9% zum gleichen Zeitpunkt geringere Rezidivzahlen auf (113).

Auch im Rahmen dieser Dissertation kristallisiert sich die Verfahrensgruppe „Karydakis/Bascom“ als besonders rezidivarm heraus (6,3% RR nach 60 Monaten, NAR: 853 Patienten), ebenso die Verfahrensgruppe „Limberg/Dufourmental“ (5,9% RR nach 60 Monaten, NAR: 1.638 Patienten). Sowohl die Verschiebelappenplastiken nach Karydakis oder Bascom als auch Rotationslappenplastiken wie z.B. Limberg ergeben einen asymmetrischen Wundverschluss (38). Die Tatsache, dass die drei rezidivärmsten Verfahrensgruppen asymmetrisch sind, lässt vermuten, dass die Ausrichtung des Wundverschlusses, im Sinne einer Mittellinienvermeidung der Narbe, in einem direkten Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines postoperativen Rezidivs steht. Eine ebenfalls als asymmetrisch zu wertende Verfahrensgruppe sind die sogenannten Flap-Operationen. Je nach Definition können auch die bereits aufgeführten Verfahren „Karydakis“, „Bascom“ und „Limberg“ dieser Kategorie zugeordnet werden. Im Rahmen dieser Dissertation wurden diese Therapiemethoden jedoch aufgrund der steigenden Anwendungshäufigkeit und dem daraus resultierenden gesonderten Interesse separat ausgewertet. In die Verfahrensgruppe „flaps“ fielen somit Operationsverfahren wie u.a. die VY-Plastik (s. Tabelle 3, Seite 41), über die aufgrund der in Abbildung 6 (Seite 40) zu erkennenden breiten Datenvarianz keine statistisch hochwertige Aussage zu treffen ist. Es lässt sich dennoch erkennen, dass auch diese Verfahrensgruppe zu den rezidivärmeren Verfahren gezählt werden kann.

Darüber hinaus lässt sich aus dieser Abbildung ableiten, welche Verfahren zu den eher rezidivträchtigeren zählen und deren Anwendung daher als nicht empfehlenswert einzustufen ist. Hierzu gehören u.a. die Verfahrensgruppen „Inzision und Drainierung“ und „Phenol only“. Die Therapie eines akuten oder chronischen Pilonidalsinus ohne Abszedierung mittels Phenolinstillation wurde im Jahr 2019 von der „American Society of Colon and Rectal Surgeons (ASCRS)“ mit einer Evidenzklasse 1b als effektive, empfehlenswerte Behandlungsmethode deklariert (67), trotz kaum vorhandener US-amerikanischer Studien zur PSD-Langzeitrezidivrate nach Phenoltherapie (42). In Deutschland hingegen ist die Verwendung von Phenol aufgrund der Toxizität seit 1991 verboten (64). Eine Erörterung, warum die US-amerikanische Empfehlung derart von der deutschen abweicht, existiert bislang nicht. Von einer Phenolanwendung zur PSD-Therapie kann aber bei einer Rezidivrate von 42,1% nach 48 Monaten<sup>10</sup> eindeutig abgeraten werden.

Eine ähnlich hohe Rezidivrate nach 60 Monaten weist die Verfahrensgruppe „Inzision und Drainierung“ auf. Mit einer Rezidivrate von 36,8% kann davon ausgegangen werden, dass mehr als ein Drittel aller Patienten, die diese Behandlungsmethode als primäres Therapieverfahren erhalten haben, nach 5 Jahren ein PSD-Rezidiv aufweisen. Die alleinige Anwendung von „Inzision und Drainierung“ kann somit ebenfalls als nicht empfehlenswert eingestuft werden, auch vor dem Hintergrund, dass die Rezidivzahlen anhand eines geringen Patientenkollektiv erhoben wurden (NAR: 121 Patienten nach 5 Jahren) und daraus resultierend eine breite Varianz im zugehörigen Graphen zu erkennen ist. Geht eine Pilonidalsinusinzision und -drainierung jedoch einer definitiven operativen Versorgung voraus, kann dadurch hingegen eine Verringerung der postoperativen Rezidivrate erreicht werden. Dies gilt allerdings in erster Linie für die akut-abszedierende Form (33; 113), gemäß dem lateinischen, in der Medizin verbreiteten Aphorismus „Ubi pus, ibi evacua“.

Zwei Verfahrensgruppen, zu denen eine große Fallzahl mit einer langen Nachbeobachtungszeit von bis zu 179 bzw. 240 Monaten publiziert wurde, sind das primär offene Verfahren („po“) sowie der Primärverschluss in der Mittellinie („pvm“). Da es im Verlauf zu einer Überschneidung der Varianzbereiche der beiden Kurven kommt, kann davon ausgegangen werden, dass keines der beiden Verfahren dem anderen hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit für ein rezidivfreies Überleben signifikant überlegen ist. Die Rezidivrate liegt bei Patienten, die primär offen therapiert wurden nach 5 Jahren bei 13,9% und bei denjenigen, die einen medianen Primärverschluss erhalten haben bei 14,9%. In der o.g. von Stauffer *et. al* publizierten Metaanalyse wurde gezeigt, dass der Primärverschluss in der Mittellinie sogar das rezidivreichste Operationsverfahren der PSD-Therapie ist (113). In einer Publikation von Peters konnte ein deutlicher Rückgang der Einsatzhäufigkeit dieses Therapieverfahrens in Deutschland aufgezeigt werden. In den Jahren 2015 und 2016 führten von 454 befragten Krankenhäusern 71% den Primärverschluss in der Mittellinie nur noch selten oder nie durch. Auch die S3-Leitlinie aus dem Jahr

---

<sup>10</sup> Ein Nachbeobachtungszeitraum von 60 Monaten wurde bei dieser Verfahrensgruppe nicht erreicht.

2020 deklariert dieses Therapieverfahren aufgrund der hohen Rezidivzahlen als obsolet (92). Anders zeigte sich die Anwendungshäufigkeit des primär offenen Therapieverfahrens: 62,5% der befragten Krankenhäuser gaben an, dieses Verfahren häufig oder immer durchzuführen, trotz der bekannten langen Wundheilungsdauer von anderthalb bis drei Monaten und mittelhohen Rezidivraten (64; 97). Anhand von Abbildung 6 lässt sich jedoch klar aufzeigen, dass von der Anwendung beider Verfahren nach dem derzeitigen Kenntnisstand eindeutig abzuraten ist und finanzielle Vorteile der Krankenhäuser zugunsten einer optimalen, evidenzbasierten Patientenversorgung als zweitrangig betrachtet werden sollten (98).

Eine aktuelle Publikation aus dem Jahr 2019 konnte den verfahrensspezifischen Rezidivraten außerdem eine Länderabhängigkeit nachweisen (42). Die Festlegung eines weltweit gültigen Goldstandards der PSD-Therapie ist somit nicht möglich. In der von Doll *et. al* publizierten Studie wurden verschiedene Therapieverfahren hinsichtlich ihrer regional unterschiedlichen Rezidivraten in den Ländern USA, Deutschland, Türkei und Italien untersucht. Nach einer Nachbeobachtungszeit von 60 Monaten zeigten die Verfahrensgruppen „Limberg/Dufourmentel“ in den USA, das primär asymmetrische Verfahren in Deutschland und Italien sowie das Verfahren der Marsupialisation und die Flap-Technik in der Türkei die niedrigsten Rezidivraten und konnten somit als besonders empfehlenswert betitelt werden (42). Die in Abbildung 6 dargestellten Kurvenverläufe verfügen jedoch über keine derartige regionale Differenzierung. Doch auch hier wird deutlich, dass v.a. asymmetrische Therapieverfahren und Lappenplastiken über die niedrigsten Rezidivzahlen verfügen. Der Abbildung 6 liegen 58.781 Patientendaten zugrunde. Sie stellt somit, trotz fehlender regionaler Differenzierungen, eine wichtige Richtlinie hinsichtlich der Auswahl eines rezidivarmen PSD-Therapieverfahrens dar.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass trotz Vorhandensein rezidivarmer Therapiemethoden die Rezidivrate über die letzten Dekaden nicht abgenommen hat.

### 5.2.2 Inzidenz

Im Jahr 1984 publizierte Stelzner seine Theorie zur Entstehung der PSD-Ersterkrankung (vgl. Kapitel 2.1.4 Pathogenese, Seite 13), an der bis heute festgehalten wird (114). Mittlerweile konnte diese Theorie um die Feststellung erweitert werden, dass das in einem Pilonidalsinus enthaltene Haarnest zu einem Großteil aus Schnitthaaren des Hinterkopfes besteht und nicht, wie viele Jahre vermutet, ausschließlich aus eingewachsenen Haaren der interglutealen Region (36).

Naheliegender ist die Vermutung, dass der Entstehung des Rezidivs der gleiche Mechanismus zugrunde liegt wie auch der Ersterkrankung (vgl. Kapitel 2.3 Hypothesen, Seite 20, Hypothese 1), nämlich die Einspießung von kurzen scharfen Haarfragmenten (40). Dies würde sich als Parallelität in den zeitlichen Verläufen von Inzidenz und Rezidivrate abbilden, da bei gleichem Mechanismus sämtliche beeinflussende Umweltfaktoren in gleich starkem Ausmaß zur gleichen Zeit die Entstehung von Ersterkrankung und Rezidiv begünstigen oder hemmen würden. Somit müssten sich PSD-Inzidenz und PSD-Rezidivrate in Abhängigkeit von der Zeit gleichermaßen verändern.

Um dies zu überprüfen, wurden sämtliche auffindbare, publizierte Inzidenzen gesammelt mit dem Ziel, sie hinsichtlich ihrer zeitlichen Entwicklung auszuwerten.

#### 5.2.2.1 Zeitliche Entwicklung von Inzidenz und Rezidivrate

Im Rahmen der Datensammlung fiel bereits auf, dass die verschiedenen länderspezifischen Inzidenzwerte eine große Variabilität aufwiesen und anhand nicht vergleichbarer Referenzkollektive erhoben wurden. Eine unmittelbare statistische Verwendung der Rohdaten war daher nicht möglich. Es konnte gezeigt werden, dass vor allem diejenigen Inzidenzen, die anhand kleiner Kollektive erhoben wurden, im Rahmen der Hochrechnung auf 100.000 Personen mit einem erhöhten Beobachtungsfehler einhergehen können. Auch in Abbildung 13 (Seite 50) wird deutlich, dass kleine Patientenkollektive mit einer breiten Streuung der publizierten Inzidenzen einhergehen. Ein direkter internationaler Vergleich der im Rahmen dieser Dissertation gesammelten einzelnen Werte war aus statistischer Sicht daher nur eingeschränkt möglich.

Um dennoch die nationale zeitliche Entwicklung der Inzidenz des Pilonidalsinus graphisch darstellen zu können, erfolgte die Analyse der vollstationären Fallzahlen in Deutschland zwischen den Jahren 2000 und 2019 (s. Abbildung 14, Seite 51), welche aufgrund ihrer identischen Referenzgruppe, der deutschen Gesamtbevölkerung, direkt vergleichbar waren (20). Hierbei zeigte sich ein Anstieg der publizierten altersstandardisierten Fallzahlen von 23/100.000 Personen im Jahr 2000 auf ein Maximum von 39/100.000 Personen im Jahr 2012, also eine Zunahme um mehr als 50%. Zwischen den Jahren 2013 und 2019 lässt sich eine Stagnation bzw. eine leichte Abnahme der Fallzahlen erkennen, ein Abfall unter 35/100.000 Personen konnte jedoch nicht beobachtet werden. Über die weitere Entwicklung lässt sich hier noch keine Aussage treffen. Hierfür gilt es auf aktuelle Fallzahlen des Jahres 2020 zu warten. Erst dann ist eine endgültige Beurteilung der Entwicklung der PSD-Fallzahlen in Deutschland in der Dekade 2020 möglich. Darüber hinaus muss auch an dieser Stelle erneut berücksichtigt werden, dass sich die

gesammelten Fallzahlen lediglich auf vollstationär behandelte PSD-Patienten beziehen. Da es sich allerdings um ein in der Regel operativ und häufig stationär zu therapierendes Krankheitsbild handelt (91), kann angenommen werden, dass die vom statistischen Bundesamt veröffentlichten Fallzahlen keiner starken Verfälschung aufgrund von fehlenden ambulanten Patientendaten unterliegen. Eine wachsende ambulante Führung von PSD-Patienten verbunden mit einer Abnahme der Krankheitseinsicht vor allem aus Angst um den Arbeitsplatz wären jedoch mögliche denkbare Erklärungsansätze für die vollstationäre Fallzahlstagnation zwischen den Jahren 2013 und 2017 bzw. die leicht sinkende Tendenz zwischen 2017 und 2019. Insgesamt lässt sich anhand von Abbildung 14 jedoch eindeutig zeigen, dass es innerhalb der Dekaden 2010 und 2020 zu einer deutlichen, zwischen den Jahren 2000 und 2012 sogar nahezu kontinuierlichen Zunahme der stationär abgebildeten PSD-Fallzahlen in Deutschland gekommen ist.

Diese Beobachtung wird von in der Vergangenheit publizierten Studien gestützt, die ebenfalls eine steigende PSD-Inzidenz innerhalb Deutschlands ermitteln konnten. Zwischen den Jahren 2000 und 2012 konnte Doll *et al.* eine Verdopplung der Durchführungshäufigkeit von PSD-Operationen in einer Gruppe von 15- bis 45 Jährigen in Deutschland nachweisen, wohingegen vergleichend aufgeführte Operationszahlen zur Therapie einer Hernia inguinalis bzw. einer Appendizitis dieser Tendenz nicht folgten (35). Auch Ardelt *et al.* publizierte im Jahr 2017 eine von ihm beobachtete Fallzahlsteigerung innerhalb der Altersgruppe der unter 20-jährigen Bevölkerung (9), nachdem Evers *et al.* bereits sechs Jahre zuvor innerhalb der deutschen Bundeswehr ebenfalls eine Inzidenzzunahme von 30/100.000 Soldaten auf 240/100.000 Soldaten zwischen den Jahren 1985 bis 2007 verzeichnete (50). Auch eine aktuelle Publikation aus dem Jahr 2021 berichtet von einem Anstieg der stationären PSD-Inzidenz von 43 auf 56/100.000 männlichen Personen sowie von 14 auf 18/100.000 weiblichen Personen zwischen den Jahren 2005 und 2017 (89). Da der Anteil der Rezidivoperationen keiner steigenden Tendenz folgt (s. Anhang, Kapitel 9.3.2 Anteil der Pilonidalsinusrezidivoperationen, Seite 98), scheint es somit sehr wahrscheinlich zu sein, dass es im Laufe der Jahre innerhalb Deutschlands tatsächlich zu einer Netto-Zunahme der PSD-Inzidenz gekommen ist.

Doch auch andere Nationen berichten von einer derartigen epidemiologischen Veränderung. Karahan *et al.* untersuchte zwischen den Jahren 1999 und 2008 die Anzahl der PSD-Operationen in der Türkei und konnte innerhalb von zehn Jahren einen Anstieg um 340% verzeichnen (72). Auch Neuseeland weist einen ähnlichen Verlauf auf: In Abbildung 16 (Seite 53) lässt sich im Laufe der Jahre 2005 bis 2017 eine nahezu lineare Zunahme der PSD-assoziierten Krankenhausentlassungen feststellen. Auch innerhalb des Nachbarstaates Australiens zeigt sich eine ähnliche Tendenz. Sowohl die Patiententage als auch die Entlassungen mit der Diagnose eines akut-abszedierten Pilonidalsinus zwischen 1993 und 2018 zeigen eine nahezu lineare Steigung. Eine von Moshe Gips erstellte Graphik zum Verlauf der PSD-Inzidenz zwischen 2005 und 2018 innerhalb der männlichen, weiblichen und Gesamtbevölkerung Israels bestätigt diesen Verlauf ebenfalls. Hier verzeichnet sich der steilste Anstieg innerhalb der männlichen Bevölkerung (s. Abbildung 18, Seite 55). Lediglich Großbritannien präsentiert einen

anderen Verlauf. Hier kam es zwischen den Jahren 2004 und 2013 zu einem deutlichen Rückgang der Anzahl der abgeschlossenen PSD-Therapien. Doch seit dem Jahr 2013 steigen auch dort die PSD-Therapiezahlen erneut an (s. Abbildung 15, Seite 52). Jedoch ist der Anteil ambulanter PSD-Operationen in Großbritannien unklar.

Auch innerhalb von Soldatenpopulationen konnte in der Vergangenheit bereits ein an Häufigkeit zunehmendes Auftreten des Pilonidalsinus beobachtet werden. So berichtete Karydakis von einem Anstieg der PSD-Häufigkeit innerhalb der griechischen Armee zwischen den Jahren 1960 und 1974 von 4,9% auf 25,8% (73; 75).

An dieser Stelle wird erneut deutlich, dass eine länderübergreifende Studie zur Entwicklung der internationalen PSD-Inzidenz anhand vergleichbarer Referenzpopulationen von großem wissenschaftlichem Interesse ist. Eine Kontaktaufnahme zu Gesundheitsministerien in den Niederlanden und in Griechenland blieben leider erfolglos.

Die Abbildung 19 (Seite 56) zeigt die Entwicklung der weltweit publizierten PSD-Fallzahlen über die Dekaden. Auch wenn diese Graphik keine uneingeschränkten Rückschlüsse auf die tatsächlichen Fallzahlen erlaubt, kann sich hier andeuten, dass der zunehmende Verlauf nicht alleinig auf ein steigendes Interesse an der Krankheit Pilonidalsinus zurückzuführen ist, sondern sehr wahrscheinlich mit einem vermehrten Auftreten der Erkrankung einher geht.

Es lässt sich somit festhalten, dass in Zusammenschau der Ergebnisse dieser Dissertation auf der Basis von 58.781 analysierten PSD-Patienten sowie der bislang publizierten Studien ein Anstieg der weltweiten PSD-Inzidenz als erwiesen angesehen werden kann. Die weltweite Entwicklung der PSD-Rezidivrate hingegen zeigt laut Abbildung 5 keinen derartigen kontinuierlichen Anstieg über die Dekaden. Es muss daher gefolgert werden, dass die Entstehungsmechanismen von Ersterkrankung und Rezidiv grundlegend verschieden sind. Die Nullhypothesen 1 und 3 (Seite 20) können somit nicht aufrechterhalten werden.

Dies könnte möglicherweise damit begründet werden, dass die PSD-Ersterkrankung durch bestimmte Faktoren beeinflusst bzw. begünstigt wird, welche bei den Zweit- oder weiteren Folgeerkrankungen weniger oder keinen Einfluss mehr zeigen. So steht die Ersterkrankung meistens in zeitlicher Nähe zur Pubertät und währenddessen stattfindender Veränderungen, die die Rezidivkrankung, die in der Regel erst Jahre nach der Ersterkrankung auftritt, nicht im gleichen Maße beeinflussen (9; 113). Ardelt *et al.* deklarierte im Jahr 2017 die Pubertät als einen wesentlichen Faktor bei der PSD-Entstehung, nachdem er aufzeigen konnte, dass in der Altersklasse der 10- bis 14-Jährigen mehr Mädchen als Jungen einen Pilonidalsinus aufwiesen (9), entsprechend der bei Mädchen früher einsetzenden Pubertät (68). Aus Beobachtungen von Familien mit PSD-Erkrankungen ist bekannt, dass eine jüngere Erstmanifestation mit einer früheren und höheren Rezidivrate assoziiert ist (31). Ob die Rezidivrate grundsätzlich von altersabhängigen Faktoren abhängig ist oder ob diese Effekte nur in den wenigen Jahren nach der

Pubertät eintreten, ist noch nicht geklärt. Anhand von Abbildung 3 (Seite 36) konnte jedoch gezeigt werden, dass das Alter der Patienten nach dem Therapieverfahren den zweitstärksten Einflussfaktor auf die Rezidivrate darstellt (vgl. Kapitel 4.1.3 Gewichtung der Einflussfaktoren, Seite 35). Tatsächlich sinkt die Anzahl der stationär behandelten PSD-Fälle jenseits des 25. Lebensjahres deutlich ab (9), welches sowohl mit einer Abnahme der PSD-Inzidenz als auch der PSD-Rezidivrate zu vereinbaren ist. Haareinspießungen in die Haut können grundsätzlich in jedem Lebensalter stattfinden, wie wir auch von Berufen mit täglichem Schnitthaarkontakt wissen (41; 43). Sie finden jedoch mit steigendem Alter nur noch selten „erfolgreich“, d.h. mit Fistelgangbildung als Vollbild Pilonidalsinus, statt (9). Dies könnte möglicherweise auf eine Abnahme der axialen Haarkraft im Alter zurückgeführt werden, da eine Publikation von Bosche *et al.* das vermehrte Auftreten von Haaren mit großer axialer Kraft im Pilonidalsinus nachweisen konnte (36). Alternativ könnten aber auch eine Zunahme der Widerstandsfähigkeit der Haut oder der hauteigenen Schutzfaktoren im Alter das seltenere PSD-Auftreten erklären. Eine aktuelle Studie konnte nachweisen, dass vermehrtes Schwitzen keinen ursächlichen Effekt auf die PSD-Entstehung hat (45). Ob die Schweißproduktion möglicherweise mit steigendem Alter zunimmt und dadurch sogar einen PSD-protektiven Effekt aufweist, bleibt bislang ungeklärt. Interessant wäre hier zu erforschen, ob Inzidenz und Rezidivrate im Alter parallel zueinander abnehmen und in welchen Altersgruppen die altersbedingten Faktoren den größten Einfluss zeigen. Doch nicht nur das Alter beeinflusst die Widerstandsfähigkeit der Haut. Auch die bei einem Rezidiv durch Narbenbildung bereits vorliegenden veränderten anatomischen Gegebenheiten können einen möglichen Erklärungsansatz für die Divergenz der zeitlichen Verläufe von Erst- und Zweit- bzw. Folgeerkrankung darstellen. Um dies jedoch genauer bewerten zu können, sind Studien notwendig, die die genaue Lokalisation von Erst- und Folgeerkrankung, bspw. mittels Fotodokumentation, festhalten. Rezidive, die fern der Primärnarbe entstehen und somit in anatomisch unverändertem Gebiet, machen hingegen das Vorliegen eines zur Ersterkrankung ähnlichen Entstehungsmechanismus wahrscheinlicher. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Beschaffenheit der sich einspießenden Haare bei Erst- und Folgeerkrankung, sofern zeitnah beieinanderliegend, mit großer Wahrscheinlichkeit gleich ist und sich der Vorgang der Einspießung diesbezüglich ähneln muss. Der Entstehungsmechanismus von Ersterkrankung und Rezidiv sollte daher besonders bezüglich der Hautcharakteristika der betroffenen Region weiter differenziert werden.

#### **5.2.2.2 Einfluss der Ländergruppe „Mittelmeerraum“ und der Berufsgruppe „Soldat“**

Um mögliche Gründe für die starke Inhomogenität der publizierten Inzidenzen zu ermitteln, wurden diese in Form von Verteilungsdiagrammen graphisch dargestellt und auf das Vorliegen von Mustern untersucht.

Bereits während der Literaturrecherche kristallisierte sich insbesondere der Mittelmeerraum als eine Ländergruppe heraus, die eine hohe PSD-Publikationsfrequenz aufweist (s. Abbildung 20, Seite 57). Das Krankheitsbild des Pilonidalsinus scheint somit im mediterranen Raum eine deutlich größere

Relevanz aufzuweisen als in anderen Regionen der Welt, was möglicherweise durch eine regional höhere Inzidenz zu erklären ist. Um diese Vermutung zu veranschaulichen, wurden in Abbildung 7 (Seite 44) alle mediterranen Inzidenzen farblich hervorgehoben dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass 57% der über 1.000/100.000 Personen gelegenen publizierten Inzidenzen einem mediterranen Ursprung zugeordnet werden können. Auch innerhalb der mediterranen Inzidenzen liegen mit 68% über die Hälfte der Werte oberhalb dieses Wertes. Diese Verteilung legt die Vermutung nahe, dass der Pilonidalsinus im Mittelmeerraum eine höhere regionale Inzidenz aufweist. Da diese Ergebnisse jedoch auf publizierten Zahlen basieren, wäre ein Vergleich mit tatsächlich gemeldeten Fallzahlen, v.a. in Bezug auf die Gesamtbevölkerung der einzelnen mediterranen Länder, von großem Interesse. Entsprechende Versuche, Zahlen aus Italien, Griechenland und der Türkei zu erlangen, verliefen erfolglos.

Ein möglicher Faktor, der ebenfalls Einfluss auf die in Abbildung 7 dargestellte Verteilung haben könnte, ist die Berufsgruppe „Soldat“ als Referenzpopulation. Die Tatsache, dass der Pilonidalsinus ein gehäuftes Auftreten innerhalb eines Soldatenkollektivs aufweist, wurde bereits im Jahr 1944 durch Buie publiziert. Als Erklärung führte er lange, sitzende Tätigkeiten auf harten Fahrzeugsitzen in Kombination mit Stoßbewegungen durch unebenes Gelände an, welche den Vorgang der Haareinspießung begünstigten (19). Dieser Entstehungsmechanismus wurde jedoch ca. zwanzig Jahre später von Favre *et al.* widerlegt (51). Dennoch kann angenommen werden, dass Soldaten-assoziierte PSD-Inzidenzen höher sind als diejenigen, die innerhalb der Allgemeinbevölkerung eines Landes erhoben wurden. Dies ist u.a. auch dadurch zu erklären, dass Soldatenkollektive in der Regel zu einem Großteil aus Männern jungen bis mittleren Alters bestehen (2) und somit eine Hauptrisikogruppe für eine PSD-Erkrankung darstellen (54). Einen weiteren Erklärungsansatz formulierte Doll *et al.*, nachdem er acht Männer unmittelbar nach einem Trockenhaarschnitt hinsichtlich der Verteilung des Schnitthaares am Oberkörper untersuchte und feststellte, dass sich bei allen okzipitale Schnitthaare im Bereich der hinteren Schweißrinne bis nach lumbal sammelten. Kurze, einzelne Schnitthaarfragmente, welche sich besonders häufig in Pilonidalsinusnestern nachweisen ließen (16), wurden sogar bereits mit Ende des Frisörbesuches am unteren Rücken gefunden. Laut Doll würden im Rahmen eines Nasshaarschnitts weniger einzelne Schnitthaarfragmente entstehen, welches wiederum weniger Haareinspießungen bedinge. Der Trockenhaarschnitt stellt jedoch den Standard beim Militär dar und wird, da es sich in der Regel um einen Kurzhaarschnitt handelt, häufiger durchgeführt. Dies könnte somit eine mögliche Ursache für die höheren PSD-Fallzahlen innerhalb von Soldatenkollektiven sein (43).

Betrachtet man die Abbildung 8 (Seite 45) lässt sich tatsächlich erkennen, dass sich die Mehrheit der innerhalb des Mittelmeerraumes erhobenen Inzidenzen auf Soldatenkollektive beziehen und mit 69,3% mehr als die Hälfte der Werte oberhalb von 1.000 Fällen pro 100.000 Personen liegen. Würde die Höhe der zugehörigen Inzidenzen jedoch alleinig auf den Einfluss der Berufsgruppe „Soldat“ zurückzuführen sein, müssten Soldaten-assoziierte Inzidenzen aus nicht-mediterranen Ländern ebenfalls zu großen Teilen oberhalb des Grenzwertes liegen. Dies ist mit 13%, wie in Abbildung 11 (Seite 48) zu erkennen,

nicht der Fall. An dieser Stelle wäre es interessant zu wissen, ob der Trockenhaarschnitt beim Militär einen länderübergreifenden Standard darstellt oder ob dies möglicherweise mit den unterschiedlich hohen Inzidenzen zwischen Soldatenkollektiven des mediterranen und nicht-mediterranen Raums in einem Zusammenhang steht. Es lässt sich in jedem Fall zusammenfassen, dass Studienkollektive aus dem Mittelmeerraum auch unabhängig von der Berufsgruppe „Soldat“ mit hohen Inzidenzen assoziiert zu sein scheinen. Dies ist mit der Nebenhypothese N1 vereinbar (vgl. Kapitel 2.3 Hypothesen, Seite 20).

Es ist bereits bekannt, dass die Pubertät einen Einfluss auf die PSD-Entstehung zu haben scheint und dass sich die Erkrankung gehäuft während der Pubertät manifestiert (9). Ein präpubertäres Auftreten eines Pilonidalsinus ist hingegen selten (22). Eine regional früher einsetzende Pubertät würde demnach einen möglichen Erklärungsansatz für regional höhere Inzidenzen darstellen. Parent *et al.* konnte 2003 in einer Studie aufzeigen, dass die Menarche<sup>11</sup> in den Mittelmeerländern Italien, Spanien und Griechenland im Durchschnitt tatsächlich früher einsetzt als in europäischen Ländern. So wurde ein medianes Alter zum Zeitpunkt der Menarche in Deutschland von 13,5 Jahren ermittelt, wohingegen Spanien ein durchschnittliches Alter von 12,6 Jahren aufweist (94). Auch die gesammelten Daten dieser Dissertation zeigen ein ähnliches Bild: Das durchschnittliche Alter aller publizierten mediterranen PSD-Patienten beträgt 25,4 Jahre, wohingegen das durchschnittliche Alter der PSD-Patienten aus Nordeuropa 26,8 Jahren beträgt. Im Mittelmeerraum scheint der Pilonidalsinus somit häufiger, aber auch früher aufzutreten, ebenso wie die Pubertät, sodass sich die Vermutung eines direkten Zusammenhangs zwischen der Pubertät und der Entstehung eines Pilonidalsinus weiter verstärkt. Die Tatsache einer regional früher einsetzenden Pubertät in Kombination mit hohen publizierten PSD-Inzidenzen lässt zudem die Vermutung aufkommen, dass sich auch innerhalb der weiblichen mediterranen Bevölkerung deutlich höhere PSD-Fallzahlen als in anderen Ländergruppen verzeichnen lassen. Eine im Jahr 2020 von Luedi *et al.* publizierte Metaanalyse anhand von 104.055 Patientendaten ergab jedoch lediglich einen Frauenanteil von 16,7% innerhalb der mediterranen PSD-Patienten bei einem weltweiten durchschnittlichen PSD-Frauenanteil von 17,48%. Innerhalb der südamerikanischen Bevölkerung wurde mit einem PSD-Frauenanteil von 39,16% das weltweite Maximum erreicht, gefolgt von Australien und Neuseeland mit 33,73% (80). Mögliche Gründe für die hohen mediterranen PSD-Inzidenzen scheinen somit nicht in gleichem Ausmaß für beide Geschlechter zu gelten. Interessant wären weiterführende Untersuchungen der an einem Pilonidalsinus erkrankten Frauen des südamerikanischen und australischen/neuseeländischen Raumes hinsichtlich möglicher Gemeinsamkeiten. An dieser Stelle wird erneut deutlich, dass der PSD-Ersterkrankung ein multifaktorielles Geschehen zugrunde liegen muss, dessen Einflussfaktoren noch nicht vollständig bekannt sind.

---

<sup>11</sup> Zeitpunkt des Auftretens der ersten Regelblutung (hier als objektivierbarer Zeitpunkt des Pubertätsbeginns festgelegt).

Ein weiterer möglicher Einflussfaktor auf die Höhe der mediterranen PSD-Inzidenz könnte die dort verbreitete Haarstruktur sein. Die Tatsache, dass sich die Haare verschiedener Ethnien hinsichtlich ihrer Geometrie und mechanischen Eigenschaften unterscheiden, konnte im Jahr 2003 von Franbourg *et al.* gezeigt werden (53). Da die axiale Haarkraft nachgewiesenermaßen Einfluss auf die Entstehung eines Pilonidalsinus hat (36), wäre es an dieser Stelle von Interesse, ob dies auf die Haarkraft der mediterranen Bevölkerung zutrifft.

Balik *et al.* konnte im Jahr 2006 innerhalb des von ihm untersuchten Kollektivs, bestehend aus 125 PSD-Patienten und 125 Kontrollpersonen, eine Assoziation zwischen der Größe des präsakralen Fettpolsters und dem Auftreten einer PSD-Erkrankung feststellen (12). Eine ähnliche Beobachtung wurde drei Jahre später von Akinci *et al.* publiziert, nachdem er 101 türkische Patienten hinsichtlich der Tiefe ihrer Rima ani untersuchte. Hierbei zeigte sich bei den 50 untersuchten PSD-Patienten eine durchschnittliche Tiefe von 27,06 mm, wohingegen die 51 Nicht-PSD-Patienten lediglich eine durchschnittliche Tiefe von 21,07 mm aufwiesen (3). Dies ließ die Vermutung aufkommen, dass möglicherweise auch ein hoher BMI die PSD-Entstehung begünstige, welches jedoch ebenfalls von Akinci *et al.* untersucht und als nicht signifikant deklariert wurde (3). Epidemiologische Daten aus Deutschland konnten einen solchen Zusammenhang ebenfalls nicht bestätigen (35). Ob der Einfluss der Anatomie der Interglutealregion auf die PSD-Inzidenz tatsächlich länderspezifisch variiert, ist bislang unerforscht.

Würde es gelingen, die Hauptgründe für die hohe PSD-Inzidenz im mediterranen Raum zu ermitteln, könnte dies ein frühzeitiges Identifizieren von PSD-Risikopatienten ermöglichen und somit einen neuen Ansatz für die PSD-Prävention weltweit bedeuten.

### 5.3. Ausblick

Der Hauptansatzpunkt zur Senkung der PSD-Rezidivrate, die sich in den letzten vier Dekaden nachweislich stagnierend und mit durchschnittlich 11,6% nach 60 Monaten als noch immer zu hoch gezeigt hat, ist nach den Erkenntnissen dieser Dissertation die Auswahl eines geeigneten rezidivarmen Therapieverfahrens. Wie bereits in mehreren aktuellen Publikationen und in der S3-Leitlinie der AWMF betont, gehen asymmetrische Therapieverfahren mit einer deutlich geringeren Rezidivrate einher als der in der Weltliteratur immer noch häufig zu findende Primärverschluss in der Mittellinie und das primär offene Verfahren. Dies kann durch die Ergebnisse dieser Dissertation bestätigt werden. Auch die weltweit steigende PSD-Inzidenz und die damit einhergehende zunehmende gesundheitsökonomische Bedeutung dieses Krankheitsbildes, v.a. im Hinblick auf Krankheitstage und resultierende berufliche Ausfälle, sollten genügend Anreiz darstellen jedem PSD-Patienten ein nachgewiesenermaßen rezidivarmes Therapieverfahren anzubieten. Ob allerdings ein Patient mit einem PSD-Rezidiv vom gleichen Therapieverfahren in gleichem Maße profitiert wie ein ersterkrankter Patient, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht und sollte Gegenstand weiterer Forschung sein.

Die PSD-Inzidenz scheint im Laufe der Jahre einen steigenden Verlauf zu zeigen. Anhand von deutschen Fallzahlen des statistischen Bundesamtes lässt sich dies bestätigen. Die in der Literatur auffindbaren Inzidenzen, u.a. auch anderer Länder, lassen sich jedoch aufgrund von stark variierenden und somit nicht statistisch vergleichbaren Referenzpopulationen nur bedingt graphisch darstellen. Für eine Beurteilung der Entwicklung der weltweiten PSD-Inzidenz sind daher weitere Studien mit Inzidenzen, welche innerhalb vergleichbarer Populationen erhoben wurden, erforderlich. Die im Rahmen dieser Dissertation erstellten Verteilungsdiagramme zur PSD-Inzidenz erlauben jedoch eine vorsichtige Beschreibung des Mittelmeerraumes als Region mit besonders hohen PSD-Inzidenzen. Eine alleinige Erklärung durch Soldaten-assoziierte Inzidenzen kann jedoch ausgeschlossen werden, da Soldatenkollektive außerhalb des Mittelmeerraumes mit eher niedrigeren Inzidenzen einhergehen. Der Mittelmeerraum stellt somit aufgrund der hohen Inzidenz von PSD-Erkrankungen möglicherweise einen wichtigen Ausgangspunkt für die Verifizierung neuer PSD-Erkenntnisse dar, wie z. B. unterschiedlicher Einflussfaktoren in der Entstehung von Erst- und Rezidivkrankung.

Eine suffiziente Primärprävention existiert bislang nicht. Einige wichtige Ansätze zur Rezidivprophylaxe sind bereits bekannt; weitere sind noch in der Erforschung (z.B. die Laserdepilation). Inwieweit Möglichkeiten der Primärprävention (wie z.B. ein mechanischer interglutealer Hautschutz oder eine Modifizierung der Schweißneigung) auch zur Sekundärprävention bzw. Rezidivprophylaxe sinnvoll eingesetzt werden können, werden die nächsten Dekaden zeigen. Solange bleibt es die Aufgabe und Verantwortung des Chirurgen, durch Aufklärung und Auswahl eines geeigneten Therapieverfahrens seine Patienten bestmöglich vor einem Rezidiv zu schützen.

## 6 Literaturverzeichnis

1. AFHSC (2013) U.S. Armed Forces Health Surveillance Center Report: Pilonidal cysts 2000-2012. *Medical Surveillance Monthly Report MSMR* 20:8-11
2. Akinci OF, Bozer M, Uzunköy A, Düzgün SA, Coskun A (1999) Incidence and aetiological factors in pilonidal sinus among Turkish soldiers. *Eur J Surg* 165:339-342
3. Akinci OF, Kurt M, Terzi A, Atak I, Subasi IE, Akbilgic O (2009) Natal cleft deeper in patients with pilonidal sinus: implications for choice of surgical procedure. *Diseases of the Colon and Rectum* 52:1000-1002
4. Al-Hassan HK, Francis IM, Neglen P (1990) Primary closure or secondary granulation after excision of pilonidal sinus? *Acta Chir Scand* 156:695-699
5. Al-Salamah SM, Hussain MI, Mirza SM (2007) Excision with or without primary closure for pilonidal sinus disease. *J Pak Med Assoc* 57:388-391
6. Allen-Mersh TG (1990) Pilonidal sinus: finding the right track for treatment. *Br J Surg* 77:123-132
7. Amir M, Raja MH, Klaye TO (1999) Surgical treatment of chronic pilonidal sinus-open vs closed excision. *J Coll Physicians Surg Pak* 9:518-521
8. Anderson AW (1847) Hair extracted from an ulcer. *Boston Med Surg J* 36:74
9. Ardelt M, Dennler U, Fahrner R, Hallof G, Tautenhahn HM, Dondorf F, Rauchfuss F, Settmacher U (2017) Puberty is a major factor in pilonidal sinus disease : Gender-specific investigations of case number development in Germany from 2007 until 2015. *Chirurg* 88:961-967
10. Arslan S, Okur MH, Basuguy E, Aydogdu B, Zeytun H, Cal S, Tegin S, Azizoglu M (2021) Crystallized phenol for treatment of pilonidal sinus disease in children: a comparative clinical study. *Pediatr Surg Int* 37:807-813
11. Baker T, Barclay D, Ballard C (2008) Pilonidal cyst involving the clitoris: a case report. *J Low Genit Tract Dis* 12:127-129
12. Balik O, Balik AA, Polat KY, Aydinli B, Kantarci M, Aliagaoglu C, Akcay MN (2006) The importance of local subcutaneous fat thickness in pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 49:1755-1757
13. Bascom J (1980) Pilonidal disease: origin from follicles of hairs and results of follicle removal as treatment. *Surgery* 87:567-572
14. Bascom JU (1987) Repeat pilonidal operations. *Am J Surg* 154:118-122
15. Bolandparvaz S, Moghadam Dizaj P, Salahi R, Paydar S, Bananzadeh M, Abbasi HR, Eshraghian A (2012) Evaluation of the risk factors of pilonidal sinus: a single center experience. *Turk J Gastroenterol* 23:535-537

16. Bosche F, Luedi MM, van der Zypen D, Moersdorf P, Krapohl B, Doll D (2018) The Hair in the Sinus: Sharp-Ended Rootless Head Hair Fragments can be Found in Large Amounts in Pilonidal Sinus Nests. *World J Surg* 42:567-573
17. Bruce RM, Santodonato J, Neal MW (1987) Summary review of the health effects associated with phenol. *Toxicol Ind Health* 3:535-568
18. Brusciano L, Limongelli P, Del Genio G, Tolone S, Amoroso V, Docimo G, Docimo L (2015) D-shape asymmetric excision of sacrococcygeal pilonidal sinus with primary closure, suction drain, and subcuticular skin closure: an analysis of risks factors for long-term recurrence. *Surgical Innovation* 22:143-148
19. Buie LA (1944) Jeep Disease (Pilonidal Disease of Mechanized Warfare). *South Med J* 37:103-109
20. Bundesregierung. Statistisches Bundesamt: Pilonidalzyste - Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000 (Eckdaten der vollstationären Patientinnen und Patienten): [https://www.gbe-bund.de/gbe/pkg\\_olap\\_tables.prc\\_set\\_hierlevel?p\\_uid=gasts&p\\_aid=62056400&p\\_sprache=D&p\\_help=2&p\\_indnr=550&p\\_ansnr=53890836&p\\_version=2&p\\_dim=D.000&p\\_dw=3722&p\\_direction=drill](https://www.gbe-bund.de/gbe/pkg_olap_tables.prc_set_hierlevel?p_uid=gasts&p_aid=62056400&p_sprache=D&p_help=2&p_indnr=550&p_ansnr=53890836&p_version=2&p_dim=D.000&p_dw=3722&p_direction=drill) (abgerufen am 07.07.21) (Gesundheitsberichterstattung des Bundes)
21. Carstensen E, Keichel F (1963) Etiology and therapy of pilonidal sinus. *Chirurg* 34:303-308
22. Chamberlain JW, Vawter GF (1974) The congenital origin of pilonidal sinus. *J Pediatr Surg* 9:441-444
23. Clothier PR, Haywood IR (1984) The natural history of the post anal (pilonidal) sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 66:201-203
24. Conroy FJ, Kandamany N, Mahaffey PJ (2008) Laser depilation and hygiene: preventing recurrent pilonidal sinus disease. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 61:1069-1072
25. Davage ON (1954) The origin of sacrococcygeal pilonidal sinuses based on an analysis of four hundred sixty-three cases. *Am J Pathol* 30:1191-1205
26. De Parades V, Bouchard D, Janier M, Berger A (2013) Pilonidal sinus disease. *J Visc Surg* 150:237-247
27. Doll D, Friederichs J, Dettmann H, Boulesteix AL, Duesel W, Petersen S (2007) Time and rate of sinus formation in pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 23:359-364
28. Doll D, Krueger CM, Schrank S, Dettmann H, Petersen S, Duesel W (2007) Timeline of recurrence after primary and secondary pilonidal sinus surgery. *Dis Colon Rectum* 50:1928-1934
29. Doll D, Friederichs J, Düsel W, Fend F, Petersen S (2008) Surgery for asymptomatic pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 23:839-844
30. Doll D, Novotny A, Rothe R, Kristiansen JE, Wietelmann K, Boulesteix AL, Düsel W, Petersen S (2008) Methylene Blue halves the long-term recurrence rate in acute pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 23:181-187

31. Doll D, Matevossian E, Wietelmann K, Evers T, Kriner M, Petersen S (2009) Family history of pilonidal sinus predisposes to earlier onset of disease and a 50% long-term recurrence rate. *Dis Colon Rectum* 52:1610-1615
32. Doll D (2010) 5- and 10-year recurrence rate is the new gold standard in pilonidal sinus surgery benchmarking. *Med Princ Pract* 19:216-217
33. Doll D, Matevossian E, Hoenemann C, Hoffmann S (2013) Incision and drainage preceding definite surgery achieves lower 20-year long-term recurrence rate in 583 primary pilonidal sinus surgery patients. *J Dtsch Dermatol Ges* 11:60-64
34. Doll D, Luedi MM, Evers T, Kauf P, Matevossian E (2015) Recurrence-free survival, but not surgical therapy per se, determines 583 patients' long-term satisfaction following primary pilonidal sinus surgery. *Int J Colorectal Dis* 30:605-611
35. Doll D, Luedi MM, Wieferich K, van der Zypen D, Maak M, Glanemann M (2015) Stop insulting the patient: neither incidence nor recurrence in pilonidal sinus disease is linked to personal hygiene. *PSJ* 1:11-19
36. Doll D, Bosche FD, Stauffer VK, Sinicina I, Hoffmann S, Van der Zypen D, Luedi MM (2017) Strength of occipital hair as an explanation for pilonidal sinus disease caused by intruding hair. *Dis Colon Rectum* 60:979-986
37. Doll D, Bosche F, Hauser A, Moersdorf P, Sinicina I, Grunwald J, Reckel F, Luedi MM (2018) The presence of occipital hair in the pilonidal sinus cavity-a triple approach to proof. *Int J Colorectal Dis* 33:567-576
38. Doll D, Ommer A (2018). Sinus pilonidalis. In *Chirurgische Proktologie*, Mölle B, A Ommer, J Lange, J Girona, eds. (Berlin, Springer-Verlag), pp. 415-442.
39. Doll D, Vassiliu P (2018) Another Pilonidal classification – PLLATIN. *PSJ* 4:1-3
40. Doll D (2019) Pilonidal sinus disease - 186 years since Mayo. *Coloproctology* 41:94-95
41. Doll D, Maier K, Albers K, Runden J, Massalis I, Moersdorf P, Vassiliu P, Luedi MM (2019) Another common sharp hair fragment disease – barbers' anterior disease (BAD). *PSJ* 5:1-15
42. Doll D, Orlik A, Maier K, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, Vogt AP, Stauffer VK, Luedi MM (2019) Impact of geography and surgical approach on recurrence in global pilonidal sinus disease. *Sci Rep* 9:1-24
43. Doll D, Wilhelm D, Ommer A, Albers K, Mordhorst H, Iesalnieks I, Vassiliu P, Luedi MM (2019) Immediate cut hair translocation to the intergluteal fold in the hairdressers shop – another link to pilonidal sinus disease. *PSJ* 5:23-32
44. Doll D, Stauffer V, Diekmann M, Wyk PV, Lüdi M (2020) Turkey is leading in the 21st century pilonidal sinus disease research. *Turk J Surg* 36:284-290
45. Doll D, Brengelmann I, Schober P, Ommer A, Bosche F, Papalois AE, Petersen S, Wilhelm D, Jongen J, Luedi MM (2021) Rethinking the causes of pilonidal sinus disease: a matched cohort study. *Sci Rep* 11:1-7

46. Duman K, Girgin M, Harlak A (2017) Prevalence of sacrococcygeal pilonidal disease in Turkey. *Asian J Surg* 40:434-437
47. Dwight RW, Maloy JK (1953) Pilonidal sinus; experience with 449 cases. *N Engl J Med* 249:926-930
48. Efrat Z, Perri T, Meizner I, Chen R, Ben-Rafael Z, Dekel A (2001) Early sonographic detection of a 'human tail': a case report. *Ultrasound Obstet Gynecol* 18:534-535
49. Evers T, Doll D (2009) Pilonidalsinus: Hohe chirurgische Rezidivrate. *Amb Chir* 13:25-28
50. Evers T, Doll D, Matevossian E, Noe S, Neumann K, Li HL, Hüser N, Lüdde R, Hoffmann S, Krapohl BD (2011) Trends in incidence and long-term recurrence rate of pilonidal sinus disease and analysis of associated influencing factors. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 49:799-803
51. Favre R, Delacroix P (1964) Apropos of 1.110 Cases of Pilonidal Disease of Coccy-Perineal Localization. *Mem Acad Chir (Paris)* 90:669-676
52. Fox SL (1935) The origin of pilonidal sinus with an analysis of its comparative anatomy and histogenesis. *Surg Gynecol Obstet* 60:137
53. Franbourg A, Hallegot P, Baltenneck F, Toutain C, Leroy F (2003) Current research on ethnic hair. *J Am Acad Dermatol* 48:115-119
54. Franckowiak JJ, Jackman RJ (1962) The etiology of pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 5:28-36
55. Frese E, Heberer M, Hurlbaus T, Lehmann P (2004) „Diagnosis Related Groups“ (DRG) und kosteneffiziente Steuerungssysteme im Krankenhaus. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 56:737-759
56. Furtwängler A (2009) Kommentar zu: Methylenblau halbiert die Langzeit-Rezidivrate bei akutem Sinus pilonidalis. *Coloproctology* 31:195-196
57. Georgiou GK (2018) Outpatient laser treatment of primary pilonidal disease : the PiLaT technique. *Tech Coloproctol* 22:773-778
58. Gerst T (2014) Krankenhäuser: Fehlermeldesysteme sind künftig Pflicht. *Dtsch Arztebl Int* 111:191
59. Goldberg RB, Fish B, Cohen MM, Jr., Shprintzen RJ (1978) Bilateral femoral dysgenesis syndrome: a case report. *Cleft Palate J* 15:386-389
60. Guner A, Boz A, Ozkan OF, Ileli O, Kece C, Reis E (2013) Limberg flap versus Bascom cleft lift techniques for sacrococcygeal pilonidal sinus: prospective, randomized trial. *World J Surg* 37:2074-2080
61. Gupta S, Sikora S, Singh M, Sharma L (1990) Pilonidal disease of the umbilicus-a report of two cases. *Jpn J Surg* 20:590-592
62. Hodges RM (1880) Pilonidal sinus. *Boston Med Surg J* 103:485-486
63. Iesalnieks I, Deimel S, Kienle K, Schlitt HJ, Zulke C (2011) Pit-picking surgery for pilonidal disease. *Chirurg* 82:927-931

64. Iesalnieks I, Ommer A, Petersen S, Doll D, Herold A (2016) German national guideline on the management of pilonidal disease. *Langenbecks Arch Surg* 401:599-609
65. Irkörücü O (2016) Management for pilonidal disease: Before you compare, use a classification system. *Asian J Surg* 39:260-261
66. Jensen SL, Harling H (1988) Prognosis after simple incision and drainage for a first-episode acute pilonidal abscess. *Br J Surg* 75:60-61
67. Johnson EK, Vogel JD, Cowan ML, Feingold DL, Steele SR (2019) The American Society of Colon and Rectal Surgeons' Clinical Practice Guidelines for the Management of Pilonidal Disease. *Dis Colon Rectum* 62:146-157
68. Kahl H, Schaffrath Rosario A, Schlaud M (2007) Sexuelle Reifung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 50:677-685
69. Kallet HI (1940) Pilonidal Sinus. *Am J Surg* 50:648-652
70. Kanat BH, Girgin M (2013) Increased frequency of etiologic factor in Pilonidal disease: Computer. *Deu Med J* 27:59-61
71. Kandamany N, Mahaffey PJ (2008) The importance of hair control and personal hygiene in preventing recurrent pilonidal sinus disease. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 61:986-987
72. Karahan Ö, Eryilmaz MA, Torun V, Sevinç B, Köksal H, Aksoy F, Ay S (2010) Is the increase in the number of pilonidal sinus surgery normal? *Turk J Surg* 26:207-211
73. Karydakis G (1973) The problem of pilonidal cyst in the Greek Armed Forces (Greek). *Hell Arm Forces Med Rev* 7:512-520
74. Karydakis GE (1973) New approach to the problem of pilonidal sinus. *Lancet* 2:1414-1415
75. Karydakis GE (1992) Easy and successful treatment of pilonidal sinus after explanation of its causative process. *Aust N Z J Surgery* 62:385-389
76. Kooistra HP (1942) Pilonidal sinuses - review of literature and report of 350 cases. *Am J Surg* 55:3-17
77. Liao LY, Li TS, Chen HC (2018) Idea and innovation: Secure fixation between dermis and periosteum using perforator flap to prevent recurrence of pilonidal sinus disease. *Int Wound J* 16:862-865
78. Limongelli P, Bruscianno L, Di Stazio C, del Genio G, Tolone S, Lucido FS, Amoroso V, D'Alessandro A, Docimo G, Docimo L (2014) D-shape asymmetric and symmetric excision with primary closure in the treatment of sacrococcygeal pilonidal disease. *Am J Surg* 207:882-889
79. Liyanage A, Woods Y, Javed MA, Deftly C, Shaban H, Kalaiselvan R, Rajaganeshan R (2020) Laser depilation as adjuvant therapy in prevention of recurrence of pilonidal sinus disease: initial experience of a district general hospital in the UK. *Ann R Coll Surg Engl* 00:1-4

80. Luedi MM, Schober P, Stauffer VK, Diekmann M, Doll D (2020) Global Gender Differences in Pilonidal Sinus Disease: A Random-Effects Meta-Analysis. *World J Surg* 44:3702–3709
81. Lundhus E, Gottrup F (1993) Outcome at three to five years of primary closure of perianal and pilonidal abscess. A randomised, double-blind clinical trial with a complete three-year followup of one compared with four days' treatment with ampicillin and metronidazole. *Eur J Surg* 159:555-558
82. Makki A, Ghanem A, Hammouda AH (2001) Pilonidal sinus of the nose. *Qatar Med J* 10:49-51
83. Mayo H (1833) *Observations on injuries and diseases of the rectum* (London, Burgess & Hill).
84. McCallum I, King PM, Bruce J (2009) Healing by primary versus secondary intention after surgical treatment for pilonidal sinus. *Cochrane Database Syst Rev*:CD006213
85. Meinero P, Mori L, Gasloli G (2014) Endoscopic pilonidal sinus treatment (E.P.Si.T.). *Tech Coloproctol* 18:389-392
86. Miyata T, Toh H, Doi F, Torisu M (1992) Pilonidal sinus on the neck. *Surg Today* 22:379-382
87. Mohamed HA, Kadry I, Adly S (2005) Comparison between three therapeutic modalities for non-complicated pilonidal sinus disease. *Surgeon* 3:73-77
88. Obedman M, Vaticon D (1993) Pilonidal sinus: a high-incidence disease among adolescents. *Int J Adolesc Med Health* 6:21-36
89. Oetzmann von Sochaczewski C, Gödeke J (2021) Pilonidal sinus disease on the rise: a one-third incidence increase in inpatients in 13 years with substantial regional variation in Germany. *Int J Colorectal Dis* 36:2135-2145
90. Ohtsuka H, Arashiro K, Watanabe T (1994) Pilonidal sinus of the axilla: report of five patients and review of the literature. *Ann Plast Surg* 33:322-325
91. Ommer A, Doll D, Iesalnieks I (2019) Nachbehandlung bei Sinus pilonidalis. *coloproctology* 41:179-184
92. Ommer A, Iesalnieks I, Doll D (2020) S3-Leitlinie: Sinus pilonidalis, 2. revidierte Fassung 2020. *coloproctology* 43:25-73
93. Oram Y, Kahraman F, Karıncaoglu Y, Koyuncu E (2010) Evaluation of 60 patients with pilonidal sinus treated with laser epilation after surgery. *Dermatol Surg* 36:88-91
94. Parent AS, Teilmann G, Juul A, Skakkebaek NE, Toppari J, Bourguignon JP (2003) The Timing of Normal Puberty and the Age Limits of Sexual Precocity: Variations around the World, Secular Trends, and Changes after Migration. *Endocr Rev* 24:668-693
95. Patey DH, Scarff RW (1948) Pilonidal sinus in a barber's hand with observations on postanal pilonidal sinus. *Lancet* 2:13-14
96. Patey DH (1969) A reappraisal of the acquired theory of sacrococcygeal pilonidal sinus and an assessment of its influence on surgical practice. *Br J Surg* 56:463-466

97. Peters N (2018) Das operative Therapiespektrum des Sinus pilonidalis der Krankenhäuser in Deutschland. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin, Universität des Saarlands, Homburg/Saar.
98. Peters N, Ramm A, Doll D (2019) Kosten der Operationsverfahren des Pilonidalsinus. *coloproctology* 41:127-130
99. Petersen S, Koch R, Stelzner S, Wendlandt TP, Ludwig K (2002) Primary closure techniques in chronic pilonidal sinus: a survey of the results of different surgical approaches. *Dis Colon Rectum* 45:1458–1467
100. Petersen S, Wietelmann K, Evers T, Huser N, Matevossian E, Doll D (2009) Long-term effects of postoperative razor epilation in pilonidal sinus disease. *Dis Colon Rectum* 52:131-134
101. Petersen S (2019) Pilonidal Sinus Disease; What is the Best Treatment Option? *Zentralbl Chir* 144:341-348
102. Poorghasem J, Mahoori A (2012) The effect of body mass index on relapse of pilonidal sinus disease in adult patients. *Zahedan J Res Med Sci* 14:23-25
103. Pronk AA, Eppink L, Smakman N, Furnee EJB (2017) The effect of hair removal after surgery for sacrococcygeal pilonidal sinus disease: a systematic review of the literature. *Tech Coloproctol* 22:7-14
104. Rashid AM, Williams RM, Parry D, Malone PR (1992) Actinomycosis associated with pilonidal sinus of the penis. *J Urol* 148:405-406
105. Sahin A, Olcucuoglu E, Seker D, Kulacoglu H (2014) The effect of using methylene blue in surgical treatments of pilonidal disease: a prospective randomized study. *Eur Surg* 46:148-154
106. Salih AM, Mohammed SH, Mustafa MQ, Essa RA, Kakamad FH, Mikael TM, Omar DA, Mohammed KK, Hassan HA, Aziz MS, Usf DC, Najjar KA, Salih KM (2020) Bilateral inframammary pilonidal sinus: A case report with literature review. *Int J Surg Case Rep* 67:18-20
107. Senapati A, Cripps NP, Flashman K, Thompson MR (2011) Cleft closure for the treatment of pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 13:333-336
108. Sewefy AM, Hassanen A, Atyia AM, Saleh SK (2017) Karydakís Flap With Compressing Tie-over Interrupted Sutures Without Drain versus Standard Karydakís for Treatment of Sacrococcygeal Pilonidal Sinus Disease. *Dis Colon Rectum* 60:514-520
109. Sievert H, Evers T, Matevossian E, Hoenemann C, Hoffmann S, Doll D (2013) The influence of lifestyle (smoking and body mass index) on wound healing and long-term recurrence rate in 534 primary pilonidal sinus patients. *Int J Colorectal Dis* 28:1555-1562
110. Sion-Vardy N, Osyntsov L, Cagnano E, Osyntsov A, Vardy D, Benharroch D (2009) Unexpected location of pilonidal sinuses. *Clin Exp Dermatol* 34:e599-601
111. Sondenaa K, Andersen E, Nesvik I, Soreide JA (1995) Patient characteristics and symptoms in chronic pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 10:39-42

112. Staender S, Davies J, Helmreich B, Sexton B, Kaufmann M (1997) The anaesthesia critical incident reporting system: an experience based database. *Int J Med Inform* 47:87-90
113. Stauffer VK, Luedi MM, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, Wieferich K, Schnueriger B, Doll D (2018) Common surgical procedures in pilonidal sinus disease: A meta-analysis, merged data analysis, and comprehensive study on recurrence. *Nature Sci Rep* 8:1-27
114. Stelzner F (1984) Causes of pilonidal sinus and pyoderma fistulans sinifica. *Langenbecks Arch Chir* 362:105-118
115. Tezel E (2007) A new classification according to navicular area concept for sacrococcygeal pilonidal disease. *Colorectal Dis* 9:575-576
116. Tourneux F, Herrmann G (1887) Sur la persistance de vestiges medullaires coccygiens pendant toute la periode foetal chez l'homme et sur la role de ces vestiges dans la production des tumeurs sacro-coccygiennes congenitales. *J Anat Physiol (Paris)* 23:498
117. van Bemmelen CM, Schok T, Elshof JWM (2018) Interdigital pilonidal sinus of the foot: a peculiar place for a common lesion. *Ned Tijdschr Geneesk* 162:D2400
118. Vazquez BG, Alikhan A, Weaver AL, Wetter DA, Davis MD (2013) Incidence of hidradenitis suppurativa and associated factors: a population-based study of Olmsted County, Minnesota. *J Investig Derm* 133:97–103
119. Weale FE (1964) A Comparison of Barber's and Postanal Pilonidal Sinuses. *Br J Surg* 51:513-516
120. Weiß C (2013) *Basiswissen Medizinische Statistik*, 6 edn, Springer-Verlag).
121. Wilke MH, Höcherl E, Scherer J, Janke L (2001) Die Einführung des neuen DRG-basierten Entgeltsystems in Deutschen Krankenhäusern – Eine schwierige Operation? Erfahrungen und Lösungsansätze aus der Sicht der Unfallchirurgie. *Der Unfallchirurg* 104:372-379
122. Wolfe SA (1975) Alexander A. Limberg, M.D. 1894-1974. *Plastic and reconstructive surgery* 56:239-240
123. Wysocki AB, Anderson RE, Gips M, Girgin M, Guner A, Immerman SC, Kanat BH, Kayaalp C, Milone M, Petersen S, Senapati A, Tezel E, Doll D (2018) Towards a classification for sacrococcygeal pilonidal disease – Berlin 2017. *PSJ* 4:5-12
124. Wysocki AP (2019) Primary open treatment of sacrococcygeal pilonidal disease. *Coloproctology* 41:106-109
125. Yang TS, Chi CC, Tsai CJ, Chang MJ (1978) Diphenylhydantoin teratogenicity in man. *Obstet Gynecol* 52:682-684
126. Yuksel ME (2019) Standardization of modified Limberg flap technique by using an acetate template for the treatment of pilonidal disease. *Our Dermatol Online* 10:112-115
127. Yuksel ME, Tamer F (2019) Phenol Is Prohibited for the Treatment of Pilonidal Disease in Germany, Why Not in the United States? *Dis Colon Rectum* 62:e416

128. Zerboni R, Moroni P, Cannavo SP, Monti M (1990) Interdigital pilonidal sinus in barbers. *Med Lav* 81:138-141

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Flussdiagramm zur Visualisierung der Einschlusskriterien im Rahmen der Datenerhebung (113) .....	23
Abbildung 2: Rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb des gesamten untersuchten Patientenkollektivs in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in Monaten).....	34
Abbildung 3: Einfluss verschiedener Faktoren auf die Rezidivrate des Pilonidalsinus (Ranking-Analyse) .....	36
Abbildung 4: Anteil der publizierten Methylenblauverwendung (MB+) an allen publizierten PSD-Operationen mit Information über Methylenblaucinsatz in Abhängigkeit von der Dekade der OP (geglättet über 4 Werte).....	37
Abbildung 5: Normierter Einfluss der Dekade der OP auf die rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in Monaten) .....	38
Abbildung 6: Rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der verschiedenen Verfahrensgruppen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in Monaten) (42).....	40
Abbildung 7: Entwicklung der PSD-Inzidenz im Mittelmeerraum über die Jahre .....	44
Abbildung 8: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter Soldaten aus dem Mittelmeerraum über die Jahre .....	45
Abbildung 9: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter Soldaten über die Jahre .....	46
Abbildung 10: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter Nicht-Soldaten im mediterranen Raum über die Jahre.....	47
Abbildung 11: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter nicht-mediterranen Soldaten über die Jahre.....	48
Abbildung 12: Entwicklung der PSD-Inzidenz unter Nicht-Soldaten im nicht-mediterranen Raum über die Jahre.....	49
Abbildung 13: PSD-Inzidenz pro 100.000 Personen in Abhängigkeit von der Studienpopulation [n] .	50
Abbildung 14: Zeitliche Entwicklung der jährlichen stationären Gesamtoperationszahlen der Diagnose Pilonidalsinus in Deutschland pro 100.000 Einwohner (Zahlen: statistisches Bundesamt) .....	51
Abbildung 15: Absolute Anzahl der abgeschlossenen stationären PSD-Therapien in Großbritannien zwischen 1999 und 2019 (jährlich angepasst) [Wysocki, P., 2020, unpublished] .....	52
Abbildung 16: Absolute Anzahl der Krankenhausentlassungen mit der Diagnose Pilonidalsinus in Neuseeland zwischen den Jahren 2005 und 2017 (jährlich angepasst) [Wysocki, P., 2020, unpublished] .....	53
Abbildung 17: Zeitliche Entwicklung der Patiententage und Entlassungen mit der Diagnose „akut abszedierender Pilonidalsinus“ zwischen 1993 und 2018 in Australien [Wysocki, P., 2020, unpublished] .....	54
Abbildung 18: PSD-Inzidenz in Israel innerhalb der männlichen, weiblichen und Gesamtbevölkerung zwischen 2005 und 2018 [Gips, M., 2020, unpublished].....	55

Abbildung 19: Anzahl der publizierten PSD-Patienten in Abhängigkeit von der Dekade der OP (44)	56
Abbildung 20: Länderspezifische Anzahl der publizierten PSD-Patienten in Abhängigkeit von der Dekade der OP (geglättet über 4 Werte) (80).....	57
Abbildung 21: Rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der verschiedenen Verfahrensgruppen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in Monaten; normiert)...	97

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: „PLLATIN“-Klassifikation (39) .....	15
Tabelle 2: Datensätze und Zusatzinformationen der Excel-Dokumentation sowie verwendete Spaltenkopftitel.....	24
Tabelle 3: Einteilung der verschiedenen Therapiemethoden in Verfahrensgruppen im Rahmen der statistischen Analyse (113) sowie die dazugehörigen 5- und 10-Jahres-Rezidivraten.....	41
Tabelle 4: Anzahl der PSD-Inzidenzen im Mittelmeerraum .....	45
Tabelle 5: Anzahl der Soldaten-assoziierten PSD-Inzidenzen im Mittelmeerraum.....	46
Tabelle 6: Anzahl der Soldaten-assoziierten PSD-Inzidenzen .....	46
Tabelle 7: Anzahl der PSD-Inzidenzen unter Nicht-Soldaten im Mittelmeerraum .....	47
Tabelle 8: Anzahl der Soldaten-assoziierten PSD-Inzidenzen außerhalb des Mittelmeerraumes .....	48
Tabelle 9: Anzahl der PSD-Inzidenzen unter Nicht-Soldaten im Mittelmeerraum .....	49
Tabelle 10: Anteil der PSD-Rezidivoperationen an allen PSD-Operationen pro Dekade der OP [Doll, D., 2021, unpublished] .....	98
Tabelle 11: Übersicht der auffindbaren Literatur mit Informationen zur PSD-Inzidenz zwischen 1833 und 2017 .....	99
Tabelle 12: Verlauf der vollstationären PSD-Fallzahlen der Bundesrepublik Deutschland von 2000 bis einschließlich 2019 (20) .....	102

## 9 Anhang

### 9.1 Ländergruppenzuordnung

Mittelmeerraum	Türkei Italien Ägypten Spanien Israel Griechenland Libanon Kroatien Bosnien und Herzegowina Marokko Serbien Portugal
Nordeuropa	Vereinigtes Königreich (Großbritannien) Deutschland Schweiz Frankreich Norwegen Russland Dänemark Österreich Tschechien Niederlande Schweden Irland Polen Rumänien Nordirland Ungarn Belgien Ukraine Slowenien
Nordamerika	Vereinigte Staaten von Amerika (USA) Kanada
Südamerika	Chile Argentinien Brasilien Venezuela Uruguay
Asien	Japan Singapur China Indonesien Korea Malaysia Südkorea
Indoarabien <sup>12</sup>	Indien Iran Saudi-Arabien Pakistan Kuwait Irak Vereinigte Arabische Emirate (UAE) Taiwan Katar Jordanien
Australien	Australien Neuseeland

---

<sup>12</sup> keine offizielle Bezeichnung; im Rahmen dieser Dissertation gewählter zusammenfassender Begriff der Länder im indischen und arabischen Raum

## 9.2 Fragebogen zur Übersetzung fremdsprachiger Texte

Title:

Name of the author:

Year of publication:

In which journal has this article been published?

In which country does the author live?

How many patients were already in recurrence before surgery?

At what time were the first and last patient recruited?

Which surgical method was used by the surgeon?

How many patients participated in this study?

How long was the follow-up-time after the operation?

Does the article give us some information about the classification of the follow-up-time? Median, mean or range? How long was the follow-up-time?

How many patients came back to hospital for the follow-up examination? How many were lost for follow-up?

How many patients got a recurrence?

What was the mean age of the study participants?

What was the mean body-mass-index (BMI)?

How many women, how many men were included in this study?

Is the article based on retrospective or prospective data?

Is the study randomised?

Did the patient get any dye (e.g. methylene blue) during the operation?

Did the patient get a surgical drain in the end of the operation?

### 9.3 Weitere Abbildungen und Tabellen

#### 9.3.1 Einfluss des Operationsverfahrens auf die Rezidivrate (normiert)

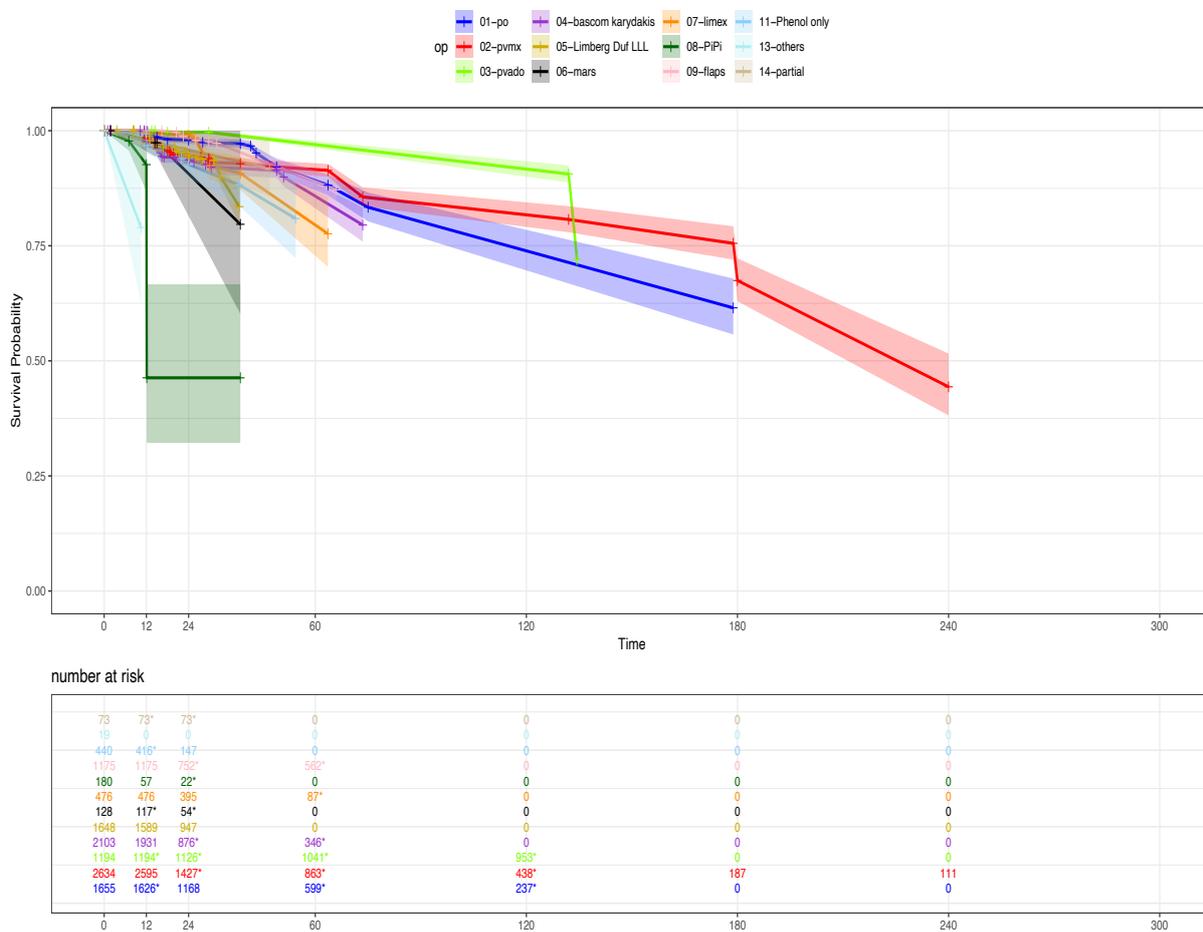


Abbildung 21: Rezidivfreie Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der verschiedenen Verfahrensgruppen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in Monaten; normiert)

### 9.3.2 Anteil der Pilonidalsinusrezidivoperationen

Tabelle 10: Anteil der PSD-Rezidivoperationen an allen PSD-Operationen pro Dekade der OP [Doll, D., 2021, unpublished]

<b>Dekade der OP</b>	<b>Anzahl der Patienten mit PSD-Rezidiv</b>	<b>Anzahl aller PSD-Patienten</b>	<b>Anteil der PSD-Rezidive an allen PSD-Patienten</b>
1930	130	6.439	2%
1940	1.107	8.098	14%
1950	494	5.360	9%
1960	205	9.223	2%
1970	763	15.870	5%
1980	318	11.338	3%
1990	1.075	15.022	7%
2000	3.548	42.537	8%
2010	1.574	25.450	6%
<b>Gesamt</b>	<b>9.214</b>	<b>139.337</b>	<b>7%</b>

### 9.3.3 Publikationen mit Pilonidalsinusinzidenzen

Tabelle 11: Übersicht der auffindbaren Literatur mit Informationen zur PSD-Inzidenz zwischen 1833 und 2017

Autor	Jahr der Publikation	Journal	Land	Jahr	Kollektivgröße [n]	Inzidenz pro 100.000 Personen	Soldat	Mediterran
Campbell	2002	Ann R Coll Surg Engl	UK	1974	281.000	7	nein	nein
Campbell	2002	Ann R Coll Surg Engl	UK	1978	288.285	10	nein	nein
Campbell	2002	Ann R Coll Surg Engl	UK	1982	295.850	14	nein	nein
Campbell	2002	Ann R Coll Surg Engl	UK	1984	300.938	28	nein	nein
Campbell	2002	Ann R Coll Surg Engl	UK	1990	319.651	27	nein	nein
Campbell	2002	Ann R Coll Surg Engl	UK	1994	326.457	28	nein	nein
Campbell	2002	Ann R Coll Surg Engl	UK	1998	335.485	32	nein	nein
Sondenaa	1995	Int J Colorectal Dis	Norwegen	1989	250.000	26	nein	nein
Duman	2016	Asian J Surg	Türkei	2013	19.013	6.600	nein	ja
Dwight/Cowan	1953	New Engl J Med	USA	1951,5	31.497	1.158	nein	nein
Dwight/Cowan	1953	New Engl J Med	USA	1951,5	21.367	112	nein	nein
Karydakis	1992	Aust N Z J Surg	Griechenland	1974	k.A.	25.800	ja	ja
Karydakis	1992	Aust N Z J Surg	Griechenland	1992	k.A.	31.500	ja	ja
Karydakis	1973	Hell Arm Forces Med Rev	Griechenland	1940	26	8	ja	ja
Karydakis	1973	Hell Arm Forces Med Rev	Griechenland	1973	42	57	ja	ja
Karydakis	1973	Hell Arm Forces Med Rev	Griechenland	1971,5	21.800	15.298	ja	ja
Karydakis	1973	Hell Arm Forces Med Rev	Griechenland	1971	7.500	25.600	ja	ja
Karydakis	1973	Hell Arm Forces Med Rev	Griechenland	1973	7.500	30.000	ja	ja
Karydakis	1973	Hell Arm Forces Med Rev	Griechenland	1960	23.400	4.900	ja	ja
Karydakis	1973	Hell Arm Forces Med Rev	Griechenland	1971	8.704	14.800	ja	ja
Karydakis	1973	Hell Arm Forces Med Rev	Griechenland	1967,5	1.029.540	135	ja	ja
Akinci	1999	Eur J Surg	Türkei	1996	1.000	8.800	ja	ja
Evers	2009	Amb Chir	Deutschland	2008	247.619	300	ja	nein
Evers	2011	Zhonghua Wai Ke Za Zhi	Deutschland	1985	478.000	30	ja	nein
Evers	2011	Zhonghua Wai Ke Za Zhi	Deutschland	1996	363.500	100	ja	nein
Evers	2011	Zhonghua Wai Ke Za Zhi	Deutschland	2007	249.000	240	ja	nein
AFHSC	2013	Medical Surveillance Monthly Report MSMR	USA	2006	35.517	190	ja	nein
Akbari	2012	Iran J Public Health	Iran	2010	105.912	141	nein	ja
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2007	82.217.837	31	nein	nein
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2008	82.002.356	33	nein	nein
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2009	81.802.257	34	nein	nein
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2010	81.751.602	35	nein	nein
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2011	80.327.900	37	nein	nein

Autor	Jahr der Publikation	Journal	Land	Jahr	Kollektivgröße [n]	Inzidenz pro 100.000 Personen	Soldat	Mediterran
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2012	80.523.746	39	nein	nein
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2013	80.767.463	38	nein	nein
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2014	81.197.537	38	nein	nein
Ardelt	2017	Chirurg	Deutschland	2015	82.175.684	37	nein	nein
Doll	1985	k.A.	Deutschland	1985	478.000	30	ja	nein
Doll	2007	k.A.	Deutschland	2007	249.000	240	ja	nein
Doll	2007	k.A.	Deutschland	2007	24.200.000	45	nein	nein
Doll	2015	PSJ	Deutschland	2000	k.A.	50	nein	nein
Doll	2015	PSJ	Deutschland	2012	k.A.	98	nein	nein
Nazarian	1987	Sov Med	Russland	1987	5.132	1.440	nein	nein
Sekmen	2010	Turk J Surg	Türkei	2007,5	1.000	6.100	ja	ja
Clark	1946	J Indiana State Med Assoc	USA	1941	700.000	48	nein	nein
Kooistra	1942	Am J Surg	USA	1935	313.285	112	nein	nein
Pickett	1942	Am J Surg	USA	1941	30.000	100	ja	nein
Pickett	1942	Am J Surg	USA	1942	k.A.	900	nein	nein
Pickett	1942	Am J Surg	USA	1942	k.A.	500	ja	nein
Johnson	1938	J Nerv Ment Dis	USA	1938	1.000	3.400	nein	nein
Heurtaux	1882	Soc de chirurgie	Frankreich	1882	960	4.500	nein	nein
Hopping	1954	Am J Surg	USA	1954	k.A.	3.800	nein	nein
Carrasco	2000	Ambul Surg	Spanien	1996	832	23.200	nein	ja
Franckowiak	1962	Dis Colon Rectum	USA	1953,5	3.700	27	nein	nein
Khodakaram	2016	World J Surg	Schweden	2013,5	243	36	nein	nein
Levinson	2016	Mil Med	Israel	2007	k.A.	18	ja	ja
Breidenbach	1935	Ann Surg	USA	1930	481.384	59	nein	nein
Winkler	1912	Wien Klin Wochenschr	k.A.	1912	19.000	167	nein	nein
Wette	1894	Arch f klin Chir	k.A.	1894	15.000	47	nein	nein
McKirdie	1938	Ann Surg	USA	1931,5	149.913	64	nein	nein
Obedman	1993	Int J Adolesc Med Health	Spanien	1980,5	14.960	1.070	nein	ja
Parker	1951	Am J Proctol	USA	1947,5	10.992	4.000	ja	nein
Buie	1937	k.A.	USA	1937	3.700	27	k.A.	nein
Sebrechts	1961	Dis Colon Rectum	USA	1957	5.477	15.400	ja	nein
U.S. Navy	1956	Statistics of Navy Medicine	USA	1952,5	k.A.	411	ja	nein
Vazquez	2013	J Invest Dermatol	USA	1988	268	6.000	nein	nein
Zimova	2015	Czech Medical Association J.E. Purkyne	Tschechien	2015	k.A.	26	nein	nein
Hori	1984	Nihon Geka Hokan	Japan	1984	3.000	33	nein	nein
Nasr	2011	Can J Surg	Kanada	2011	k.A.	120	nein	nein
Blackwell	1959	Bull Tulane Univ Med Fac	USA	1959	1.407	1.600	nein	nein
Favre	1964	k.A.	USA	1943,5	2.900.000	300	ja	nein
Favre	1964	k.A.	Frankreich	1962,5	k.A.	160	ja	nein
Favre	1964	Mem Acad Chir (Paris)	Frankreich	1963,5	k.A.	970	ja	nein

<b>Autor</b>	<b>Jahr der Publikation</b>	<b>Journal</b>	<b>Land</b>	<b>Jahr</b>	<b>Kollektivgröße [n]</b>	<b>Inzidenz pro 100.000 Personen</b>	<b>Soldat</b>	<b>Mediterran</b>
Powell	1975	J Pediatr	USA	1973,5	1.997	1.100	nein	nein
Yücesan	1993	Eur J Epidemiol	Türkei	1993	19.750	263	nein	ja
Davage	1954	Am J Pathol	USA	1954	k.A.	200	nein	nein
Aysan	2013	Surg Today	Türkei	2010	432	9.400	nein	ja

### 9.3.4 Vollstationäre Pilonidalsinusfallzahlen in Deutschland

Tabelle 12: Verlauf der vollstationären PSD-Fallzahlen der Bundesrepublik Deutschland von 2000 bis einschließlich 2019 (20)

Quelle	Jahr der Inzidenz	Bevölkerungszahl	Inzidenz pro 100.000 Einwohner
GBE-Bund	2019	83.166.711	35
GBE-Bund	2018	83.019.213	36
GBE-Bund	2017	82.792.351	37
GBE-Bund	2016	82.521.653	38
GBE-Bund	2015	82.175.684	37
GBE-Bund	2014	81.197.537	39
GBE-Bund	2013	80.767.463	38
GBE-Bund	2012	80.523.746	39
GBE-Bund	2011	80.327.900	37
GBE-Bund	2010	81.751.602	35
GBE-Bund	2009	81.802.257	34
GBE-Bund	2008	82.002.356	32
GBE-Bund	2007	82.217.837	30
GBE-Bund	2006	82.314.906	29
GBE-Bund	2005	82.437.995	27
GBE-Bund	2004	82.500.849	27
GBE-Bund	2003	82.531.671	29
GBE-Bund	2002	82.536.680	27
GBE-Bund	2001	82.440.309	25
GBE-Bund	2000	82.259.540	23

## 10 Danksagung

Zuallererst möchte ich mich von ganzem Herzen bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Dr. Dietrich Doll bedanken, der mir dieses spannende Thema überlassen und mich während der gesamten Zeit hervorragend betreut hat. Er war stets erreichbar für Ideen, Fragen aber auch bei Unklarheiten und hat mir über den gesamten Zeitraum die nötige Portion Motivation und Humor entgegengebracht.

Ebenfalls danke ich Katharina Maier und Anne König, die immer ein offenes Ohr für mich hatten.

Im Vehtaer Institut für Forschungsförderung hatte ich jederzeit die Möglichkeit, die dort vorhandenen Literatur- und Graphikprogramme zu nutzen, wofür ich mich ebenfalls herzlich bedanken möchte.

Darüber hinaus danke ich Herrn Dr. Peter Kauf (CEO des Unternehmens „Prognosis AG“) für die Tiefenauswertung meiner Daten, der Erstellung einer umfangreichen und anschaulichen Statistik sowie für die große Mühe bei der Beantwortung all meiner statistischen Fragen.

Einen weiteren Dank möchte ich an die chirurgischen Kolleginnen und Kollegen richten, die mich bei der Auswertung der fremdsprachigen Literatur im Rahmen der Datensammlung unterstützt und so einen wichtigen Beitrag zur Größe des Patientenkollektivs geleistet haben. Hier besonders zu erwähnen sind Dr. A. Guner, Dr. R. Andersson, Dr. O. Gül, Dr. J. Örhalmi, Dr. M. Bubenová, Dr. M. Milone, Dr. D. Segre, Dr. C. Kayaaalp, Dr. K. Gündoğdu sowie Prof. Dr. M. Hacıyanlı.

Besonderen Dank möchte ich an meine Eltern Marianne und Dirk richten, die mich von Anfang an darin bestärkt haben, niemals aufzugeben, und die mir stets motivierend zur Seite standen.

## 11 Publikationen mit Co-Autorenschaft

1. Doll D, Orlik A, Maier K, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, Vogt AP, Stauffer VK, Luedi MM (2019) Impact of geography and surgical approach on recurrence in global pilonidal sinus disease. *Sci Rep* 9:1-24
2. Doll D, Stauffer V, Diekmann M, Wyk PV, Luedi MM (2020) Turkey is leading in the 21st century pilonidal sinus disease research. *Turk J Surg* 36:284-290
3. Luedi MM, Schober P, Stauffer VK, Diekmann M, Anderegg L, Doll D (2021) Gender-specific prevalence of pilonidal sinus disease over time: A systematic review and meta-analysis. *ANZ J Surg* 91:1582-1587
4. Luedi MM, Schober P, Stauffer VK, Diekmann M, Doll D (2020) Global Gender Differences in Pilonidal Sinus Disease: A Random-Effects Meta-Analysis. *World J Surg* 44:3702–3709
5. Stauffer VK, Luedi MM, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, Wieferrich K, Schnueriger B, Doll D (2018) Common surgical procedures in pilonidal sinus disease: A meta-analysis, merged data analysis, and comprehensive study on recurrence. *Nature Sci Rep* 8:1-27

OPEN

# Impact of geography and surgical approach on recurrence in global pilonidal sinus disease

Dietrich Doll<sup>1\*</sup>, Andriu Orlik<sup>2</sup>, Katharina Maier<sup>1</sup>, Peter Kauf<sup>3</sup>, Marco Schmid<sup>3</sup>, Maja Diekmann<sup>1</sup>, Andreas P. Vogt<sup>2</sup>, Verena K. Stauffer<sup>4</sup> & Markus M. Luedi<sup>2</sup>

Pilonidal sinus disease (PSD) is increasing globally. A recent meta-analysis and merged-data analysis showed that recurrence rates in PSD depend essentially on follow-up time and specific surgical procedures. However, the global distribution of surgical approaches and respective recurrence rates have never been studied in PSD. We aimed at studying the impact of geographic distribution of surgical approaches to treat PSD and subsequent geography-specific recurrence rates. We searched relevant databases as described previously. Recurrence rates were then associated with reported follow-up times and geographic origin. We simulated individual patients to enable analogy across data. Globally, recurrence rates range from 0.3% for Limberg/Dufourmental approaches (95% CI 0.2–0.4) and flaps (95% CI 0.1–0.5) and up to 6.3% for incision (95% CI 3.2–9.3) at 12 months. Recurrence rates range from 0.3% for Karydakis/Bascom approaches (95% CI 0.0–0.8) up to 67.2% for incision (95% CI 7.5–100) in the USA, and 0.0% for primary asymmetric closure in Germany (95% CI 0.0–0.0). Our analysis shows that recurrence rates in PSD not only depend on therapeutic approaches and follow-up time but also on geography. Primary asymmetric closure and various flap techniques remain superior regardless of the geographical region. Some approaches have extraordinarily good outcomes in specific countries.

The incidence of pilonidal sinus disease is increasing globally. About 100/100,000 inhabitants per year are affected in Germany<sup>1</sup>, with even higher numbers reported for Turkey<sup>2</sup>. Since 2013, American, German and Italian societies have published guidelines on best clinical practice<sup>3–5</sup>. While debate over the disease's etiology and pathomechanisms is ongoing<sup>6–9</sup>, we showed recently that recurrence rates in PSD depend essentially on follow-up time and the specific surgical procedure used<sup>10</sup>. In a meta-analysis and merged-data analysis of surgical treatment options, follow-up times, and recurrence rates in 89,583 patients, recurrence after Limberg/Dufourmental operations was as low as 0.6% at 12 months and 1.8% at 24 months postoperatively. Recurrence after Karydakis/Bascom procedures was 0.2% (95% CI 0.1–0.3%) at 12 months and 0.6% (95% CI 0.5–0.8%) at 24 months postoperatively. Primary midline closure after 240 months was associated with recurrence rates of 67.9% (95% CI 53.3–82.4%)<sup>10</sup> (Table 1).

Geography – and thereby specific genetic mechanisms, healthcare settings and socioeconomic factors – has been shown to affect manifold diseases, and must be considered when studying a disease worldwide<sup>11,12</sup>. However, the global distribution of surgical approaches and the geography of recurrence rates have never been assessed in PSD, one of the most frequent surgical diagnoses<sup>1</sup>.

We therefore studied the impact of geographic distribution of surgical approaches on the treatment of PSD and the associated recurrence rates in order to evaluate the quality of selected procedures. We used our previously established database of publications from the years 1833–2017 to study PSD treatment strategies, follow-up time, and country of origin<sup>10</sup>. We hypothesized that geography affects recurrence rates in PSD and an extensive analysis of data will allow specific recommendations for different geographic regions.

<sup>1</sup>Department of Procto-Surgery, St. Marien-Krankenhaus Vechta, Teaching Hospital of the Hannover University, 49377, Vechta, Germany. <sup>2</sup>Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Inselspital, Bern University Hospital, University of Bern, 3010, Bern, Switzerland. <sup>3</sup>Biomedical Statistics PROGNOX AG, 8001, Zurich, Switzerland. <sup>4</sup>Sonnenhofspital, Lindenhofgruppe, 3010, Bern, Switzerland. \*email: [Dietrich.Doll@kk-om.de](mailto:Dietrich.Doll@kk-om.de)

Surgical method (total patients included)	12 months		24 months		60 months		120 months		Citations
	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	
Primary open (6351)	1.3 (1.0–1.7)	5715	4.2 (3.6–4.8)	3496	13.9 (12.2–15.6)	1222	28.1* (23.9–32.4)	241*	39–122
Primary median closure (15011)	3.1 (2.8–3.5)	12,484	8 (7.4–8.6)	6956	14.9 (13.8–15.9)	2505	27.9 (25.5–30.4)	631	20,34,27,28,31,34–38,44,48,48,52,54,56,57,59,61–66,67,73–78,81–84,86,89–91,93–100,106–108,115,118,121–249
Primary asymmetric closure (2538)	0.6 (0.3–0.9)	2432	1.1 (0.7–1.6)	1807	2.7 (1.9–3.6)	1205	6.3* (4.8–7.7)	937*	65,67,100,120,183,192,240–283
Karydaki/Bascom (6276)	0.5 (0.3–0.7)	5868	1.6 (1.2–2.0)	3630	6.3 (5.0–7.5)	853	NA	NA	14,31,39,41,49,65,78,88,135,163,172,184,189,192,195,199,200,202,262–336
Limberg/Dufourmental (11470)	0.3 (0.2–0.4)	10,937	1.5 (1.2–1.7)	7527	5.9* (5.1–6.7)	1638*	NA	NA	15,28,31,33,35,36,67,92,100,117,118,130,131,137,139,140,148,149,163,165,170,171,176,182,190–192,201,205,207,208,231–233,243,246,247,248,270,272–274,291,292,295,297,305–309,311–313,317–381
Marsupialization (1896)	2.2 (1.4–2.9)	1253	5.7 (4.2–7.1)	800	7.8* (5.9–9.6)	566*	NA	NA	30,37,46,69,69,89,73,77,78,89,97,104,110,113,115,119,125,207,208,320,399–416
Limited excision (3346)	5.1 (4.2–6.0)	2746	7.4 (6.2–8.5)	1810	13.1 (11.1–15.0)	804	NA	NA	31,34,52,60,61,69,75,82,87,96,98,103,112,116,126,138,170,187,212,220,229,240,286,299,311,344,396,414,417–436
Pit picking (5432)	2.8 (2.4–3.3)	5221	6.6* (5.9–7.4)	1962*	14.2 (12.5–15.9)	1401	NA	NA	14,32,55,68,309,193,216,278,298,309,437–452
Flaps (3073)	0.3 (0.1–0.5)	2902	1.1* (0.7–1.5)	1687*	6.4* (4.9–8.0)	708*	NA	NA	91,98,100,108,135,173,185,191,193,227,309,322,343,351,369,375,379,424,434,452–488
Incision and drainage (293)	6.3* (3.2–9.3)	259*	22.3 (15.8–28.9)	243	36.8* (26.3–47.2)	121*	NA	NA	33,52,55,77,104,212,223,253,469
Phenol only (1453)	1.6* (0.9–2.3)	1244*	14.7 (12.1–17.3)	687	NA	NA	NA	NA	53,76,114,342,365,385,406–505
Laser treatment (77)	2.2* (0.0–4.8)	74*	11.8* (0.8–22.9)	47*	NA	NA	NA	NA	59–598
Others (1363)	2.8 (1.9–3.8)	1247	6.6* (4.8–8.4)	624*	19.8 (15.7–23.8)	498	NA	NA	15,16,309,430,469,506–523
Partial closure (202)	0.6* (0.0–1.4)	202*	1.1* (0.0–2.5)	201*	11.2* (5.9–16.6)	161*	NA	NA	62,98,143

**Table 1.** Recurrence rates (RR) in different surgical approaches deriving from including all available studies from all geographical regions for 12, 24, 60, and 120 months follow-up time.

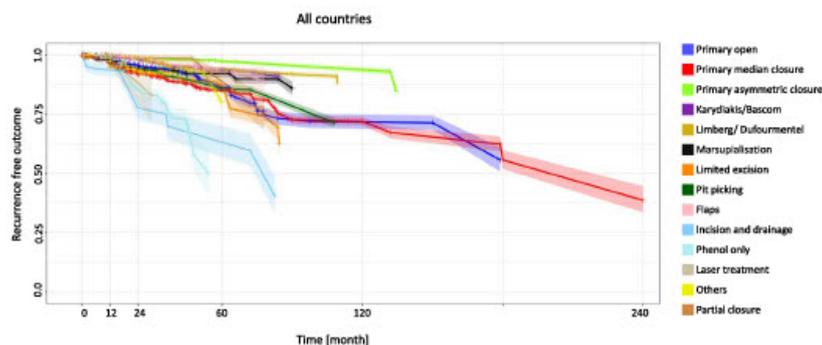
## Results

Our original search and processing strategy was described previously<sup>10</sup>. In brief, after exclusion of duplicates, we screened 5,768 studies across various databases. Data pertaining to malignancies, embryonic development, and body regions other than the presacral intergluteal location was additionally excluded, leaving 1,148 articles. Of these, 408 reports lacked data on follow-up time or on recurrence or both. Subsequently, data deriving from 740 studies was included in the merged data analysis<sup>10</sup>. The flow chart based on the preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) can be found in our first study; the same applies for the heterogeneity analysis of the data involved<sup>10</sup>.

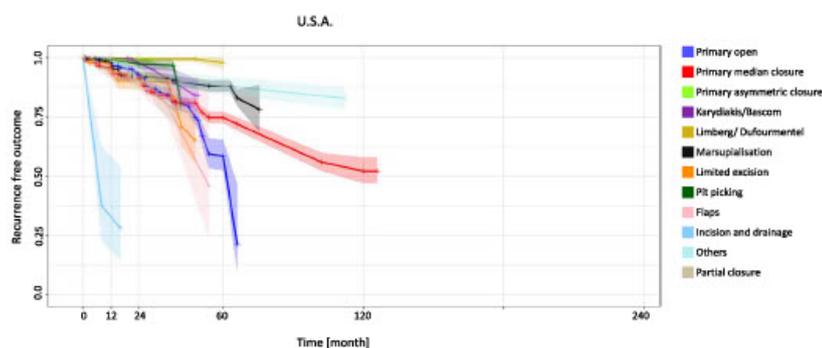
Looking at the overall results, the recurrence rates at 12 months ranged from 0.3% for the Limberg/Dufourmental approach (95% CI 0.2–0.4) and the flaps approach (95% CI 0.1–0.5) to 6.3% for the incision and drainage approach (95% CI 3.2–9.3). At 60 months, the incision and drainage approach showed the highest recurrence rate: 36.8% (95% CI 26.3–47.2) (Fig. 1, Table 1).

In the United States at 12 months the recurrence rates ranged from 0.3% for the Karydaki/Bascom approach (95% CI 0.0–0.8) to 67.2% for the incision and drainage approach (95% CI 7.5–100). The Limberg/Dufourmental approach showed the lowest recurrence rate at 60 months, with 2.3% (95% CI 0.0–4.9) (Fig. 2, Table 2).

In Germany, patients undergoing the primary asymmetric closure approach had no recurrence at 12 months (95% CI 0.0–0.0), whereas patients undergoing the pit-picking approach had a much higher recurrence rate of 21.0% (95% CI 16.7–25.3). At 120 months four surgical approaches showed recurrence below 20%: the primary open approach (10.0%) (95% CI 7.9–12.1), the primary median closure approach (16.1%) (95% CI 13.1–19.2), the primary asymmetric closure approach (7.1%) (95% CI 0.0–22.1) and the marsupialization approach (8.8%) (95% CI 2.0–15.5) (Fig. 3, Table 3).



**Figure 1.** All countries: Kaplan-Meier-estimator depicting recurrence free outcome of the study population as a function of follow-up time. The data used include all available studies from all geographical regions. 95% confidence intervals are shown by shaded lines. The number of patients at risk for 12, 24, 60, and 120 months follow-up time are shown in Table 1.



**Figure 2.** United States: Kaplan-Meier estimator depicting recurrence-free outcome of the study population as a function of follow-up time. The data used include all available studies from the United States. 95% confidence intervals are shown by shaded lines. The number of patients at risk of recurrence at 12, 24, 60, and 120 months of follow-up is shown in Table 2.

Patients in Turkey had very good outcomes with the flaps approach at 12 months (0.0% recurrence) (95% CI 0.0–0.0), but the incision and drainage approach was associated with recurrence of 39.4% at 12 months (95% CI 12.7–66.2) and 78.8% (95% CI 25.3–100) at 24 months (Fig. 4, Table 4).

Italy delivered outstanding results at 12 months for four procedures: recurrence was 0.0% for the primary open approach (95% CI 0.0–0.0), the primary asymmetric closure approach (95% CI 0.0–0.0), the Limberg/ Dufourmental approach (95% CI 0.0–0.0) and the flaps approach (95% CI 0.0–0.0). Recurrence was relatively low with the marsupialization approach at 12 months (4.1%) (95% CI 0.5–7.7) and with the primary asymmetric closure approach at 120 months (3.6%) (95% CI 2.4–4.8) (Fig. 5, Table 5). Similar specifics can be shown for additional countries and regions such as Australia, New Zealand, Greece and Asia (Supplemental Figs 1–3, Supplemental Tables 1–3).

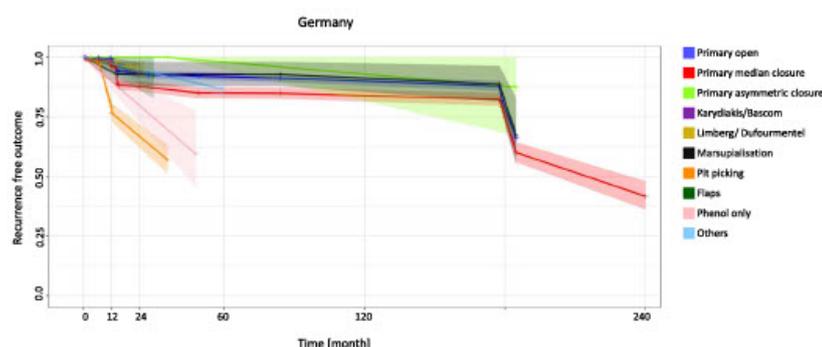
Figures 6 and 7 provide an overview of recurrence rates of all procedures studied after 12 and 60 months in various geographic settings.

## Discussion

We analyzed global data of more than 80,000 PSD patients for the years 1833 to 2017. Whereas in our previous study we only looked at follow-up time dependent recurrence rates of different surgical procedures, we now analyzed the geography's impact on recurrence rates. Most of the patients analyzed were from the US (8,017), Germany (4,965), Turkey (19,809) or Italy (12,443). Focusing on the surgical approaches used in different countries and regions of the world, we assessed the recurrence rates at different follow-up times and found a correlation between geography and PSD recurrence for a variety of surgical treatments.

USA Surgical method (total patients included)	12 months		24 months		60 months		120 months		Citations
	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	
Primary open (2124)	2.2 (1.5–2.8)	1708	7.4 (5.7–9.1)	734	41.5 (30.2–52.8)	69	NA	NA	21,37,43,45,46,57,62,63,69,77,79,104,105,107,108,111,524–540
Primary median closure (3650)	4.3 (3.6–5.1)	2754	8.5 (7.4–9.7)	2119	25.3 (21.9–28.7)	388	47.9 (37.1–58.6)	44	37,46,57,62,63,69,77,107,108,132,156,157,170,175,181,185,237,237,525–526,531,531,538,549–559
Primary asymmetric closure (176)	0.6* (0.0–1.7)	170*	0.6 (0.0–1.7)	160	NA	NA	NA	NA	257,590,561
Karydakiis/Bascom (236)	0.3* (0.0–0.8)	236*	2.4* (0.2–4.7)	160*	NA	NA	NA	NA	21,41,562–565
Limberg/Dufourmental (164)	0.6* (0.0–1.8)	156*	0.6* (0.0–1.8)	145*	2.3 (0.0–4.9)	120	NA	NA	170,351,374,566
Marsupialization (1475)	2.4 (1.4–3.3)	933	8.0* (6.0–10.1)	526*	12.1* (9.2–15.0)	332*	NA	NA	37,46,60,77,104,152,156,175,299–401,404,405,410,411,436,527,532,536,540,567–571
Limited excision (780)	5.8 (3.3–8.3)	301	10.1* (6.0–14.2)	162*	NA	NA	NA	NA	69,170,369,430,435,527,535,572–578
Pit picking (328)	0.9 (0.0–2.0)	328	2.8 (0.6–4.9)	213	NA	NA	NA	NA	69,445,579,580
Flaps (595)	6.9 (4.6–9.3)	517	10.7* (7.0–14.4)	176*	NA	NA	NA	NA	10,8,185,227,495,527,533,581–583
Incision and drainage (24)	67.2* (7.5–100)	16*	NA	NA	NA	NA	NA	NA	77,538
Others (374)	0.9* (0.0–1.9)	364*	8.2* (4.7–11.7)	237*	11.9* (7.5–16.3)	234*	NA	NA	430,510,520,594,595
Partial closure (215)	5.5* (2.2–8.8)	199*	8.9* (4.5–13.3)	168*	NA	NA	NA	NA	61,536,538,537,549,586

**Table 2.** Recurrence rates (RR) in different surgical approaches deriving from including available studies from the U.S.A. for 12, 24, 60, and 120 months follow-up time.



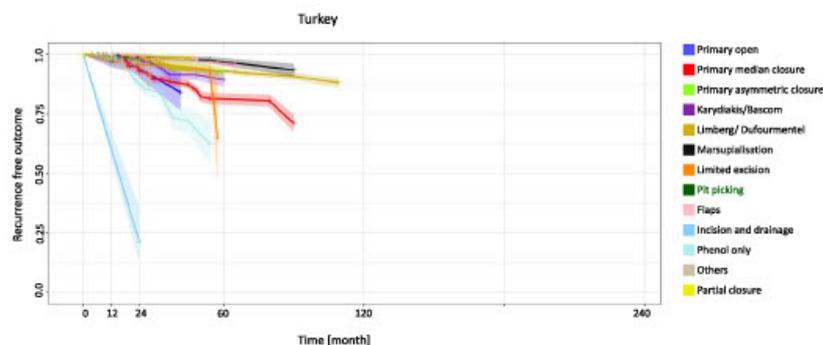
**Figure 3.** Germany: Kaplan-Meier estimator depicting recurrence-free outcome of the study population as a function of follow-up time. The data used include all available studies from Germany. 95% confidence intervals are shown by shaded lines. The number of patients at risk of recurrence at 12, 24, 60, and 120 months of follow-up is shown in Table 3.

Not all surgical approaches were used in all the countries analyzed, and certain preferences exist in the choice of surgical approach in each country, leading to differences in recurrence rates of specific surgical approaches between the geographical regions. Because not all nations and continents report PSD patient treatments in sufficient numbers, some geographical regions had to be excluded to ensure sufficient data quality. For example, countries in Africa, Asia and South America were not included due to missing data, and/or a very low disease burden.

The merged data analysis is potentially less powerful than a systematic review consisting entirely of randomized controlled trials (RCT's). Many of the studies we cited could have qualified as RCT's, but our approach enabled inclusion of enough patients to be able to compare all the surgical methods available in different geographical regions. Certain surgical approaches are not being used for treatment in all the analyzed geographical regions. This lack of data provides important information about established treatments in specific health care settings and geographic regions respectively. The patient number or number at risk also differs strongly between regions, probably pointing out specific economic and clinical peculiarities. Also, abrupt drops and interpolations in our figures need to be interpreted with caution because the curves about recurrence rates are influenced by the cohort sizes of underlying studies. The methodologies of the underlying studies may indirectly create a certain bias.

Surgical method (total patients included)	12 months		24 months		60 months		120 months		Citations
	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	
Primary open (1457)	0.5 (0.1–0.8)	1263	6.9* (5.3–8.5)	851*	8.1* (6.3–9.9)	752*	10* (7.9–12.1)	706*	13,26,44,54,59,64–66,72,97,115, 117,122,587,588
Primary median closure (1320)	3.9 (2.7–5.1)	1043	12.2 (9.8–14.6)	655	15.0* (12.2–17.9)	554*	16.1* (13.1–19.2)	507*	13,44,54,59,64–66,97,115,122,125, 180,211,588–590
Primary asymmetric closure (87)	0.0* (0.0–0.0)	48*	0.0* (0.0–0.0)	33*	2.0* (0.0–6.3)	26*	7.1* (0.0–22.1)	17*	65,588,591,592
Karydakiş/Bascom (332)	1.5* (0.0–3.2)	226*	5.9 (2.0–9.8)	151	NA	NA	NA	NA	66,288,587
Limberg/Dufourmentel (434)	1.9* (0.5–3.4)	278*	5.1* (1.2–8.9)	54*	NA	NA	NA	NA	92,320,357,366,394,593–595
Marsupialization (98)	6.0* (1.3–10.6)	98*	7.1* (1.5–12.7)	93*	7.1* (1.5–12.7)	76*	8.8* (2.0–15.5)	57*	13,65,97,388
Pit picking (676)	21 (16.7–25.3)	553	33.1* (25.2–41.1)	158*	NA	NA	NA	NA	288,444,447,452
Flaps (26)	3.1* (0.0–7.6)	26*	6.2* (0.0–15.2)	26*	NA	NA	NA	NA	596
Phenol only (37)	10.1* (3.3–16.9)	37*	20.3* (6.7–33.8)	37*	NA	NA	NA	NA	407
Others (498)	2.7* (2.0–3.4)	498*	5.4* (4.0–6.8)	498*	13.5 (9.9–17.0)	498	NA	NA	513

**Table 3.** Recurrence rates (RR) in different surgical approaches deriving from including all available studies from Germany for 12, 24, 60, and 120 months follow-up time.



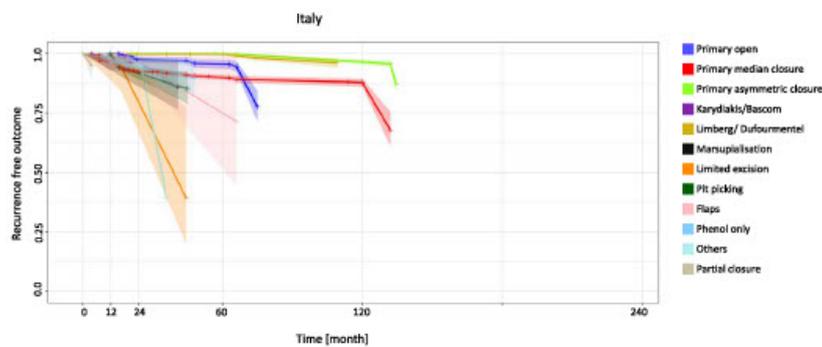
**Figure 4.** Turkey: Kaplan-Meier estimator depicting recurrence-free outcome of the study population as a function of follow-up time. The data used include all available studies from Turkey. 95% confidence intervals are shown by shaded lines. The number of patients at risk of recurrence at 12, 24, 60, and 120 months of follow-up is shown in Table 4.

The primary open approach showed insufficient success in most geographical regions, with a recurrence rate of 41.5% being observed at 60 months in the US. This has not been shown before, and is appalling in its magnitude. Reasons for the high recurrence rate are not yet evident. Current evidence implies that non-healing beyond 6 months post-surgery should be considered as recurrent disease<sup>13,14</sup>. The application of metronidazole 10% ointment has enabled a faster wound closure in patients<sup>15</sup> and healing can be regularly expected within 6 months, however, some surgical wounds only close after 9 months or later. Further, non-healing wounds must not be confused with a scar overlying the sacral bone. By definition recurrent PSD is defined as a new sinus tract. Although stringent criteria to distinguish healing disorders versus recurrence are available, some variation in recurrence rate observation between countries might unfortunately have been published.

The primary midline closure, which is not recommended for use anymore, showed a recurrence rate of 25.3% at 60 months in the USA. The pit-picking approach had a high recurrence rate of 33.1% at 24 months in Germany and should therefore be used only selectively for the treatment of minor disease in PSD patients. Nevertheless, interim results of current studies on pit picking are more promising. In contrast to the finding in Germany, pit picking showed a very low recurrence rate of 0.8%\* at 24 months in Turkey, justifying this treatment in the Turkish medical setting. Strikingly, the Karydakiş/Bascom approach in Greek cohorts showed the lowest observed recurrence rate at the 120-month follow-up. Nevertheless, it should be kept in mind that Karydakiş never fully disclosed his data details of several thousands of Greek recruits. In Italy, endoscopic therapy

Surgical method (total patients included)	12 months		24 months		60 months		120 months		Citations
	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	
Primary open (143)	2.7* (0.0–5.5)	143*	5.9* (1.4–10.4)	120*	NA	NA	NA	NA	33,114,118
Primary median closure (2902)	0.8 (0.4–1.1)	2818	7.0* (5.7–8.2)	1383*	18.8* (15.7–21.8)	417*	NA	NA	118,127,133,136,137,139,143,148,149,158–160,161,172–174,183,191,199–201,210,240,245,246,247,297–303
Primary asymmetric closure (727)	1.7 (0.7–2.8)	621	2.5 (1.1–3.8)	403	7.4 (4.4–10.4)	257	NA	NA	183,192,253,259,261,262
Karydaki/Bascom (2471)	0.8 (0.4–1.1)	2356	1.7* (1.1–2.4)	1343*	10.7 (7.4–13.9)	257	NA	NA	133,172,181,199,208,262,264,267,268,270,271,273,274,276,279,282,284,289–292,295,296,303,305–309,303
Limberg/Dufourmental (7653)	0.1 (0.0–0.2)	7369	1.1 (0.8–1.4)	5624	7.1* (5.9–8.2)	988*	NA	NA	127,137,139,146,149,172,174,182,201,232,243,246,267,268,270,273,274,291,292,295,305–308,317,319,321–323,327,329,330,332,338–340,342–344,346–350,352–355,359,362–364,368,369,371–373,375,378,382,385,387,396,400,403–407
Manipulation (728)	0.4 (0.0–0.9)	688	1.3* (0.4–2.3)	419*	3.1* (1.4–4.7)	358*	NA	NA	137,332,402,403,415,594,595,603,606
Limited excision (1402)	3.1 (2.2–4.1)	1402	4.1* (2.8–5.5)	423*	NA	NA	NA	NA	136,293,344,417,420,424,428,429,606
Pit picking (204)	0.4* (0.0–1.0)	204*	0.8* (0.0–2.0)	204*	NA	NA	NA	NA	309
Flaps (2262)	0 (0.0–0.0)	2219	0.4* (0.1–0.8)	1292*	3.8* (2.5–5.2)	670*	NA	NA	173,309,322,343,362,369,375,379,424,454–456,458,459,461,462,464,466,469–471,473,475,476,478–481,509
Incision and drainage (52)	39.4* (12.7–66.2)	52*	78.8 (25.3–100)	52	NA	NA	NA	NA	253
Phenol only (1089)	0.5 (0.1–0.9)	990	12.6 (9.9–15.3)	607	NA	NA	NA	NA	114,342,353,395,498–499,498,504,505,609
Others (103)	2.6* (0.0–5.2)	103*	5.3* (0.1–10.4)	56*	NA	NA	NA	NA	309,509,511
Partial closure (73)	0.3* (0.0–1.1)	73*	0.7* (0.0–2.1)	73*	NA	NA	NA	NA	143

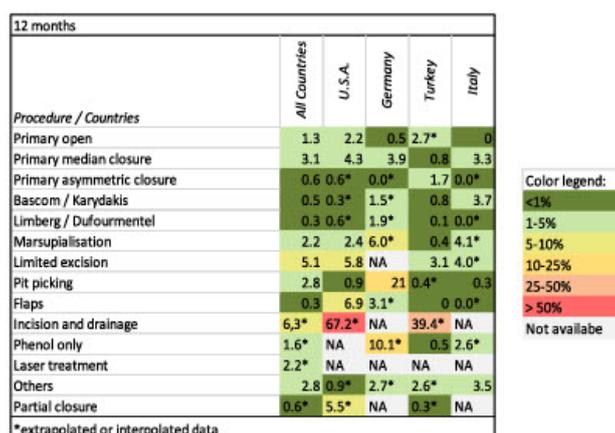
**Table 4.** Recurrence rates (RR) in different surgical approaches deriving from including all available studies from Turkey for 12, 24, 60, and 120 months follow-up time.



**Figure 5.** Italy: Kaplan-Meier estimator depicting recurrence-free outcome of the study population as a function of follow-up time. The data used include all available studies from Italy. 95% confidence intervals are shown by shaded lines. The number of patients at risk of recurrence at 12, 24, 60, and 120 months of follow-up is shown in Table 5.

Surgical method (total patients included)	12 months		24 months		60 months		120 months		Citations
	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	RR in % (95% CI)	Nr. at risk	
Primary open (1243)	0 (0.0–0.0)	1203	2.5* (1.2–3.8)	441*	4.5* (2.5–6.6)	267*	NA	NA	35,58,70,72,80,91,94–96,99,100,116,639–613
Primary median closure (5583)	3.3 (2.8–3.8)	4184	7.6 (6.7–8.5)	1939	10.1* (8.8–11.4)	786*	12.2 (10.3–14.2)	382	35,58,91,94–96,99,103,109,144,146,161,162,165–168,171,179,182,186,197,205,209,214,215,218–222,610–621
Primary asymmetric closure (1099)	0.0* (0.0–0.0)	1099*	0.0* (0.0–0.0)	1096*	0.1* (0.0–0.2)	1022*	3.6* (2.4–4.8)	937*	301,139,254,260,622
Karydakis/Bascom (109)	3.7 (0.0–7.4)	109	NA	NA	NA	NA	NA	NA	35,621
Limberg/Dufourmentel (944)	0.0* (0.0–0.0)	944*	0.3* (0.0–0.7)	891*	0.3 (0.0–0.7)	618	NA	NA	35,309,365,1,82,205,228,736,736,623
Marsupialization (43)	4.1* (0.5–7.7)	43*	8.2* (1.0–15.4)	43*	NA	NA	NA	NA	405
Limited excision (18)	4.0* (0.0–12.4)	18*	20.4* (0.0–47.3)	16*	NA	NA	NA	NA	95,230
Pit picking (2508)	0.3 (0.1–0.5)	2508	8.4* (5.4–11.3)	1765*	NA	NA	NA	NA	35,439,444,651
Flaps (13)	0.0* (0.0–0.0)	13*	3.6* (0.0–9.6)	12*	25.0* (0.0–66.8)	8*	NA	NA	51,300
Phenol only (68)	2.6* (0.5–4.6)	68*	5.1* (1.0–9.3)	68*	NA	NA	NA	NA	613
Others (815)	3.5 (2.1–4.9)	728	5.2* (3.2–7.3)	344*	NA	NA	NA	NA	35,182,51,51,51,51,523,624
Partial closure (58)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	625–636

**Table 5.** Recurrence rates (RR) in different surgical approaches deriving from including all available studies from Italy for 12, 24, 60, and 120 months follow-up time.



**Figure 6.** Procedure-specific recurrence rates in PSD [%] are shown at the time point 12 months. Extrapolated or interpolated data are marked with an asterisk (\*).

approaches of different names are emerging and first results appear to be very promising<sup>16</sup>. Given our data base embracing evidence ranging from 1833 to 2017, it is currently too early, however, to comment on their long-term recurrence rate since our data base misses the most recent publications. This approach might become a very promising approach in PSD surgery.

Therapy of open wounds following surgery has not been standardized, and may be performed by either a doctor, a nurse or a family member. This is not sufficiently well described in most of the studies we cited. Even the most recently published US guidelines do not recommend a particular type of wound care for primary open treatment<sup>17</sup>. As increased duration of open wound treatment may increase recurrence rate<sup>14</sup>, and elevated body weight with consecutive metabolic derangements may prolong wound healing, body mass index (BMI) in relation to treatment applied may further influence recurrence rate in primary and secondary treatments.

60 months					
Procedure / Countries	All Countries	U.S.A.	Germany	Turkey	Italy
Primary open	13.9	41.5	8.1*	NA	4.5*
Primary median closure	14.9	25.3	15.0*	18.8*	10.1*
Primary asymmetric closure	2.7	NA	2.0*	7.4	0.1*
Bascom / Karydakís	6.3	NA	NA	10.7	NA
Limberg / Dufourmentel	5.9*	2.3	NA	7.1*	0.3
Marsupialisation	7.8*	12.1*	7.1*	3.1*	NA
Limited excision	13.1	NA	NA	NA	NA
Pit picking	14.2	NA	NA	NA	NA
Flaps	6.4*	NA	NA	3.8*	25.0*
Incision and drainage	36.8*	NA	NA	NA	NA
Phenol only	NA	NA	NA	NA	NA
Laser treatment	NA	NA	NA	NA	NA
Others	19.8	11.9*	13.5	NA	NA
Partial closure	11.2*	NA	NA	NA	NA

\*extrapolated or interpolated data

Color legend:

- <1%
- 1-5%
- 5-10%
- 10-25%
- 25-50%
- > 50%
- Not available

**Figure 7.** Procedure-specific recurrence rates in PSD [%] are shown at the time point 60 months. Extrapolated or interpolated data are marked with an asterisk (\*).

Obviously, there is some mastery of certain surgical methods which are widely applied in some countries, and this contributes to better regional results. In other countries, the same methods used less often may show more dismal outcomes, contributing to the geographic differences in recurrence rates. Recently, Doll *et al.* have shown that patients with strong axial hair shafts are more prone to pilonidal sinus disease, and Bosche *et al.* found short cut hair less 2 cm length in the pilonidal nests<sup>16,19</sup> indicating that both genetic disposition and cultural hair styles can contribute to regional variation of pilonidal sinus incidence and recurrence rate.

Furthermore, our current study analyzes results published in scientific journals. These studies are often run at large university hospitals. While industrialized countries have better resources and can document, study and report therapy outcomes, more rural countries with less funding may struggle to do so. In terms of economics, the costs of treatment may differ based on location, treating institution and type of therapy.

Our results allow a more differentiated view of PSD treatment. Surgical approaches should be selected carefully based on treatment efficacy in general, and geographical influences have to be taken into account when aiming for optimal treatment efficacy.

In summary, recurrence rates of different surgical approaches used in the treatment of PSD are influenced by geographical factors. Certain surgical approaches – such as primary asymmetric closure and different flap techniques – remain superior, regardless of the geographical region. This is powerful evidence since the clinical settings, the genetic background of the patient population and economic settings do vary between different countries. Methods such as limited excision and phenol treatment should be limited to selected settings due to their high recurrence rates. Under certain circumstances their use can be justified by the lack of need for a hospital stay or as low-cost variant of treatment. Geographic peculiarities were identified, such as high recurrence rates for the primary open approach in the US, suggesting that other methods should be preferred in the American setting. Pit picking should be selectively applied in Germany due to its high recurrence rate, and ways to improve this interesting minimal invasive procedure should be investigated. The same surgical method is already showing promising results in Turkey. In the future, detailed investigation into geographical differences in recurrence rates for the same surgical PSD method may lead to the identification of further co-factors for recurrence in pilonidal sinus disease. Therefore, the standardized definition of recurrence should uniformly be used<sup>13,14</sup>.

## Methods

Our original search was described previously<sup>10</sup>. In brief, we searched for the NCBI Medical Subject Heading (MeSH) term “pilonid\*”, as well as [“cyst” AND “dermoid”] in MEDLINE, Ovid, PubMed Central, PubMed, Scopus, Embase, the Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL) and other search engines to build the PSD database<sup>10</sup>. Publications from 1833 to 2017 in English, French, German, Italian, and Spanish were captured<sup>10</sup>. Reports in other languages were retrieved if recurrence at specific follow-up times and definitive treatment strategies were provided (National Health Service International prospective register of systematic reviews PROSPERO number 42016051588)<sup>10</sup>. Data were organized with Microsoft Excel (Version 2016, Microsoft Corp., Redmond, WA)<sup>10</sup>. Specific surgical approaches described in a report were listed in a data row, while columns included citation details (incl. country of origin), follow-up times, number of patients studied, recurrence, and study details<sup>10</sup>. Regularly recorded information included which hospital(s) participated and which region the patients came from. In the very few studies where this was not obvious, the patient's country of origin was defined as where the first author's hospital was located. If all other authors were from one hospital, and the first author exclusively was not, then the hospital of the last author defined the country. If an article addressed several surgical approaches, the data of each treatment strategy were managed separately<sup>10</sup>. Because the statistical measures

were not standardized, mean and median reports were treated equally to take into account the cluster of affected patients who were young adults<sup>10</sup>. Data presented as range of follow-up times was managed by employing the center of the given time<sup>10</sup>.

Recurrence rates in each study were then associated with the reported follow-up time. Individual patients were statistically simulated to enable an analogy across all data<sup>10</sup>. Cochrane analysis and I<sup>2</sup> calculation with Chi<sup>2</sup> tests were employed to examine heterogeneity of the included data<sup>10</sup>.

Statistical analysis and figure generation were completed with the software “R” (version 3.1.0, R-studio framework version 0.98.982). Two-tailed statistical tests were performed<sup>10</sup>. Kaplan-Meier curves of recurrence-free outcome, including pointwise 95% confidence intervals (CI), were generated with ‘survival’ in “R” (version 2.40–1) and implemented in the R package for each therapeutic group in each geographic region.

Data with unknown geographical origin were excluded. The United States, Turkey, Italy, Germany and Greece were defined as single countries; other countries were grouped into regions (Northern Europe, the Mediterranean, North America, i.e. USA and Canada, Australia/New Zealand, Indo-Arabia, Asia and South America) to obtain sufficient sample sizes.

**Category.** Post hoc analyses of data for a systematic review and meta-analysis, no publication before. No submission in parallel. No full or partial presentation at a meeting or podium or conference.

**Ethics.** This article does not contain any studies with human participants. Therefore, no informed consent had to be obtained prior to preparation of the current manuscript.

**Presentation.** The manuscript has not been submitted elsewhere in parallel and has not been published previously. Some of the data were presented at the International Pilonidal Sinus Disease Conference in Berlin on Sept 23, 2017 and at the 2nd International Pilonidal Sinus Conference in Vienna on Sept 28th 2019.

#### Data availability

All data and calculations are available to readers upon request to the corresponding author.

Received: 14 March 2019; Accepted: 20 September 2019;

Published online: 22 October 2019

#### References

- Doll, D. H. *et al.* Stop insulting the patient: neither incidence nor recurrence in pilonidal sinus disease is linked to personal hygiene. *Pilonidal Sinus Journal* 1, 8 (2015).
- Duman, K., Girgin, M. & Harlak, A. Prevalence of sacrococcygeal pilonidal disease in Turkey. *Asian Journal of Surgery* 40, 434–437, <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2016.04.001> (2017).
- Segre, D., Pozzo, M., Perinotti, R. & Roche, B. The treatment of pilonidal disease: guidelines of the Italian Society of Colorectal Surgery (SICCR). *Tech Coloproctol* 19, 607–613, <https://doi.org/10.1007/s10151-015-1369-3> (2015).
- Steele, S. R. *et al.* Practice parameters for the management of pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 56, 1021–1027, <https://doi.org/10.1097/DCR.0b013e31829d2616> (2013).
- Isaialieks, I., Ommer, A., Petersen, S., Doll, D. & Herold, A. German national guideline on the management of pilonidal disease. *Langenbecks Arch Surg* 401, 599–609, <https://doi.org/10.1007/s00423-016-1463-7> (2016).
- Doll, D. *et al.* The presence of occipital hair in the pilonidal sinus cavity—a triple approach to proof. *International Journal of Colorectal Disease* 33, 567–576, <https://doi.org/10.1007/s00384-018-2988-8> (2018).
- Stone, H. B. Pilonidal Sinus. *Ann Surg* 79, 410–414 (1924).
- Davage, O. N. The Origin of Sacrococcygeal Pilonidal Sinuses. *Am J Pathol* 30, 1191–1205 (1954).
- Slevart, H. *et al.* The influence of lifestyle (smoking and body mass index) on wound healing and long-term recurrence rate in 534 primary pilonidal sinus patients. *International Journal of Colorectal Disease* 28, 1555–1562, <https://doi.org/10.1007/s00384-013-1731-8> (2013).
- Stauffer, V. K. *et al.* Common surgical procedures in pilonidal sinus disease: A meta-analysis, merged data analysis, and comprehensive study on recurrence. *Sci Rep* 8, 3058, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20143-4> (2018).
- Lessa, F. C. *et al.* Burden of Clostridium difficile infection in the United States. *The New England Journal of Medicine* 372, 825–834, <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1408913> (2015).
- Crotty, B. Ulcerative colitis and xenobiotic metabolism. *Lancet (London, England)* 343, 35–38 (1994).
- Doll, D. *et al.* Timeline of recurrence after primary and secondary pilonidal sinus surgery. *Dis Colon Rectum* 50, 1928–1934, <https://doi.org/10.1007/s10350-007-9031-4> (2007).
- Allen-Mersh, T. G. Pilonidal sinus: finding the right track for treatment. *Br J Surg* 77, 123–32 (1990).
- Ypsilantis, E., Carapeti, E. & Chan, S. The use of topical 10% metronidazole in the treatment of non-healing pilonidal sinus wounds after surgery. *Int J Colorectal Dis* 31, 765–767, <https://doi.org/10.1007/s00384-015-2269-8> (2016).
- Milone, M., Fernandez, L. M., Musella, M. & Milone, F. Safety and Efficacy of Minimally Invasive Video-Assisted Ablation of Pilonidal Sinus: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Surg* 151, 547–553, <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2015.5233> (2016).
- Johnson, E. K., Vogel, J. D., Cowan, M. L., Feingold, D. L. & Steele, S. R. The American Society of Colon and Rectal Surgeons' Clinical Practice Guidelines for the Management of Pilonidal Disease. *Dis Colon Rectum* 62, 146–157, <https://doi.org/10.1097/dcr.0000000000001237> (2019).
- Doll, D. *et al.* Strength of Occipital Hair as an Explanation for Pilonidal Sinus Disease Caused by Intruding Hair. *Dis Colon Rectum* 60, 979–986 (2017).
- Bosche, F. *et al.* The Hair in the Sinus: Sharp-Ended Rootless Head Hair Fragments can be Found in Large Amounts in Pilonidal Sinus Nests. *World J Surg* 42, 567–573 (2018).
- Perruchoud, C., Vuilleumier, H. & Givèl, J. C. Pilonidal sinus: how to choose between excision and open granulation versus excision and primary closure? Study of a series of 141 patients operated on from 1991 to 1995. *Swiss Surg* 8, 255–258 (2002).
- Morden, P., Drongowski, R. A., Geiger, J. D., Hirschl, R. B. & Teitelbaum, D. H. Comparison of Karydakis versus midline excision for treatment of pilonidal sinus disease. *Pediatr Surg Int* 21, 793–796, <https://doi.org/10.1007/s00383-005-1543-1> (2005).
- Mueller, X., Rothenbuehler, J. M. & Frede, K. E. Sacrococcygeal cysts. Is Lord Millar's procedure an alternative to exeresis? *J Chir (Paris)* 128, 487–490 (1991).
- Soll, C., Hahnloser, D., Dindo, D., Clavien, P. A. & Hettler, F. A novel approach for treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus: less is more. *Int J Colorectal Dis* 23, 177–180, <https://doi.org/10.1007/s00384-007-0377-9> (2008).

24. al-Hassan, H. K., Francis, I. M. & Neglen, P. Primary closure or secondary granulation after excision of pilonidal sinus? *Acta Chir Scand* 156, 695–699 (1990).
25. Fazeli, M. S., Adel, M. G. & Lebaschi, A. H. Comparison of outcomes in Z-plasty and delayed healing by secondary intention of the wound after excision of the sacral pilonidal sinus: results of a randomized, clinical trial. *Dis Colon Rectum* 49, 1831–1836, <https://doi.org/10.1007/s10350-006-0726-8> (2006).
26. Menzel, T., Dörner, A. & Cramer, J. Excision and open wound treatment of pilonidal sinus. Rate of recurrence and duration of work incapacity. *Dtsch Med Wochenschr* 122, 1447–1451, <https://doi.org/10.1055/s-2008-1047784> (1997).
27. Rao, M. M., Zawislak, W., Kennedy, R. & Gilliland, R. A prospective randomised study comparing two treatment modalities for chronic pilonidal sinus with a 5-year follow-up. *Int J Colorectal Dis* 25, 395–400, <https://doi.org/10.1007/s00384-009-0804-1> (2010).
28. Jamal, A., Shamim, M., Hashmi, F. & Qureshi, M. I. Open excision with secondary healing versus rhomboid excision with Limberg transposition flap in the management of sacrococcygeal pilonidal disease. *J Pak Med Assoc* 59, 157–160 (2009).
29. Dudink, R., Veldkamp, J., Nienhuijs, S. & Heemskerk, J. Secondary healing versus midline closure and modified Bascom natal cleft lift for pilonidal sinus disease. *Scand J Surg* 100, 110–113 (2011).
30. Gupta, P. J. Radiofrequency sinus excision: better alternative to marsupialization technique in sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *J Natl Med Assoc* 97, 998–1002 (2005).
31. Holmebak, T. & Nesbakken, A. Surgery for pilonidal disease. *Scand J Surg* 94, 43–46 (2005).
32. Kement, M., Oncel, M., Kurt, N. & Kaptanoğlu, L. Sinus excision for the treatment of limited chronic pilonidal disease: results after a medium-term follow-up. *Dis Colon Rectum* 49, 1758–1762, <https://doi.org/10.1007/s10350-006-0676-1> (2006).
33. Kaser, S. A., Zengaffinen, R., Uhlmann, M., Glaser, C. & Maurer, C. A. Primary wound closure with a Limberg flap vs. secondary wound healing after excision of a pilonidal sinus: a multicentre randomised controlled study. *Int J Colorectal Dis* 30, 97–103, <https://doi.org/10.1007/s00384-014-2057-x> (2015).
34. Mohamed, H. A., Kadry, I. & Adly, S. Comparison between three therapeutic modalities for non-complicated pilonidal sinus disease. *Surgeon* 3, 73–77 (2005).
35. Testini, M. et al. Treatment of chronic pilonidal sinus with local anaesthesia: a randomized trial of closed compared with open technique. *Colorectal Dis* 3, 427–430 (2001).
36. Al-Salamah, S. M., Hussain, M. I. & Mirza, S. M. Excision with or without primary closure for pilonidal sinus disease. *J Pak Med Assoc* 57, 388–391 (2007).
37. Spivak, H., Brooks, V. L., Nussbaum, M. & Friedman, I. Treatment of chronic pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 39, 1136–1139 (1996).
38. Aldaqal, S. M., Kensarah, A. A., Alhabboubi, M. & Ashy, A. A. A new technique in management of pilonidal sinus, a university teaching hospital experience. *Int Surg* 98, 304–306, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-13-00064.1> (2013).
39. Soll, C. et al. Sinusectomy for primary pilonidal sinus: less is more. *Surgery* 150, 996–1001, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2011.06.019> (2011).
40. Agren, M. S. et al. A randomized, double-blind, placebo-controlled multicenter trial evaluating topical zinc oxide for acute open wounds following pilonidal disease excision. *Wound Repair Regen* 14, 526–535, <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2006.00159.x> (2006).
41. Gendy, A. S. et al. A comparison of the cleft lift procedure vs wide excision and packing for the treatment of pilonidal disease in adolescents. *J Pediatr Surg* 46, 1256–1259, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2011.03.062> (2011).
42. Duxbury, M. S., Blake, S. M., Dashfield, A. & Lambert, A. W. A randomised trial of knife versus diathermy in pilonidal disease. *R Coll Surg Engl* 85, 405–407, <https://doi.org/10.1308/003588403322520799> (2003).
43. Eftalha, M. & Abcarian, H. The dilemma of pilonidal disease: surgical treatment. *Dis Colon Rectum* 20, 279–286 (1977).
44. Holzer, B. et al. Efficacy and tolerance of a new gentamicin collagen fleece (Septocoll) after surgical treatment of a pilonidal sinus. *Colorectal Dis* 5, 222–227 (2003).
45. Selem, M. I. & Al-Hashemy, A. M. Management of pilonidal sinus using fibrin glue: a new concept and preliminary experience. *Colorectal Dis* 7, 319–322, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2005.00808.x> (2005).
46. Solla, J. A. & Rothenberger, D. A. Chronic pilonidal disease. An assessment of 150 cases. *Dis Colon Rectum* 33, 758–761 (1990).
47. Spyridakis, M., Christodoulidis, G., Chatzitheofilou, C., Symeonidis, D. & Tepetes, K. The role of the platelet-rich plasma in accelerating the wound-healing process and recovery in patients being operated for pilonidal sinus disease: preliminary results. *World J Surg* 33, 1764–1769, <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0046-y> (2009).
48. Chledozl, L. C., Al-Rayyes, E. A., Salem, M. M., Al-Haddi, F. H. & Al-Bidewi, A. A. Management of pilonidal sinus. *Saudi Med J* 23, 786–788 (2002).
49. Keshvari, A. et al. Karydakis flap versus excision-only technique in pilonidal disease. *J Surg Res* 198, 260–266, <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.05.039> (2015).
50. Biter, L. U. et al. The use of negative-pressure wound therapy in pilonidal sinus disease: a randomized controlled trial comparing negative-pressure wound therapy versus standard open wound care after surgical excision. *Dis Colon Rectum* 57, 1406–1411, <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000240> (2014).
51. Viciano, V. et al. Effect of hydrocolloid dressings on healing by second intention after excision of pilonidal sinus. *Eur J Surg* 166, 229–232 (2000).
52. Rabie, M. E. et al. Sacrococcygeal pilonidal disease: stotomy versus excisional surgery, a retrospective study. *ANZ J Surg* 77, 177–180, <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2006.04002.x> (2007).
53. Stansby, G. & Greatorex, R. Phenol treatment of pilonidal sinuses of the natal cleft. *Br J Surg* 76, 729–730 (1989).
54. Ommer, A. et al. Pilonidal Sinus—Primary Closure also in Case of Abscess? *Zentralbl Chir* 129, 216–219, <https://doi.org/10.1055/s-2004-822742> (2004).
55. Matter, I., Kunin, J., Schein, M. & Eldar, S. Total excision versus non-resectional methods in the treatment of acute and chronic pilonidal disease. *Br J Surg* 82, 752–753 (1995).
56. Falco, M. D. et al. Il trattamento chirurgico del sinus pilonidale con trasposizione di lembo secondo Dufourmentel Surgical treatment of sinus pilonidale by Dufourmentel's flap technique. *Il Giornale di chirurgia* 28, 93–97 (2007).
57. Lukish, J. R., Kindelan, T., Marmon, L. M., Pennington, M. & Norwood, C. Laser epilation is a safe and effective therapy for teenagers with pilonidal disease. *J Pediatr Surg* 44, 282–285, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2008.10.057> (2009).
58. Ghnam, W. M. & Hafez, D. M. Laser hair removal as adjunct to surgery for pilonidal sinus: our initial experience. *J Cutan Aesthet Surg* 4, 192–195, <https://doi.org/10.4103/0974-2077.91251> (2011).
59. Baier, P. K., Baumgartner, U., Furtwangler, A., Holzinger, E. & Schoffel, U. Therapy of the pilonidal sinus—Primary wound closure or open wound after excision. *Zentralbl Chir* 127, 310–314, <https://doi.org/10.1055/s-2002-31557> (2002).
60. Ortiz, H. H., Marti, J. & Sitges, A. Pilonidal sinus: a claim for simple track incision. *Dis Colon Rectum* 20, 325–328 (1977).
61. Goodall, P. The aetiology and treatment of pilonidal sinus. A review of 163 patients. *Br J Surg* 49, 212–218 (1961).
62. Kooistra, H. P. Pilonidal sinuses. Review of the literature and report of three hundred fifty cases. *Am J Surg* LV 1, 3–17 (1942).
63. McKirdie, M. Pilonidal Sinus. *Ann Surg* 107, 389–399 (1938).
64. Iesalnieks, I., Furst, A., Rentsch, M. & Jauch, K. W. Primary midline closure after excision of a pilonidal sinus is associated with a high recurrence rate. *Chirurg* 74, 461–468, <https://doi.org/10.1007/s00104-003-0616-8> (2003).

65. Doll, D., Matevosian, E., Hoenemann, C. & Hoffmann, S. Incision and drainage preceding definite surgery achieves lower 20-year long-term recurrence rate in 583 primary pilonidal sinus surgery patients. *J Dtsch Dermatol Ges* 11, 60–64, <https://doi.org/10.1111/1161-0387.2012.08007.x> (2013).
66. Issainleks, I., Deimel, S. & Schlitt, H. J. Karydakts flap for recurrent pilonidal disease. *World J Surg* 37, 1115–1120, <https://doi.org/10.1007/s00268-013-1950-8> (2013).
67. Hosseini, M., Heidari, A. & Jafarnejad, B. Comparison of Three Surgical Methods in Treatment of Patients with Pilonidal Sinus: Modified Excision and Repair/Wide Excision/Wide Excision and Flap in RASOUL, OMID and SADR Hospitals (2004–2007). *Indian J Surg* 75, 395–400, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0713-3> (2013).
68. Gupta, P. J. Comparative study between radiofrequency sinus excision and open excision in sacro-coccygeal pilonidal sinus disease. *Dig Surg* 22, 459–463, <https://doi.org/10.1159/000092034> (2005).
69. Fitzpatrick, E. B. et al. Pilonidal disease in a military population: how far have we really come? *Am J Surg* 207, 907–914, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2013.07.038> (2014).
70. Patti, R. et al. Use of fibrin glue in the treatment of pilonidal sinus disease: a pilot study. *G Chir* 27, 331–334 (2006).
71. Nasr, A. & Eln, S. H. A pediatric surgeon's 35-year experience with pilonidal disease in a Canadian children's hospital. *Can J Surg* 54, 39–42 (2011).
72. Baldelli, C. M. et al. A short course of granulocyte-colony-stimulating factor to accelerate wound repair in patients undergoing surgery for sacrococcygeal pilonidal cyst: proof of concept. *Cytotherapy* 14, 1101–1109, <https://doi.org/10.3109/14653249.2012.697147> (2012).
73. Kareem, T. S. Surgical treatment of chronic sacrococcygeal pilonidal sinus. Open method versus primary closure. *Saudi Med J* 27, 1534–1537 (2006).
74. Khawaja, H. T., Bryan, S. & Weaver, P. C. Treatment of natal cleft sinus: a prospective clinical and economic evaluation. *BMJ (Clinical research ed.)* 304, 1282–1283 (1992).
75. Notaras, M. J. A review of three popular methods of treatment of postanal (pilonidal) sinus disease. *Br J Surg* 57, 886–890 (1970).
76. Oueidat, D. et al. 25 years' experience in the management of pilonidal sinus disease. *Open Journal of Gastroenterology* 4, 5 (2014).
77. Macfee, W. F. Pilonidal Cysts and Sinuses: A Method of Wound Closure: Review of 230 Cases. *Ann Surg* 116, 687–699 (1942).
78. Kasim, K., Abdilhamid, N. M., Badwan, B. R. & Allowbany, A. Is There a Relation Between Natal Cleft Depth and Post-Operative Morbidity After Different Methods of Excision of Sacro-Coccygeal Pilonidal Sinus? *Indian J Surg* 77, 201–205, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0762-7> (2015).
79. Swenson, S. A., Hankins, H. N. & Grosbeck, H. P. Pilonidal Sinus - Clinical Experiences with the Rogers Operation in thirty-five consecutive cases. *Am J Surg* 66, 49–57 (1944).
80. Blanco, G., Giordano, M. & Torelli, I. Surgical treatment of pilonidal sinus with open surgical technique. *Minerva Chir* 58, 181–187 (2003).
81. Hosseini, S. V. et al. The comparison between drainage, delayed excision and primary closure with excision and secondary healing in management of pilonidal abscess. *Int J Surg* 4, 228–231, <https://doi.org/10.1016/j.ijss.2005.12.005> (2006).
82. Fahmi, G. T. et al. Five-year Follow-up and Recurrence Rates Following Surgery for Acute and Chronic Pilonidal Disease: A Survey of 421 Cases. *Wounds* 28, 20–26 (2016).
83. Kronborg, O., Christensen, K. & Zimmermann-Nielsen, C. Chronic pilonidal disease: a randomized trial with a complete 3-year follow-up. *Br J Surg* 72, 303–304 (1985).
84. Khatoun, S. et al. Pilonidal sinus: Excision with primary midline closure versus open method. *J Liaquat Univ. Med. Health Sci.* 9, 9–11 (2010).
85. Stelzmueller, I. et al. Group Milleri Streptococci in perianal infections. *Colorectal disease: the official journal of the Association of Coloproctology of Great Britain and Ireland* 12, e121–127 (2010).
86. Sondena, K., Nesvik, I., Andersen, E. & Soreide, J. A. Recurrent pilonidal sinus after excision with closed or open treatment: final result of a randomised trial. *Eur J Surg* 162, 237–240 (1996).
87. Shafiq, A. Electrocauterization in the treatment of pilonidal sinus. *Int Surg* 81, 83–84 (1996).
88. Shah, A., Waheed, A. & Malik, A. Recurrence rates in pilonidal sinus surgery: Comparison of two techniques (Karydakts Versus Conventional Open Excision). *Pak. J. Med. Health Sci.* 3, 91–95 (2009).
89. Obedman, M. & Vaticon, D. Pilonidal sinus: a high-incidence disease among adolescents. *Int J Adolesc Med Health*. 6, 21–36, <https://doi.org/10.1515/IJAMH.1993.6.1.21> (1993).
90. Bracho Bracho, J. & Lira Soto, N. M. Enfermedad pilonidal: tecnica cerrada V.s. tecnica abierta con anestesia local. *Boletín médico de postgrado* (1996).
91. Coda, A. & Ferri, F. Sinus pilonidals: Removal and primary suture with aspirative draining [Sinus Pilonidals: Escisione E Sutura Primaria Con Drenaggio Aspirativo]. *Chirurgia* 3, 433–437 (1990).
92. Dahmann, S., Lebo, P. B. & Meyer-Marcotty, M. V. Comparison of Treatments for an Infected Pilonidal Sinus: Differences in Scar Quality and Outcome Between Secondary Wound Healing and Limberg Flap in a Prospective Study. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 48, 111–119, <https://doi.org/10.1055/s-0041-111322> (2016).
93. Sondena, K., Nesvik, I., Andersen, E., Pollard, M. L. & Soreide, J. A. Recurrent pilonidal sinus: Etiology and treatment. *Dig. Surg.* 12, 117–120, <https://doi.org/10.1159/000172329> (1995).
94. Destito, C., Romagnoli, A., Pucello, D., Mercuri, M. & Marin, A. W. Pilonidal sinus: long term results of excision and closure technic. Review of the literature. *G Chir* 18, 441–446 (1997).
95. Donati, A. et al. Heterologously lyophilized collagen in the secondary healing of pilonidal fistulae. *Minerva Chir* 48, 141–145 (1993).
96. Leoni, G. et al. Sinus pilonidals. Critical review of our experience [Sinus pilonidals. Revisione critica della nostra esperienza]. *Chirurgia* 11, 93–96 (1998).
97. Weckner, W. & Zorner, M. Treatment of pilonidal sinus [Beitrag zur Behandlung der Pilonidalkrankheit]. *Z. Arztl. Fortbild.* 75, 903–906 (1981).
98. Meier, H. P. Recurrence in sacral dermoid (sinusitis pilonidals sacralis). *Helv Chir Acta* 49, 645–649 (1983).
99. Rosato, L., Fornero, G., Luc, A. R. & Clerico, G. The radical treatment of sacrococcygeal pilonidal cysts. *Minerva Chir* 52, 1277–1279 (1997).
100. Sturniolo, G., Carditello, A., Bonavita, G., Bartolotta, M. & Saitta, E. Evaluation of the results of different types of surgical intervention for pilonidal fistula. *Minerva Chir* 39, 1161–1164 (1984).
101. Grandjean, J. P. & Al Nashawati, G. Pilonidal disease treated by wide excision and controlled cicatrization. A report on 73 patients. *Lyon Chir* 92, 292–295 (1996).
102. Garcia, J. C. & Dupuis, E. Surgical treatment of pilonidal disease. A new simplified technic. *J Chir (Paris)* 120, 347–350 (1983).
103. Gupta, P. J. Radio surgery in pilonidal sinus: a new approach for the old problem. *Acta Chir Belg* 105, 183–186 (2005).
104. Rouch, J. D. et al. Short- and Long-term Results of Unroofing and Marsupialization for Adolescent Pilonidal Disease. *JAMA Surg* 151, 877–879, <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2016.0850> (2016).
105. Houston, H. E. One-stage cure of infected pilonidal cysts. *Am Surg* 43, 517–519 (1977).
106. Shah, S. T. A., Tahir, M., Nasir, M., Paracha, S. A. & Wahab, K. Outcome of open versus closed surgical technique for treatment of chronic pilonidal sinus: a randomized controlled trial. *Khyber Med Univ J* 5, 146–151 (2013).
107. Tetrick, J. E. Limited excision of pilonidal cyst and sinus. *Ohio State Med J* 67, 135–138 (1971).

108. Zagory, J. A., Golden, J., Holoyda, K., Demeter, N. & Nguyen, N. X. Excision and Primary Closure May Be the Better Option in the Surgical Management of Pilonidal Disease in the Pediatric Population. *Am Surg* 82, 964–967 (2016).
109. Khodakaram, K., Stark, J., Hoglund, I. & Andersson, R. E. Minimal Excision and Primary Suture is a Cost-Efficient Definitive Treatment for Pilonidal Disease with Low Morbidity: A Population-Based Interventional and a Cross-Sectional Cohort Study. *World J Surg* 41, 1295–1302, <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3828-z> (2017).
110. Gupta, P. A comparison of two operations for pilonidal sinus disease. *Nig J Surg Res* 6, 41–45 (2004).
111. Sasse, K. C., Brandt, J., Lim, D. C. & Ackerman, E. Accelerated healing of complex open pilonidal wounds using MatrisTem extracellular matrix xenograft: nine cases. *J Surg Case Rep* 2013, <https://doi.org/10.1093/jscr/rjt025> (2013).
112. Elbanna, H. G. et al. Novel Approach of Treatment of Pilonidal Sinus Disease With Thrombin Gelatin Matrix as a Sealant. *Dis Colon Rectum* 59, 775–780, <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000604> (2016).
113. Yamashita, Y., Nagae, H. & Hashimoto, I. Ambulatory Surgery for Pilonidal Sinus: Tract Excision and Open Treatment Followed by At-Home Irrigation. *J Med Invest* 63, 216–218, <https://doi.org/10.2152/jmi.63.216> (2016).
114. Calikoglu, I. et al. Phenol Injection Versus Excision With Open Healing in Pilonidal Disease: A Prospective Randomized Trial. *Dis Colon Rectum* 60, 161–169, <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000717> (2017).
115. Carstensen, E. & Keichel, F. Etiology and therapy of pilonidal sinus. *Chirurg* 34, 303–308 (1963).
116. Speter, C., Zmora, O., Nadler, R., Shinhar, D. & Bilik, R. Minimal incision as a promising technique for resection of pilonidal sinus in children. *J Pediatr Surg*, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.03.040> (2017).
117. Gerhard, H. On the understanding and treating coccygeal fistulae. *Z. Arztl. Fortbild.* 57, 841–843 (1963).
118. Ozcan, R. et al. Which treatment modality for pediatric pilonidal sinus: Primary repair or secondary healing? *Asian J Surg*, <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2017.08.006> (2017).
119. Shirah, B. H. & Shirah, H. A. Factors affecting the outcome and duration of healing of the laid open wound for sacrococcygeal pilonidal sinus: A prospective cohort study of 472 patients. *Wound Medicine* 18, 52–56, <https://doi.org/10.1016/j.woundm.2017.06.005> (2017).
120. Zuin, M., Fogato, L. & Badin, A. Common risk factors for pilonidal sinus disease recurrence impact the onset of new cardiovascular disease in the longterm: a 5-year follow-up study. *World J Surg* (2017).
121. Danne, J., Gwini, S., McKenzie, D. & Danne, P. A Retrospective Study of Pilonidal Sinus Healing by Secondary Intention Using Negative Pressure Wound Therapy Versus Alginate or Gauze Dressings. *Ostomy Wound Manage* 63, 47–53 (2017).
122. Doll, D. et al. Methylene Blue halves the long-term recurrence rate in acute pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 23, 181–187, <https://doi.org/10.1007/s00384-007-0393-9> (2008).
123. Bunko, H. J., Schultheis, A., Meyer, G. & Dusel, W. Surgical revision of the pilonidal sinus with single shot antibiotics. *Chirurg* 66, 220–223 (1995).
124. Kam, B. H. A simple surgical method of treating pilonidal sinus. *Arch Chir Neerl* 28, 43–53 (1976).
125. Rainsbury, R. M. & Southam, J. A. Radical surgery for pilonidal sinus. *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 64, 339–341 (1982).
126. Sondena, K., Andersen, E., Nesvik, I. & Soreide, J. A. Patient characteristics and symptoms in chronic pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 10, 39–42 (1995).
127. Akca, T., Colak, T., Ustunsoy, B., Kantik, A. & Aydin, S. Randomized clinical trial comparing primary closure with the Limberg flap in the treatment of primary sacrococcygeal pilonidal disease. *Br J Surg* 92, 1081–1084, <https://doi.org/10.1002/bjs.5074> (2005).
128. Abu Galala, K. H. et al. Treatment of pilonidal sinus by primary closure with a transposed rhomboid flap compared with deep suturing: a prospective randomised clinical trial. *Eur J Surg* 165, 468–472 (1999).
129. Limongelli, P. et al. D-shape asymmetric and symmetric excision with primary closure in the treatment of sacrococcygeal pilonidal disease. *Am J Surg* 207, 882–889, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2013.06.013> (2014).
130. Khan, P. S., Hayat, H. & Hayat, G. Limberg flap versus primary closure in the treatment of primary sacrococcygeal pilonidal disease: a randomized clinical trial. *Indian J Surg* 75, 192–194, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0430-y> (2013).
131. Dass, T. A., Zaz, M., Rather, A. & Bari, S. Elliptical excision with midline primary closure versus rhomboid excision with limberg flap reconstruction in sacrococcygeal pilonidal disease: a prospective, randomized study. *Indian J Surg* 74, 305–308, <https://doi.org/10.1007/s12262-011-0400-9> (2012).
132. Aldean, L., Shankar, P. J., Mathew, J., Safarani, N. & Haboubi, N. Y. Simple excision and primary closure of pilonidal sinus: a simple modification of conventional technique with excellent results. *Colorectal Dis* 7, 81–85, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2004.00736.x> (2005).
133. Can, M. F., Sevinc, M. M. & Yilmaz, M. Comparison of Karydakjs flap reconstruction versus primary midline closure in sacrococcygeal pilonidal disease: results of 200 military service members. *Surg Today* 39, 580–586, <https://doi.org/10.1007/s00595-008-3926-0> (2009).
134. Gilani, S. N. et al. Excision and primary closure of pilonidal sinus disease: worthwhile option with an acceptable recurrence rate. *Ir J Med Sci* 180, 173–176, <https://doi.org/10.1007/s11845-010-0532-0> (2011).
135. Enshaei, A. & Motearefi, S. Comparison of two surgical methods, primary closure and rotational flap, in patients with chronic pilonidal sinus. *Glob J Health Sci* 6, 18–22, <https://doi.org/10.5539/ghs.v6n7p18> (2014).
136. Emir, S., Topuz, O., Kanat, B. H. & Balli, I. Sinotomy technique versus surgical excision with primary closure technique in pilonidal sinus disease. *Bosn J Basic Med Sci* 14, 263–267, <https://doi.org/10.17305/bjbm.2014.4.139> (2014).
137. Osmanoglu, G. & Yetisir, E. Limberg flap is better for the surgical treatment of pilonidal sinus. Results of a 767 patients series with an at least five years follow-up period. *Chirurgia (Bucur)* 106, 491–494 (2011).
138. Lorant, T., Ribbe, L., Mahteme, H., Gustafsson, U. M. & Graf, W. Sinus excision and primary closure versus laying open in pilonidal disease: a prospective randomized trial. *Dis Colon Rectum* 54, 300–305, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31820246bf> (2011).
139. Onder, A. et al. Pilonidal sinus disease: risk factors for postoperative complications and recurrence. *Int Surg* 97, 224–229, <https://doi.org/10.9738/CC86.1> (2012).
140. Galal Elshazly, W. & Said, K. Clinical trial comparing excision and primary closure with modified Limberg flap in the treatment of uncomplicated sacrococcygeal pilonidal disease. *Alexandria Journal of Medicine* 48, 13–18, <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2011.10.002> (2012).
141. Al-Jaberi, T. M. Excision and simple primary closure of chronic pilonidal sinus. *Eur J Surg* 167, 133–135 (2001).
142. Khaira, H. S. & Brown, J. H. Excision and primary suture of pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 77, 242–244 (1995).
143. Gencosmanoglu, R. & Inceoglu, R. Modified lay-open (incision, curettage, partial lateral wall excision and marsupialization) versus total excision with primary closure in the treatment of chronic sacrococcygeal pilonidal sinus: a prospective, randomized clinical trial with a complete two-year follow-up. *Int J Colorectal Dis* 20, 415–422, <https://doi.org/10.1007/s00384-004-0710-5> (2005).
144. Tritapepe, R. & Di Padova, C. Excision and primary closure of pilonidal sinus using a drain for antiseptic wound flushing. *Am J Surg* 183, 209–211 (2002).
145. El-Shaar, W. M. The modified gluteal sliding plication closure in the treatment of chronic pilonidal sinus. *Int J Colorectal Dis* 25, 887–894, <https://doi.org/10.1007/s00384-010-0911-z> (2010).
146. Milone, M., Musella, M., Salvatore, G., Leongito, M. & Milone, F. Effectiveness of a drain in surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal disease. Results of a randomized and controlled clinical trial on 803 consecutive patients. *Int J Colorectal Dis* 26, 1601–1607, <https://doi.org/10.1007/s00384-011-1242-4> (2011).

147. Serour, F., Somekh, E., Krutman, B. & Gorenstein, A. Excision with primary closure and suction drainage for pilonidal sinus in adolescent patients. *Pediatr Surg Int* 18, 159–161, <https://doi.org/10.1007/s003830100683> (2002).
148. Ertan, T. *et al.* Does technique alter quality of life after pilonidal sinus surgery? *Am J Surg* 190, 388–392, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2004.08.068> (2005).
149. Alptekin, H. *et al.* Specimen index may be a predictive factor for recurrence after primary closure of pilonidal disease. *J Korean Surg Soc* 83, 367–373, <https://doi.org/10.4174/jkss.2012.83.6.367> (2012).
150. Andersson, R. E., Lukas, G., Skullman, S. & Hugander, A. Local administration of antibiotics by gentamicin-collagen sponge does not improve wound healing or reduce recurrence rate after pilonidal excision with primary suture: a prospective randomized controlled trial. *World J Surg* 34, 3042–3048, <https://doi.org/10.1007/s00268-010-0763-2> (2010).
151. Badawy, E. A. & Kanawati, M. N. Effect of hair removal by Nd:YAG laser on the recurrence of pilonidal sinus. *J Eur Acad Dermatol Venerol* 23, 883–886, <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2009.03147.x> (2009).
152. Lee, S. L., Tejlirian, T. & Abbas, M. A. Current management of adolescent pilonidal disease. *J Pediatr Surg* 43, 1124–1127, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2008.02.042> (2008).
153. Othman, I. Skin glue improves outcome after excision and primary closure of sacrococcygeal pilonidal disease. *Indian J Surg* 72, 470–474, <https://doi.org/10.1007/s12262-010-0170-9> (2010).
154. Courtney, S. P. & Merlin, M. J. The use of fusidic acid gel in pilonidal abscess treatment: cure, recurrence and failure rates. *Ann R Coll Surg Engl* 68, 170–171 (1986).
155. Williams, R. S. A simple technique for successful primary closure after excision of pilonidal sinus disease. *Ann R Coll Surg Engl* 72, 313–314, discussion 314–315 (1990).
156. Tejlirian, T., Lee, J. J. & Abbas, M. A. Is wide local excision for pilonidal disease still justified? *Am Surg* 73, 1075–1078 (2007).
157. Shons, A. R. & Mountjoy, J. R. Pilonidal disease: the case for excision with primary closure. *Dis Colon Rectum* 14, 353–355 (1971).
158. Terzi, C., Canda, A. E., Unek, T., Dalgic, E. & Fuzun, M. What is the role of mechanical bowel preparation in patients with pilonidal sinus undergoing surgery? Prospective, randomized, surgeon-blinded trial. *World J Surg* 29, 1465–1471, <https://doi.org/10.1007/s00268-005-0007-z> (2005).
159. Aysan, E., Basak, F., Kinaci, E. & Sevinc, M. Efficacy of local adrenal injection during sacrococcygeal pilonidal sinus excision. *Eur Surg Res* 36, 256–258, <https://doi.org/10.1159/000078861> (2004).
160. Arda, I. S., Guney, L. H., Sevmis, S. & Hicsonmez, A. High body mass index as a possible risk factor for pilonidal sinus disease in adolescents. *World J Surg* 29, 469–471, <https://doi.org/10.1007/s00268-004-7533-y> (2005).
161. Tocchi, A. *et al.* Ambulatory closed surgery for the treatment of pilonidal sinus. *G Chir* 22, 303–307 (2001).
162. Toccaceli, S., Persico Stella, L., Diana, M., Dandolo, R. & Negro, F. Treatment of pilonidal sinus with primary closure. A twenty-year experience. *Chir Ital* 60, 433–438 (2008).
163. Orhalmi, J., Sotona, O., Dusek, T. & Ferko, A. Pilonidal sinus - possibilities surgical treatment. *Rozhl Chir* 93, 491–495 (2014).
164. Russell, J. L. A method of excision and primary closure of pilonidal cysts and sinuses. *Can Med Assoc J* 60, 267–270 (1949).
165. Muzi, M. G. *et al.* Randomized comparison of Limberg flap versus modified primary closure for the treatment of pilonidal disease. *Am J Surg* 200, 9–14, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2009.05.036> (2010).
166. Milone, M. *et al.* Intradermal absorbable sutures to close pilonidal sinus wounds: a safe closure method? *Surg Today* 44, 1638–1642, <https://doi.org/10.1007/s00595-013-0741-z> (2014).
167. Gipponi, M., Reboa, G., Testa, T., Giannini, G. & Strada, P. Tension-free primary closure with autologous platelet gel versus Vitrostac - for the definitive treatment of chronic sacrococcygeal pilonidal disease. *In Vivo* 24, 583–589 (2010).
168. Biffoni, M. *et al.* Pilonidal sinus. Outpatient treatment with local anesthesia. *G Chir* 30, 173–176 (2009).
169. Inan, A., Surgut, O., Sen, M., Bozer, M. & Dener, C. One day surgery for pilonidal disease. *Bratisl Lek Listy* 112, 572–574 (2011).
170. Lee, H. C., Ho, Y. H., Seow, C. F., Eu, K. W. & Nyam, D. Pilonidal disease in Singapore: clinical features and management. *Aust NZ J Surg* 70, 196–198 (2000).
171. Muzi, M. G., Millito, G., Nigro, C., Cadeddu, F. & Farinon, A. M. A modification of primary closure for the treatment of pilonidal disease in day-care setting. *Colorectal Dis* 11, 84–88, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01534.x> (2009).
172. Sevinc, B. *et al.* Randomized prospective comparison of midline and off-midline closure techniques in pilonidal sinus surgery. *Surgery* 159, 749–754, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.09.024> (2016).
173. Nursal, T. Z. *et al.* Prospective randomized controlled trial comparing V-Y advancement flap with primary suture methods in pilonidal disease. *Am J Surg* 199, 170–177, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2008.12.030> (2010).
174. Yildiz, T., Ilce, Z. & Kucuk, A. Modified Limberg flap technique in the treatment of pilonidal sinus disease in teenagers. *J Pediatr Surg* 49, 1610–1613, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.06.011> (2014).
175. Cruz, J. & Ram, M. D. Sacrococcygeal pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 14, 356–359 (1971).
176. Kaya, B., Uctum, Y., Simsek, A. & Kutanis, R. Primary closure in the treatment of pilonidal disease. An easy and effective method. *Kolon Rektum Hast Derg* 20, 59–65 (2010).
177. Abbasi, H. R., Hosseini, S. V., Yarmohammadi, H. & Bolandparvaz, S. Comparison between two methods of excision and primary closure of pilonidal sinus. *Wound pain* 9, 143–146 (2007).
178. Braungart, S., Powis, M., Sutcliffe, J. R. & Sugarman, I. D. Improving outcomes in pilonidal sinus disease. *J Pediatr Surg* 51, 282–284, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.10.076> (2016).
179. Milone, M. *et al.* Pilonidal sinus surgery: could we predict postoperative complications? *Int Wound J*, <https://doi.org/10.1111/ijw.12310> (2014).
180. Doll, D. *et al.* Does gentamycin affect long term recurrence rate in pilonidal sinus surgery? *European Surgery* 43, 236–243, <https://doi.org/10.1007/s10353-011-0615-9> (2011).
181. Ferguson, L. K. Pilonidal Cysts: Treatment by Excision and Primary Suture in Ambulatory Patients. *Ann Surg* 101, 469–477 (1935).
182. Galati, G., Sterpetti, A. V. & Tartaglia, E. Therapeutic approaches to patients with pilonidal sinus based on specific clinical characteristic. *Eur J Plast Surg* 35, 595–598 (2012).
183. Talu, M., Yücel, O. & User, Y. Oblique excision with primary closure for the treatment of pilonidal sinus. *Eur J Plast Surg* 19, 200–203 (1996).
184. Sakr, M. F., Hamed, H. H., Ramadan, M. A., Kantoush, H. E. & Al-Torky, H. M. Pilonidal sinus in Kuwait: Analysis of 801 consecutive patients (2012).
185. Washer, J. D., Smith, D. E., Carman, M. E. & Blackhurst, D. W. Gluteal fascial advancement: an innovative, effective method for treating pilonidal disease. *Am Surg* 76, 154–156 (2010).
186. Muzi, M. G. *et al.* Long-term results of pilonidal sinus disease with modified primary closure: new technique on 450 patients. *Am Surg* 80, 484–488 (2014).
187. Micionovic, M., Horzic, M. & Bunoza, D. The treatment of pilonidal disease of the sacrococcygeal region by the method of limited excision and open wound healing. *Acta Med Croatica* 54, 27–31 (2000).
188. Sendenaa, K. *et al.* Influence of failure of primary wound healing on subsequent recurrence of pilonidal sinus. combined prospective study and randomised controlled trial. *Eur J Surg* 168, 614–618 (2002).
189. Sakr, M. F., Elserafy, M. E. & Hamed, H. M. Management of 634 Consecutive Patients with Chronic Pilonidal Sinus: A Nine-Year Experience of a Single Institute. *Surgical Science* 3, 145–154 (2012).
190. Youssef, T., El-Awady, S. & Farid, M. Tension-free primary closure compared with modified Limberg flap for pilonidal sinus disease: a prospective balanced randomized study. *The Egyptian Journal of Surgery* 34, 85–89 (2015).

191. Mahdy, T. Surgical treatment of the pilonidal disease: primary closure or flap reconstruction after excision. *Dts Colon Rectum* 51, 1816–1822, <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9436-8> (2008).
192. Saylan, B., Ballı, D. N., Duzgun, A. P., Ozer, M. V. & Coskun, F. Which surgical procedure offers the best treatment for pilonidal disease? *Langenbecks Arch Surg* 396, 651–658, <https://doi.org/10.1007/s00423-011-0768-9> (2011).
193. Smith, C. M., Jones, A., Dass, D., Murthi, G. & Lindley, R. Early experience of the use of fibrin sealant in the management of children with pilonidal sinus disease. *J Pediatr Surg* 50, 320–322, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.11.022> (2015).
194. Khanzadas, T. W. & Samad, A. Recurrence after excision and primary closure of pilonidal sinus. *Pak. J. Med. Sci.* 23, 375–379 (2007).
195. Sakr, M. F. & Moussa, M. A. A prospective controlled randomized trial comparing Karydakıs technique and midline closure in patients with recurrent chronic pilonidal sinus. *Surg. Chronicles* 16, 84–90 (2011).
196. Siddiqui, S. S. & Khan, M. A. Pilonidal sinus: Following the Aristotelian middle! *Pak. J. Med. Sci.* 24, 845–848 (2008).
197. Benfatto, G. *et al.* Drainage useful in the excision and closure “per primam” of pilonidal sinus: technical notes. *Chir Ital* 55, 621–624 (2003).
198. Bouq, Y. A., Fazill, F. M., Fawzi, H. A. G. & Parvez, T. Surgical management of pilonidal disease: Our experience. *JK Pract.* 11, 21–26 (2004).
199. Polat, N., Albayrak, D., Ibiş, A. C. & Altan, A. Comparison between karydakıs flap repair and primary closure for surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus [Sakrokoksiggeal pilonidal sinüsün cerrahi tedavisinde karydakıs flap ameliyatı ile primer kapamanın karşılaştırılması]. *Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 25, 87–94 (2008).
200. Toydemir, T., Peşlik, O., Ermeç, E. D. & Turhan, A. N. Comparison of the clinical outcomes of karydakıs flap versus primary closure procedures in the surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus disease [Sakrokoksiggeal pilonidal sinüs hastalığının cerrahi tedavisinde karydakıs flap ile primer kapama prosedürlerinin klinik sonuçlarının karşılaştırılması]. *Med. J. Bakirkoy* 8, 78–81, <https://doi.org/10.5350/BTDMJ/B201208206> (2012).
201. Çağlayan, K. *et al.* The effect of different surgical methods on complications and on the quality of life in pilonidal sinus disease. *Turk. J. Surg.* 27, 94–97, <https://doi.org/10.5097/1300-0705.UCD.950-11.03> (2011).
202. Sakr, M., Habib, M. & Shaheed, A. A. Assessment of Karydakıs technique as compared with midline closure for the management of chronic pilonidal sinus. *J. Pelvic Med. Surg.* 12, 201–206, <https://doi.org/10.1097/01.spv.0000217399.78641.43> (2006).
203. Albahadlı, M. A. & Awazi, L. G. Pilonidal Sinus Excision Using Carbon Dioxide Laser 10600 nm. *Iraqi J Laser* 14, 33–40 (2015).
204. Novotny, G. M. E. and Primary Closure of Pilonidal Sinus. A Critical Review of Forty-Five Cases. *Med Serv J Can* 20, 352–354 (1964).
205. Maniscalco, L., Speranza, G. & Maniscalco, A. The pilonidal sinus: Which management? [Il seno pilonidale: Come trattarlo?]. *Chirurgia* 14, 81–83 (2001).
206. Corst, P. R., Corsi, R., Moura, L. F. R. A., Guerreiro, T. D. T. & Vasconcellos, L. P. Tratamento cirurgico do cisto pilonidal atraves de ressecao e fechamento primario com retalhos cutaneos. *Revista brasileira de colo-proctologia* (2004).
207. Jarufe, C. N., Bannura, G., Contreras, J., Saxton, F. & Marro, P. Enfermedad pilonidal cronica sacrococcygea. *Rev. Chil. Cir.* 51, 66–71 (1999).
208. Blake, P. P. *et al.* Tratamiento quirurgico del quiste pilonidal. *Rev. Chil. Cir* (1997).
209. Alberti, P., Antoci, G., Pasini, M. & Pasini, G. F. Pilonidal sinus: our experience in the surgical treatment by closed method. *Minerva Chir* 45, 733–737 (1990).
210. Aaser, P. & Gruner, O. P. Pilonidal cysts. Excision and intracutaneous absorbable primary suture. *Tidsskr Nor Laegeforen* 112, 206–207 (1992).
211. Klug, W., Knoch, H. G. & Holland-Moritz, A. Sinus pilonidalis. *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung* 78, 711–714 (1984).
212. Bissett, I. P. & Isbister, W. H. The management of patients with pilonidal disease - a comparative study. *Aust N Z J Surg* 57, 939–942 (1987).
213. Sondana, K. *et al.* The role of cefoxitin prophylaxis in chronic pilonidal sinus treated with excision and primary suture. *J Am Coll Surg* 180, 157–160 (1995).
214. Palmieri, B., Gozzi, G. & Rossi, A. Pilonidal cysts: the state of the art and the authors' personal experiences. *Minerva Chir* 49, 377–382 (1994).
215. Diana, G., Muscarella, F., Pepe, D. & Speciale, A. Primary closure in the treatment of pilonidal sinus. Evaluation of immediate and remote results [La chiusura per primam nel trattamento del sinus pilonidalis. Valutazione dei risultati immediati e a distanza]. *Minerva Chir* 41, 765–767 (1986).
216. Muller, X. M., Rothenbuhler, J. M. & Frede, K. E. Sacro-coccygeal cyst: surgical techniques and results. *Helv Chir Acta* 58, 889–892 (1992).
217. Angermann, P. & Belter, E. C. [Pilonidal cyst. A sequence treated with excision and primary suture. *Ugeskr Laeger* 146, 24–26 (1984).
218. Mecchia, P., Tonizzo, C. A. & Flaminia, M. Pilonidal cysts and fistulas: radical excision “en bloc” and closure “per primam”. *Minerva Chir* 50, 553–556 (1995).
219. Rossi, P. *et al.* The pilonidal sinus: its surgical treatment, our experience and a review of the literature. *G Chir* 14, 120–123 (1993).
220. Sias, F., Licheri, S., Secchi, L., Loi, R. & Daniele, G. M. Ambulatory treatment of pilonidal sinus II. Trattamento Ambulatoriale Del Sinus Pilonidalis. *Chirurgia* 7, 639–642 (1994).
221. Pozzi, C. & Tritapepe, R. Healing of the operative wound after radical removal of the Sinus pilonidalis [Guarigione per prima intenzione dopo intervento radicale asportazione del Sinus Pilonidalis]. *Minerva Chir* 44, 2329–2332 (1989).
222. Virgilio, G., Mendicino, F. & Costanzo, A. Sinus pilonidalis. Brief review of literature and contribution to surgical therapy [Il Sinus Pilonidalis. Rivista sintetica della letteratura e contributo alla terapia chirurgica]. 27, 1–40 (1975).
223. Christensen, K., Kronborg, O., Zimmermann-Nielsen, C. & Olsen, H. Incision or primary suture in acute pilonidal abscesses. A prospective randomized study. *Ugeskr Laeger* 147, 3479–3481 (1985).
224. Sarles, J. C., Sastre, B. & Delecourt, P. Treatment of pilonidal cyst with radical excision and primary closure (author's transl). *Gastroenterol Clin Biol* 1, 929–932 (1977).
225. Verbeek, H. O. & Bender, J. Results of treatment of pilonidal sinus by block excision and primary suture. *Arch Chir Neerl* 26, 311–318 (1974).
226. Schonk, J. W. Some aspects of the treatment of the pilonidal sinus. *Arch Chir Neerl* 23, 297–302 (1971).
227. Powell, B. C., Webb, C. B., Ewing, J. A. & Smith, D. E. Gluteal Fascial Advancement for Pilonidal Cyst Disease: A 10-year Review. *Am Surg* 82, 622–625 (2016).
228. Ghannam, W., Ghazy, H., Saed, B. & Farid, M. Limited excision and primary closure for pilonidal sinus. *Egypt J Surg* 28, 43–47 (2009).
229. Almajid, F. M., Alabdralnabi, A. A. & Almulhim, K. A. The risk of recurrence of Pilonidal disease after surgical management. *Saudi Med J* 38, 70–74, <https://doi.org/10.15537/smj.2017.1.15892> (2017).
230. Liboni, N. S. & Fregnani, C. H. T. G. Preliminary results from 28 cases of pilonidal cyst treated by excision and primary closure of the wound, reinforced with support suturing. *Estetika* 5, 148–152 (2007).
231. Roshdy, H., Ali, Y., Askar, W., Awad, I. & Farid, M. Rhomboid flap versus primary closure after excision of sacrococcygeal pilonidal sinus (a prospective randomized study). *Egypt J Surg* 29, 146–152 (2010).
232. Çağlayan, K. *et al.* Investigation of Patient Dependent Factors Effecting Complications and Recurrence in Pilonidal Sinus Disease. *Kolon Rektum Hast Derg* 21, 103–108 (2011).

233. Pomazkin, V. I. & Mansurov, I. V. Choice of operation for treatment of patients with pilonidal sinus. *Vestn Khir Im I I Grek* 167, 85–87 (2008).
234. Grubnik, V. V. & Bakhar, G. A. The use of a laser in the surgical treatment of an epithelial coccygeal cyst. *Klin Khir*, 23–25 (1993).
235. de Quinta Frutosa, R. *et al.* Enfermedad pilonidal. Tratamiento por exéresis en bloque con cierre primario. *Cir Esp* 68, 570–572 (2000).
236. Wani, M., Shah, M., Wani, K. & Malik, A. Excision and primary closure of sacrococcygeal pilonidal sinus using suction drain. *International Surgery Journal*, 837–840, <https://doi.org/10.18203/2349-2902.isj20161158> (2016).
237. Bowers, W. F. & Williamson, W. S. Pilonidal sinus, preliminary report on a fresh approach. *AMA Arch Surg* 73, 931–935 (1956).
238. Abou-Zikry, A. S., Guindi, A. & Hashem, M. Pilonidal sinus and cysts (sacro-coccygeal sinus); report of 22 cases treated by excision and primary suture. *J Egypt Med Assoc* 37, 696–705 (1954).
239. Frostad, H. Sacral dermoidcysts. Especially with a view to their treatment. *Acta chir scand* 93, 23 (1946).
240. Muzi, M. G. *et al.* 389 - Muzi's Tension Free Primary Closure of Pilonidal Sinus Disease: Long-Term Results on 450 Patients. *Gastroenterology* 152, S1212–S1213, [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(17\)34034-9](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(17)34034-9) (2017).
241. Darwish, A., Ekrandarcos, M. & Hegab, A. Sacrococcygeal pilonidal sinus: modified sinotomy versus lay-open, limited excision, and primary closure. *The Egyptian Journal of Surgery* 36, 13–19, <https://doi.org/10.4103/1110-1121.199901> (2017).
242. Ates, U. *et al.* Pilonidal sinus disease surgery in children: the first study to compare crystallized phenol application to primary excision and closure. *J Pediatr Surg*, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.05.012> (2017).
243. Kose, E., Hasbahceci, M., Tonyali, H. & Karagulle, M. Comparative analysis of the same technique—the same surgeon approach in the surgical treatment of pilonidal sinus disease: a retrospective cohort study. *Ann Surg Treat Res* 93, 82–87, <https://doi.org/10.4174/ast.2017.93.2.82> (2017).
244. Ahmadinejad, M., Ahmadi, K., Ahmadinejad, L., Masoud Hashemian, A. & Khademhoseini, P. A Comparison between the Tie-over and Closed Suction Drainage Therapeutic Strategies in Patients Suffering from Sacral Pilonidal Sinus. *Int J Biomed Sci* 12, 149–154 (2016).
245. Hulten, L. Sacral Dermoid–Pilonidal Sinus. *Nord Med* 74, 699–703 (1965).
246. Okus, A., Sevinc, B., Karahan, O. & Eryilmaz, M. A. Comparison of Limberg flap and tension-free primary closure during pilonidal sinus surgery. *World J Surg* 36, 431–435, <https://doi.org/10.1007/s00268-011-1333-y> (2012).
247. Mentas, O. *et al.* Management of pilonidal sinus disease with oblique excision and primary closure: results of 493 patients. *Dis Colon Rectum* 49, 104–108, <https://doi.org/10.1007/s10350-005-0226-2> (2006).
248. Akinci, O. F. Limited separate elliptical excision for complicated pilonidal disease. *Colorectal Dis* 7, 424–425, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2005.00824.x> (2005).
249. Kirchen, P. R. Pilonidal sinus: experience with the Karydakjs flap. *Br J Surg* 83, 1452–1455 (1996).
250. Marzouk, D. M., Abou-Zeid, A. A., Antoniou, A., Hagi, A. & Benziger, H. Sinus excision, release of coccyganeous attachments and dermal-subcuticular closure (XRD procedure): a novel technique in flattening the natal cleft in pilonidal sinus treatment. *Ann R Coll Surg Engl* 90, 371–376, <https://doi.org/10.1308/003588408X285955> (2008).
251. Senapati, A., Cripps, N. P., Flashman, K. & Thompson, M. R. Cleft closure for the treatment of pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 13, 333–336, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2009.02148.x> (2011).
252. Maghsoudi, H., Nezami, N. & Ghamari, A. A. Ambulatory treatment of chronic pilonidal sinuses with lateral incision and primary suture. *Can J Surg* 54, 78–82, <https://doi.org/10.1503/cjs.026309> (2011).
253. Ciftci, F., Abdurrahman, L., Tosun, M. & Bas, G. A new approach: oblique excision and primary closure in the management of acute pilonidal disease. *Int J Clin Exp Med* 7, 5706–5710 (2014).
254. Greenberg, R., Kashtan, H., Skornik, Y. & Werbin, N. Treatment of pilonidal sinus disease using fibrin glue as a sealant. *Tech Coloproctol* 8, 95–98, <https://doi.org/10.1007/s10151-004-0063-7> (2004).
255. Kim, J. K., Jeong, J. C., Lee, J. B., Jung, K. H. & Bae, B. K. S-plasty for pilonidal disease: modified primary closure reducing tension. *J Korean Surg Soc* 82, 63–69, <https://doi.org/10.4174/jks.2012.82.2.63> (2012).
256. Bruscianno, L. *et al.* D-shape asymmetric excision of sacrococcygeal pilonidal sinus with primary closure, suction drain, and subcuticular skin closure: an analysis of risks factors for long-term recurrence. *Surg Innov* 22, 143–148, <https://doi.org/10.1177/1553350614535856> (2015).
257. Zimmerman, C. E. Outpatient excision and primary closure of pilonidal cysts and sinuses. *Am J Surg* 136, 640–642 (1978).
258. Ibrahim, A. M. R. R. Oblique excision and primary closure of pilonidal sinus (sacrococcygeal). *Trends Med. Res.* 7, 62–69, <https://doi.org/10.3923/tmr.2012.62.69> (2012).
259. Bulus, H. & Coskun, A. Is Asymmetric excision primary closure at treatment of pylonidal sinus disease an appropriate choice? *J. Clin. Anal. Med.* 2, 79–81, <https://doi.org/10.4328/jcam.279> (2011).
260. Docimo, L. *et al.* Primary closure of decentered wounds in surgical treatment of pilonidal sinus [La lateralizzazione della cicatrice nel trattamento chirurgico del sinus pilonidali]. *Chirurgia* 11, 239–244 (1998).
261. Karip, A. B. *et al.* Effect of Triclosan-Coated Suture and Antibiotic Prophylaxis on Infection and Recurrence after Karydakjs Flap Repair for Pilonidal Disease: A Randomized Parallel-Arm Double-Blinded Clinical Trial. *Surg Infect (Larchmt)* 17, 583–588, <https://doi.org/10.1089/sur.2015.207> (2016).
262. Yildiz, M. K. *et al.* Karydakjs flap procedure in patients with sacrococcygeal pilonidal sinus disease: experience of a single centre in Istanbul. *Scientific World Journal* 2013, 807027, <https://doi.org/10.1155/2013/807027> (2013).
263. Sewefy, A. M., Hassanen, A., Atyia, A. M. & Saleh, S. K. Karydakjs Flap With Compressing Tie-over Interrupted Sutures Without Drain versus Standard Karydakjs for Treatment of Sacrococcygeal Pilonidal Sinus Disease. *Dis Colon Rectum* 60, 514–520, <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000784> (2017).
264. Akinci, O. F., Coskun, A. & Uzunkoy, A. Simple and effective surgical treatment of pilonidal sinus: asymmetric excision and primary closure using suction drain and subcuticular skin closure. *Dis Colon Rectum* 43, 701–706; discussion 706–707 (2000).
265. Anyanwu, A. C., Hossain, S., Williams, A. & Montgomery, A. C. Karydakjs operation for sacrococcygeal pilonidal sinus disease: experience in a district general hospital. *Ann R Coll Surg Engl* 80, 197–199 (1998).
266. Abdul-Ghani, A. K., Abdul-Ghani, A. N. & Ingham Clark, C. L. Day-care surgery for pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 88, 656–658, <https://doi.org/10.1308/003588406X149255> (2006).
267. Guner, A. *et al.* Limberg flap versus Bascom deff lift techniques for sacrococcygeal pilonidal sinus: prospective, randomized trial. *World J Surg* 37, 2074–2080, <https://doi.org/10.1007/s00268-013-2111-9> (2013).
268. Arslan, K. *et al.* Which flap method should be preferred for the treatment of pilonidal sinus? A prospective randomized study. *Tech Coloproctol* 18, 29–37, <https://doi.org/10.1007/s10151-013-0982-2> (2014).
269. Moran, D. C., Kavanagh, D. O., Adhmed, I. & Regan, M. C. Excision and primary closure using the Karydakjs flap for the treatment of pilonidal disease: outcomes from a single institution. *World J Surg* 35, 1803–1808, <https://doi.org/10.1007/s00268-011-1138-z> (2011).
270. Ates, M., Dirican, A., Sarac, M., Aslan, A. & Colak, C. Short and long-term results of the Karydakjs flap versus the Limberg flap for treating pilonidal sinus disease: a prospective randomized study. *Am J Surg* 202, 568–573, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2010.10.021> (2011).
271. Bessa, S. S. Results of the lateral advancing flap operation (modified Karydakjs procedure) for the management of pilonidal sinus disease. *Dis Colon Rectum* 50, 1935–1940, <https://doi.org/10.1007/s10350-007-9049-7> (2007).

272. Bessa, S. S. Comparison of short-term results between the modified Karydakjs flap and the modified Limberg flap in the management of pilonidal sinus disease: a randomized controlled study. *Dis Colon Rectum* 56, 491–498, <https://doi.org/10.1097/DCR.0b013e31828006f7> (2013).
273. Can, M. F., Sevinc, M. M., Hanceriogullari, O., Yilmaz, M. & Yagci, G. Multicenter prospective randomized trial comparing modified Limberg flap transposition and Karydakjs flap reconstruction in patients with sacrococcygeal pilonidal disease. *Am J Surg* 200, 318–327, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2009.08.042> (2010).
274. Karaca, T. *et al.* Comparison of short-term results of modified Karydakjs flap and modified Limberg flap for pilonidal sinus surgery. *Int J Surg* 10, 601–606, <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2012.10.001> (2012).
275. Rushfeldt, C., Bernstein, A., Norderval, S. & Revhaug, A. Introducing an asymmetric cleft lift technique as a uniform procedure for pilonidal sinus surgery. *Scand J Surg* 97, 77–81 (2008).
276. Gurer, A. *et al.* Is routine cavity drainage necessary in Karydakjs flap operation? A prospective, randomized trial. *Dis Colon Rectum* 48, 1797–1799, <https://doi.org/10.1007/s10350-005-0108-7> (2005).
277. Keshava, A., Young, C. J., Rickard, M. J. & Sinclair, G. Karydakjs flap repair for sacrococcygeal pilonidal sinus disease: how important is technique? *ANZ J Surg* 77, 181–183, <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2006.04003.x> (2007).
278. Nordon, I. M., Senapati, A. & Cripps, N. P. A prospective randomized controlled trial of simple Bascom's technique versus Bascom's cleft closure for the treatment of chronic pilonidal disease. *Am J Surg* 197, 189–192, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2008.01.020> (2009).
279. Sozen, S., Emir, S., Guzel, K. & Ozdemir, C. S. Are postoperative drains necessary with the Karydakjs flap for treatment of pilonidal sinus? (Can fibrin glue be replaced to drains?) A prospective randomized trial. *Ir J Med Sci* 180, 479–482, <https://doi.org/10.1007/s11845-010-0549-4> (2011).
280. Al-Khayat, H. *et al.* Risk factors for wound complication in pilonidal sinus procedures. *J Am Coll Surg* 205, 439–444, <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.04.034> (2007).
281. Anderson, J. H., Yip, C. O., Nagabhushan, J. S. & Connelly, S. J. Day-case Karydakjs flap for pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 51, 134–138, <https://doi.org/10.1007/s10350-007-9150-y> (2008).
282. Kulacoglu, H., Dener, C., Tumer, H. & Aktimur, R. Total subcutaneous fistulectomy combined with Karydakjs flap for sacrococcygeal pilonidal disease with secondary perianal opening. *Colorectal Dis* 8, 120–123, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2005.00872.x> (2006).
283. Senapati, A., Cripps, N. P., Flashman, K. & Thompson, M. R. Cleft Closure for the Treatment of Pilonidal Sinus Disease. *Colorectal Dis* (2009).
284. Tezel, E., Bostanci, H., Anadol, A. Z. & Kurukahvecioglu, O. Cleft lift procedure for sacrococcygeal pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 52, 135–139, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31819734f8> (2009).
285. Theodoropoulos, G. E., Vlahos, K., Lazaris, A. C., Tahteris, E. & Panoussopoulos, D. Modified Bascom's asymmetric midgluteal cleft closure technique for recurrent pilonidal disease: early experience in a military hospital. *Dis Colon Rectum* 46, 1286–1291, <https://doi.org/10.1097/01.DCR.0000084409.63183.5B> (2003).
286. Bertelsen, C. A. Cleft-lift operation for pilonidal sinuses under tumescent local anesthesia: a prospective cohort study of peri- and postoperative pain. *Dis Colon Rectum* 54, 895–900, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31820e852> (2011).
287. Buczak, S., Drage, M., Wells, A. & Guy, R. Sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 11, 657, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2009.01818.x> (2009).
288. Cripps, N., Evans, J., Nordon, I. & Senapati, A. Sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 11, 105–106 (2008).
289. Demircan, F. *et al.* The effect of laser epilation on recurrence and satisfaction in patients with sacrococcygeal pilonidal disease: a prospective randomized controlled trial. *Int J Clin Exp Med* 8, 2929–2933 (2015).
290. Kanat, B. H. *et al.* Comparison of early surgery (unroofing-curettage) and elective surgery (Karydakjs flap technique) in pilonidal sinus abscess cases. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 20, 366–370, <https://doi.org/10.5505/tytes.2014.62547> (2014).
291. Ball, I. *et al.* Effectiveness of Limberg and Karydakjs flap in recurrent pilonidal sinus disease. *Clinics (Sao Paulo)* 70, 350–355, <https://doi.org/10.6061/clinics/2015/05/08> (2015).
292. Ersoy, E. *et al.* Comparison of the short-term results after Limberg and Karydakjs procedures for pilonidal disease: randomized prospective analysis of 100 patients. *Colorectal Dis* 11, 705–710, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01646.x> (2009).
293. Khan, M. I., Jawed, M., Bhura, S., Shalkh, U. & Arif, A. To evaluate the outcome of sacrococcygeal pilonidal sinus excision using karydakjs technique. *Med. Forum Monthly* 25, 57–59 (2014).
294. Ortega, P. M. *et al.* Is the cleft lift procedure for non-acute sacrococcygeal pilonidal disease a definitive treatment? Long-term outcomes in 74 patients. *Surg Today* 44, 2318–2323, <https://doi.org/10.1007/s00595-014-0923-3> (2014).
295. Sit, M., Aktas, G. & Yilmaz, E. E. Comparison of the three surgical flap techniques in pilonidal sinus surgery. *Am Surg* 79, 1263–1268 (2013).
296. Gurer, A., Ozkan, O. F., Kece, C., Kesici, S. & Kucuktulu, U. Modification of the Bascom cleft lift procedure for chronic pilonidal sinus: results in 141 patients. *Colorectal Dis* 15, e402–406, <https://doi.org/10.1111/codi.12243> (2013).
297. Iribarren, B. O., Barra, M. M., Lanzelotti, G. D., Rojas, G. M. & Peña, A. E. Comparison between Limberg and Karydakjs flap for wound closure after pilonidal cyst resection. *Rev. Chil. Cir.* 67, 399–406, <https://doi.org/10.4067/S0718-40262015000400009> (2015).
298. Iesalnieks, I., Deimel, S., Zülke, C. & Schlitt, H. J. Smoking increases the risk of pre- and postoperative complications in patients with pilonidal disease. *J Dtsch Dermatol Ges* 11, 1001–1005, <https://doi.org/10.1111/ddg.12140> (2013).
299. Patel, L. B. & Allen, M. Prolonged delay in healing after surgical treatment of pilonidal sinus is avoidable. *Colorectal Dis* 1, 107–110, <https://doi.org/10.1046/j.1463-1318.1999.00030.x> (1999).
300. Sahin, A., Okcuoglu, E., Seker, D. & Kulacoglu, H. The effect of using methylene blue in surgical treatments of pilonidal disease: a prospective randomized study. *European Surgery* 46, 148–154, <https://doi.org/10.1007/s10353-014-0276-6> (2014).
301. Kumar, N. A. & Sutradhar, P. Karydakjs procedure for sacrococcygeal pilonidal sinus disease: Our experience. *Indian J Plast Surg* 47, 402–406, <https://doi.org/10.4103/0970-0358.146615> (2014).
302. Mohamed, S. J., Kristensen, B. B., Lindgaard, L. & Bisgaard, T. Acceptable effect of multimodal analgesic treatment after a Bascom cleft lift operation. *Dan Med J* 62, A4985 (2015).
303. Melkonian, T. E. *et al.* Short- and long-term results with Karydakjs technique for sacrococcygeal pilonidal disease [Resultados a corto y largo plazo con la técnica de Karydakjs para la enfermedad pilonidal sacrococigea]. *Rev. Chil. Cir.* 65, 25–29 (2013).
304. Abdelrazeq, A. S., Rahman, M., Botterilli, I. D. & Alexander, D. J. Short-term and long-term outcomes of the cleft lift procedure in the management of nonacute pilonidal disorders. *Dis Colon Rectum* 51, 1100–1106, <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9262-z> (2008).
305. Bostanoglu, S., Sakcak, I., Avsar, F. M., Cosgun, E. & Hamamci, E. O. Comparison of Karydakjs technique with Limberg Flap Procedure in Pilonidal Sinus Disease: Advantages of Karydakjs technique. *Pak. J. Med. Sci.* 26, 773–777 (2010).
306. Piskin, T. *et al.* Orifice location guided excision and flap procedures for treatment of sacrococcygeal pilonidal disease. *Adv. Clin. Exp. Med.* 20, 481–488 (2011).
307. Sozen, S. *et al.* Comparison between Karydakjs flap repair and Limberg flap for surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus (short term results). *Turk. J. Surg.* 26, 153–156, <https://doi.org/10.5097/1300-0705.UCD.609-10.01> (2010).

308. Tokac, M., Dumlu, E. G., Aydin, M. S., Yalcin, A. & Kilic, M. Comparison of modified limberg flap and karydakjs flap operations in pilonidal sinus surgery: prospective randomized study. *Int Surg* 100, 870–877, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-14-00213.1> (2015).
309. Guner, A., Cekic, A. B., Boz, A., Turkyilmaz, S. & Kucukulu, U. A proposed staging system for chronic symptomatic pilonidal sinus disease and results in patients treated with stage-based approach. *BMC Surg* 16, 18, <https://doi.org/10.1186/s12893-016-0134-5> (2016).
310. Bannura, C., Barrera, E., Contreras, P., Melo, L. & Soto, C. Ambulatory karydakjs procedure for sacrococcygeal pilonidal disease. *Rev Chil Cir* 61, 256–260 (2009).
311. Larsson, J. C., Allaga, F. D., Granero, L. & Cornet, M. Tratamiento de la Enfermedad Pilonidal Crónica. Comparación de 3 Técnicas Quirúrgicas. *Rev Argent Coloproct* 25, 64–70 (2014).
312. Guillermo Bannura, C. Sacrococcygeal pilonidal disease. risks factors and surgical options [Enfermedad pilonidal sacro-cocigea: Factores de riesgo y tratamiento quirúrgico]. *Rev. Chil. Cir.* 63, 527–533 (2011).
313. Ochoa, E. M., Esquivel, C. M., Badra, R. & Cornet, M. Sacrococcygeal pilonidal disease: results of karydakjs flap vs. limberg flap. *Prensa Med. Argent.* 96, 31–37 (2009).
314. Ramzan, M., Khalid Mirza, M. & Arif Ali, M. Pilonidal Sinus; Experience with Modified Karydakjs Procedure Using Subcuticular Skin Closure. *The Professional Medical Journal* 23, 1499–1504, <https://doi.org/10.17957/tpmj/16.3602> (2016).
315. Keshvari, A., Keramati, M. R., Fazeli, M. S., Kazemeini, A. & Nouritaromiou, M. K. Risk factors for complications and recurrence after the Karydakjs flap. *J Surg Res* 204, 55–60, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.04.035> (2016).
316. Bannura, G. Karydakjs operation for sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Rev Chil Cir* 57, 340–344 (2005).
317. Cubukcu, A. et al. The role of obesity on the recurrence of pilonidal sinus disease in patients, who were treated by excision and Limberg flap transposition. *Int J Colorectal Dis* 15, 173–175 (2000).
318. Arumugam, P. J., Chandrasekaran, T. V., Morgan, A. R., Beynon, J. & Carr, N. D. The rhomboid flap for pilonidal disease. *Colorectal Dis* 5, 218–221 (2003).
319. Mentas, B. B. et al. Modified Limberg transposition flap for sacrococcygeal pilonidal sinus. *Surg Today* 34, 419–423, <https://doi.org/10.1007/s00595-003-2725-x> (2004).
320. Hegele, A., Strombach, F. J. & Schonbach, F. [Reconstructive surgical therapy of infected pilonidal sinus]. *Chirurg* 74, 749–752, <https://doi.org/10.1007/s00104-003-0657-x> (2003).
321. Kays, B. et al. Modified Limberg transposition flap in the treatment of pilonidal sinus disease. *Tech Coloproctol* 16, 55–59, <https://doi.org/10.1007/s10151-011-0799-9> (2012).
322. Yildar, M. & Cavdar, F. Comparison of the Limberg flap and bilateral gluteus maximus advancing flap following oblique excision for the treatment of pilonidal sinus disease. *Surg Today* 44, 1828–1833, <https://doi.org/10.1007/s00595-013-0764-5> (2014).
323. Kapan, M., Kapan, S., Pekmezci, S. & Durgun, V. Sacrococcygeal pilonidal sinus disease with Limberg flap repair. *Tech Coloproctol* 6, 27–32, <https://doi.org/10.1007/s101510200005> (2002).
324. Müller, K. et al. Prospective analysis of cosmesis, morbidity, and patient satisfaction following Limberg flap for the treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 54, 487–494 (2011).
325. Jimenez Romero, C., Alcalde, M., Martin, F., Pulido, A. & Rico, P. Treatment of pilonidal sinus by excision and rhomboid flap. *Int J Colorectal Dis* 5, 200–202 (1990).
326. El-Khadrawy, O., Hashish, M., Ismail, K. & Shalaby, H. Outcome of the rhomboid flap for recurrent pilonidal disease. *World J Surg* 33, 1064–1068, <https://doi.org/10.1007/s00268-009-9920-x> (2009).
327. Akin, M. et al. Comparison of the classic Limberg flap and modified Limberg flap in the treatment of pilonidal sinus disease: a retrospective analysis of 416 patients. *Surg Today* 40, 757–762, <https://doi.org/10.1007/s00595-008-4098-7> (2010).
328. Millito, G. et al. Modified Limberg's transposition flap for pilonidal sinus. Long term follow up of 216 cases. *Ann Ital Chir* 78, 227–231 (2007).
329. Daphan, C., Tekelioğlu, M. H. & Sayilgan, C. Limberg flap repair for pilonidal sinus disease. *Dis Colon Rectum* 47, 233–237 (2004).
330. Eryilmaz, R., Sahin, M., Allimoglu, O. & Dasiran, F. Surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus with the Limberg transposition flap. *Surgery* 134, 745–749, [https://doi.org/10.1016/s0039-6060\(03\)00163-6](https://doi.org/10.1016/s0039-6060(03)00163-6) (2003).
331. Gwynn, B. R. Use of the rhomboid flap in pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 68, 40–41 (1986).
332. Karakayali, F. et al. Unroofing and marsupialization vs. rhomboid excision and Limberg flap in pilonidal disease: a prospective, randomized, clinical trial. *Dis Colon Rectum* 52, 496–502, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31819a3ec0> (2009).
333. Lahooti, M., Taheri, P. A., Nezami, B. G. & Asa, S. Sacrococcygeal pilonidal sinus treated by a new fascio-cutaneous flap. *Dis Colon Rectum* 51, 588–592, <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9211-x> (2008).
334. Lieto, E. et al. Dufourmental rhomboid flap in the radical treatment of primary and recurrent sacrococcygeal pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 53, 1061–1068, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e3181daf225> (2010).
335. Aithal, S. K., Rajan, C. S. & Reddy, N. Limberg flap for sacrococcygeal pilonidal sinus a safe and sound procedure. *Indian J Surg* 75, 298–301, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0489-5> (2013).
336. Millito, G., Cortese, F. & Casciani, C. U. Rhomboid flap procedure for pilonidal sinus: results from 67 cases. *Int J Colorectal Dis* 13, 113–115 (1998).
337. Aslam, M. N., Shoab, S. & Choudhry, A. M. Use of Limberg flap for pilonidal sinus - a viable option. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 21, 31–33 (2009).
338. Topgul, K., Ozdemir, E., Kilic, K., Gokbayir, H. & Ferahkose, Z. Long-term results of limberg flap procedure for treatment of pilonidal sinus: a report of 200 cases. *Dis Colon Rectum* 46, 1545–1548, <https://doi.org/10.1097/01.DCR.0000089114.56612.06> (2003).
339. Urban, M. K., Kucukel, F., Topgul, K., Ozer, I. & Sari, S. Rhomboid excision and Limberg flap for managing pilonidal sinus: results of 102 cases. *Dis Colon Rectum* 45, 656–659 (2002).
340. Kirklil, C. et al. The effects of drainage on the rates of early wound complications and recurrences after Limberg flap reconstruction in patients with pilonidal disease. *Tech Coloproctol* 15, 425–429, <https://doi.org/10.1007/s10151-011-0782-5> (2011).
341. Darwish, A. M. & Hassanin, A. Reconstruction following excision of sacrococcygeal pilonidal sinus with a perforator-based fasciocutaneous Limberg flap. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 63, 1176–1180, <https://doi.org/10.1016/j.jplrs.2009.05.051> (2010).
342. Altıntoprak, E. et al. Retrospective review of pilonidal sinus patients with early discharge after Limberg flap procedure. *Int Surg* 99, 28–34, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-13-00150.1> (2014).
343. Omer, Y., Hayrettin, D., Murat, C., Mustafa, Y. & Evren, D. Comparison of modified limberg flap and modified elliptical rotation flap for pilonidal sinus surgery: a retrospective cohort study. *Int J Surg* 16, 74–77, <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.02.024> (2015).
344. Yoldas, T. et al. Recurrent pilonidal sinus: lay open or flap closure, does it differ? *Int Surg* 98, 319–323, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-13-00081.1> (2013).
345. Katsoulis, I. E., Hibberts, F. & Carapeti, E. A. Outcome of treatment of primary and recurrent pilonidal sinuses with the Limberg flap. *Surgeon* 4(7–10), 62 (2006).
346. Erdem, E., Sungurtekin, U. & Nessar, M. Are postoperative drains necessary with the Limberg flap for treatment of pilonidal sinus? *Dis Colon Rectum* 41, 1427–1431 (1998).
347. Tekin, A. Pilonidal sinus: experience with the Limberg flap. *Colorectal Dis* 1, 29–33, <https://doi.org/10.1046/j.1463-1318.1999.00007.x> (1999).

348. Akin, M. *et al.* Rhomboid excision and Limberg flap for managing pilonidal sinus: long-term results in 411 patients. *Colorectal Dis* 10, 945–948, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01563.x> (2008).
349. Sabuncuoglu, M. Z. *et al.* Eyedrop-shaped, modified Limberg transposition flap in the treatment of pilonidal sinus disease. *Asian J Surg* 38, 161–167, <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2015.03.007> (2015).
350. Afariar, C. E. *et al.* Treatment of adolescent pilonidal disease with a new modification to the Limberg flap: symmetrically rotated rhomboid excision and lateralization of the Limberg flap technique. *J Pediatr Surg* 48, 1744–1749, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2013.01.029> (2013).
351. Yamout, S. Z. *et al.* Early experience with the use of rhomboid excision and Limberg flap in 16 adolescents with pilonidal disease. *J Pediatr Surg* 44, 1586–1590, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2008.11.033> (2009).
352. Altinli, E., Koksul, N., Onur, E., Celik, A. & Sumer, A. Impact of fibrin sealant on Limberg flap technique: results of a randomized controlled trial. *Tech Coloproctol* 11, 22–25, <https://doi.org/10.1007/s10151-007-0320-7> (2007).
353. Bozkurt, M. K. & Tezel, E. Management of pilonidal sinus with the Limberg flap. *Dis Colon Rectum* 41, 775–777 (1998).
354. Colak, T., Turkmenoglu, O., Dag, A., Akca, T. & Aydin, S. A randomized clinical study evaluating the need for drainage after Limberg flap for pilonidal sinus. *J Surg Res* 158, 127–131, <https://doi.org/10.1016/j.jss.2008.11.005> (2010).
355. Cihan, A. *et al.* Superiority of asymmetric modified Limberg flap for surgical treatment of pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 49, 244–249, <https://doi.org/10.1007/s10350-005-0253-z> (2006).
356. Manterca, C., Barroso, M., Araya, J. C. & Fonseca, L. Pilonidal disease: 25 cases treated by the Dufourmental technique. *Dis Colon Rectum* 34, 649–652 (1991).
357. Ardelt, M. *et al.* Sequential intervention with primary excision and Limberg plastic surgery procedure for treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus: Results of a pilot study. *Chirurg* 86, 771–775, <https://doi.org/10.1007/s00104-014-2963-z> (2015).
358. Faux, W., Pillai, S. C. & Gold, D. M. Limberg flap for pilonidal disease: the “no-protractor” approach, 3 steps to success. *Tech Coloproctol* 9, 153–155, <https://doi.org/10.1007/s10151-005-0216-3> (2005).
359. Karakas, B. R. *et al.* Is the lateralization distance important in terms in patients undergoing the modified Limberg flap procedure for treatment of pilonidal sinus? *Tech Coloproctol* (2014).
360. El-Tawil, S. & Carapetti, E. Use of a double rhomboid transposition flap in the treatment of extensive complex pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 11, 313–317, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01596.x> (2009).
361. Sharma, P. P. Multiple Z-plasty in pilonidal sinus—a new technique under local anesthesia. *World J Surg* 30, 2261–2265, <https://doi.org/10.1007/s00268-005-0632-6> (2006).
362. Unalp, H. R., Deric, H., Kamer, E., Nazli, O. & Onal, M. A. Lower recurrence rate for Limberg vs. V-Y flap for pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 50, 1436–1444, <https://doi.org/10.1007/s10350-007-0276-8> (2007).
363. Akan, K. *et al.* Comparison of surgical Limberg flap technique and crystallized phenol application in the treatment of pilonidal sinus disease: a retrospective study. *Ulus Cerrahi Derg* 29, 162–166, <https://doi.org/10.5152/UCD.2013.2457> (2013).
364. Yabanoglu, H., Karagulle, E., Belli, S. & Turk, E. Results of modified Dufourmental rhomboid flap in patients with extensive Sacrococcygeal pilonidal disease. *Acta Chir Belg* 114, 52–57 (2014).
365. Azizi, R., Alemrajabi, M., Naderan, M. & Shoar, S. Efficacy of modified Limberg flap in surgical treatment of infected pilonidal abscess: a case-control study. *European Surgery* 46, 144–147, <https://doi.org/10.1007/s10353-014-0273-9> (2014).
366. Jonas, J., Blatch, S. & Bahr, R. Surgery of pilonidal sinus using the Limberg flap. *Zentralbl Chir* 125, 976–981, <https://doi.org/10.1055/s-2000-10076> (2000).
367. Kicka, M., Toporcer, T. & Radonak, J. Pilonidal sinus—a classical plastic procedure according to Limberg (Limberg flap procedure) or its modified version? *Rozhl Chir* 90, 482–487 (2011).
368. Karakas, B. R. Comparison of Z-plasty, limberg flap, and asymmetric modified Limberg flap techniques for the pilonidal sinus treatment: review of literature. *Acta Chir Iugosl* 60, 31–37 (2013).
369. Seydam, M. *et al.* Comparison of modified Limberg flap transposition and lateral advancement flap transposition with Burrow's triangle in the treatment of pilonidal sinus disease. *Am J Surg* 210, 772–777, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2015.03.031> (2015).
370. Misiakos, E. P. *et al.* Limberg flap reconstruction for the treatment of pilonidal sinus disease. *Chirurgia (Bucur)* 101, 513–517 (2006).
371. Karaca, A. S., Ali, R., Capar, M. & Karaca, S. Comparison of Limberg flap and excision and primary closure of pilonidal sinus disease, in terms of quality of life and complications. *J Korean Surg Soc* 85, 236–239, <https://doi.org/10.4174/jks.2013.85.5.236> (2013).
372. Yildar, M., Cavdar, F. & Yildiz, M. K. The evaluation of a modified Dufourmental flap after S-type excision for pilonidal sinus disease. *Scientific World Journal* 2013, 459147, <https://doi.org/10.1155/2013/459147> (2013).
373. Sungurtekin, H., Sungurtekin, U. & Erdem, E. Local anesthesia and midazolam versus spinal anesthesia in ambulatory pilonidal surgery. *J Clin Anesth* 15, 201–205 (2003).
374. Roth, R. F. & Moorman, W. L. Treatment of pilonidal sinus and cyst by conservative excision and W-plasty closure. *Plast Reconstr Surg* 60, 412–415 (1977).
375. Altintoprak, F. *et al.* Comparison of the Limberg flap with the V-Y flap technique in the treatment of pilonidal disease. *J Korean Surg Soc* 85, 63–67, <https://doi.org/10.4174/jks.2013.85.2.63> (2013).
376. Dogra, S. & Rao, P. P. Z-Plasty a Rational and Effective Technique for Pilonidal Sinus. *Hellenic Journal of Surgery* 86, 208–211 (2014).
377. Rabbani, S. *et al.* Rhomboid excision with limberg transposition flap in the management of sacrococcygeal pilonidal sinus - a reliable surgical technique. *Pakistan J of Medical and Health Sci* 8 (2014).
378. Madbouly, K. M. Day-case Limberg flap for recurrent pilonidal sinus: does obesity complicate the issue? *Am Surg* 76, 995–999 (2010).
379. Oz, B. *et al.* A comparison of surgical outcome of fasciocutaneous V-Y advancement flap and Limberg transposition flap for recurrent sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Asian J Surg* 6, <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2015.10.002> (2015).
380. Rao, J., Deora, H. & Mandla, R. A Retrospective Study of 40 Cases of Pilonidal Sinus with Excision of Tract and Z-plasty as Treatment of Choice for Both Primary and Recurrent Cases. *Indian J Surg* 77, 691–693, <https://doi.org/10.1007/s12262-013-0983-4> (2013).
381. Moosavi, S. R., Kharazm, P. & Vaghardoost, R. Surgical treatment of pilonidal sinus with a fasciocutaneous rotation flap based on an inferior pedicle. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 40, 281–283, <https://doi.org/10.1080/02844310600869811> (2006).
382. Das, K. *et al.* Diathermy versus scalpel in Limberg flap in pilonidal sinus surgery. A prospective randomized trial. *Ann Ital Chir* 85, 148–152 (2014).
383. Fahim, M. *et al.* Limberg FLAP Reconstruction for Pilonidal Sinus Disease: An Experience. *Ann Pak Inst Med Sci* 9, 215–218 (2013).
384. Shabir, E., Khan, B. A. & Mian, M. A. Rhomboid excision with Limberg flap a novel treatment for sacrococcygeal pilonidal sinus. *Pak J Med Health Sci* 8, 687–690 (2014).
385. Bayhan, Z. *et al.* Crystallized phenol application and modified Limberg flap procedure in treatment of pilonidal sinus disease: A comparative retrospective study. *Asian J Surg* 39, 172–177, <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2015.12.007> (2016).
386. Al-Hafif, M. B. *et al.* Rhomboid flap - A primary cure for pilonidal sinus. *Kuwait Med J* 42, 282–285 (2010).
387. Tardu, A., Haslak, A., Özçinar, B. & Başak, F. Comparison of Limberg and Dufourmental flap in surgical treatment of pilonidal sinus disease. *Turk J Surg* 27, 35–40, <https://doi.org/10.5097/1300-0705.UCD.659-11.04>

388. Sellés, R. *et al.* Complete excision and marsupialization of chronic pilonidal sacrococcygeal sinus: The ideal technique? *Cir. Esp.* 72, 92–94, [https://doi.org/10.1016/S0009-739X\(02\)72016-2](https://doi.org/10.1016/S0009-739X(02)72016-2) (2002).
389. Tschudi, J. & Ris, H. B. Morbidity of Z-plasty in the treatment of pilonidal sinus. *Chirurg* 59, 486–490 (1988).
390. Abu Galala, K. H., Salam, I. M. A., El Ashaal, Y. I., Chandran, V. P. & Sim, A. J. W. Excision of pilonidal sinus and primary closure by a rhomboid flap transposition. *Asian J. Surg.* 19, 305–308 (1996).
391. Ferreira Montero, V., Garcia Fabian, A. P., Martinez Laganga, A. & Perez Ruiz, L. Rhombic plastia in the form of an 'L' for treating pilonidal cysts [La plastia en 'L' de Rombo para el tratamiento de los Quistes Pilonidales]. *Cir. Esp.* 31, 153–158 (1977).
392. Kushwaha, R., El-Tawil, S., Hibberts, F., Katsoulis, I. E. & Carapeti, E. Treatment of complex primary and recurrent pilonidal sinus with a Rhomboid Transposition Flap. *Br J Surg* 93, 1–104 (2006).
393. Behdad, A. & Hosseinpour, M. Z-plasty for the treatment of residual cavity after pilonidal sinus excision. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran* 14, 317–319 (2001).
394. Lauterbach, H. H. & Konrad, U. Zweiphasenkonzept zur Therapie des infizierten Sinus pilonidals. *Chir Praxis* 55, 623–628 (1999).
395. Mutaf, M., Temel, M. & Koc, M. N. A New Surgical Technique for Closure of Pilonidal Sinus Defects: Triangular Closure Technique. *Med Sci Monit* 23, 1033–1042 (2017).
396. Raza, M. W. *et al.* Limberg flap for pilonidal sinus. *J Rawal Med coll* 16, 132–134 (2012).
397. Khanna, A. K. & Tiwary, S. K. Pilonidal sinus disease with especial reference to Limberg flap. *Apollo Medicine* 12, 163–169, <https://doi.org/10.1016/j.apme.2015.07.013> (2015).
398. Montes, O., Bagci, M., Bilgin, T., Ozgul, O. & Ozdemir, M. Limberg flap procedure for pilonidal sinus disease: results of 353 patients. *Langenbecks Arch Surg* 393, 185–189, <https://doi.org/10.1007/s00423-007-0227-9> (2008).
399. Oncel, M. *et al.* Excision and marsupialization versus sinus excision for the treatment of limited chronic pilonidal disease: a prospective, randomized trial. *Tech Coloproctol* 6, 165–169, <https://doi.org/10.1007/s101510200037> (2002).
400. Abramson, D. J. An open, semiprimary closure operation for pilonidal sinuses, using local anesthesia. *Dis Colon Rectum* 13, 215–219 (1970).
401. Abramson, D. J. & Cox, P. A. The marsupialization operation for pilonidal cysts and sinuses under local anesthesia with lidocaine; an ambulatory method of treatment. *Ann Surg* 139, 341–349 (1954).
402. Aldemir, M., Kara, I. H., Erten, G. & Tacyildiz, I. Effectiveness of collagenase in the treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Surg Today* 33, 106–109, <https://doi.org/10.1007/s005950300022> (2003).
403. Ozbalci, G. S., Tuncal, S., Bayraktar, K., Tasova, V. & Ali Akçus, M. Is gentamicin-impregnated collagen sponge to be recommended in pilonidal sinus patient treated with marsupialization? A prospective randomized study. *Ann Ital Chir* 85, 576–582 (2014).
404. Zimmerman, C. E. Outpatient excision and primary closure of pilonidal cysts and sinuses. Long-term follow-up. *Am J Surg* 148, 658–659 (1984).
405. Brockbank, M. J. Pilonidal Cyst. *Am J Surg* 68, 4 (1945).
406. Licheri, S. *et al.* Radical treatment of a acute pilonidal abscess by marsupialization. *G Chir* 25, 414–416 (2004).
407. Gonzalo Inostroza, L. *et al.* Pilonidal cyst abscess: Definitive treatment in a single time during the acute, short-term results [Quiste pilonidal abscedado: Tratamiento definitivo en un solo tiempo durante el episodio agudo, resultados a corto plazo]. *Rev. Chil. Cir.* 63, 54–58 (2011).
408. Perez Oberreuter, G. *et al.* Técnica de marsupialización en quiste pilonidal: 7 años de experiencia. *Rev. Chil. Cir.* 50 (1998).
409. Duchateau, J., De Mol, J., Bostoen, H. & Allegaert, W. Pilonidal sinus. Excision–marsupialization–phenolization? *Acta Chir Belg* 85, 325–328 (1985).
410. Abramson, D. J. Excision and delayed closure of pilonidal sinuses. *Surg Gynecol Obstet* 144, 205–207 (1977).
411. Abramson, D. J. Outpatient management of pilonidal sinuses: excision and semiprimary closure technic. *MH Med* 143, 753–757 (1978).
412. Struĳk, D. G., Krediet, R. T., de Glas-Vos, J. W., Boeschoten, E. W. & Arisz, L. Experiences with acute peritoneal dialysis in adults. *Ned Tijdschr Geneesk* 128, 751–755 (1984).
413. Sahsamanis, G. *et al.* Semi-closed surgical technique for treatment of pilonidal sinus disease. *Ann Med Surg (Lond)* 15, 47–51, <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2017.02.004> (2017).
414. Arauz, S., Yamaguchi, N., Schmidt Goffi, F. & Zanoto, A. Tratamiento cirúrgico da doença pilonidal sacrococcygea: estudo comparativo entre as técnicas de marsupialização e de incisão e curetagem [Surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal disease: a comparative study between marsupialization and incision plus curettage techniques]. *Rev Col Bras Cir* 29, 659–662 (2002).
415. Yildirim, D., Sunamak, O., Pergel, A. & Mounla, M. Combined single step definitive treatment in acute pilonidal sinus abscess. *Surg Sci* 1, 24–26 (2010).
416. Cavanagh, C. R. & Schnug, G. E. Definitive Treatment of the Pilonidal Abscess. *Northwest Med* 63, 449–451 (1964).
417. Olmez, A., Kayaalp, C. & Aydin, C. Treatment of pilonidal disease by combination of pit excision and phenol application. *Tech Coloproctol* 17, 201–206, <https://doi.org/10.1007/s10151-012-0903-9> (2013).
418. Al-Naami, M. Y. Outpatient pilonidal sinotomy complemented with good wound and surrounding skin care. *Saudi Med J* 26, 285–288 (2005).
419. Gupta, B. J. Radiofrequency incision and lay open technique of pilonidal sinus (clinical practice paper on modified technique). *Kobe J Med Sci* 49, 75–82 (2003).
420. Kepenekci, I., Demirkcan, A., Celasın, H. & Geçim, I. E. Unroofing and curettage for the treatment of acute and chronic pilonidal disease. *World J Surg* 34, 153–157, <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0245-6> (2010).
421. Al Homoud, S. J., Habib, Z. S., Abdul Jabbar, A. S. & Isbister, W. H. Management of sacrococcygeal pilonidal disease. *Saudi. Med. J.* 22, 762–764 (2001).
422. Elsej, E. & Lund, J. N. Fibrin glue in the treatment for pilonidal sinus: high patient satisfaction and rapid return to normal activities. *Tech Coloproctol* 17, 101–104, <https://doi.org/10.1007/s10151-012-0956-9> (2013).
423. Gidwani, A. L., Murugan, K., Nasir, A. & Brown, R. Incise and lay open: an effective procedure for coccygeal pilonidal sinus disease. *Ir J Med Sci* 179, 207–210, <https://doi.org/10.1007/s11845-009-0450-1> (2010).
424. Oram, Y., Kahraman, E., Karıncaoglu, Y. & Koyuncu, E. Evaluation of 60 patients with pilonidal sinus treated with laser epilation after surgery. *Dermatol Surg* 36, 88–91, <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2009.01387.x> (2010).
425. Klin, B., Heller, O. N. & Kaplan, I. The use of the CO<sub>2</sub> laser in pilonidal sinus disease: preliminary results of an ambulatory prospective study. *J Clin Laser Med Surg* 8, 31–37 (1990).
426. Jensen, S. L. & Harling, H. Prognosis after simple incision and drainage for a first-episode acute pilonidal abscess. *Br J Surg* 75, 60–61 (1988).
427. Garg, P., Garg, M., Gupta, V., Mehta, S. K. & Lakhtaria, P. Laying open (deroofing) and curettage under local anesthesia for pilonidal disease: An outpatient procedure. *World J Gastrointest Surg.* 7, 214–218, <https://doi.org/10.4240/wjgs.v7.i9.214> (2015).
428. Yalcin, S. & Ergul, E. A single-surgeon, single-institute experience of 59 sinotomies for sacrococcygeal pilonidal disease under local anesthesia. *Bratisl Lek Listy* 111, 284–285 (2010).
429. Sozen, S., Ozturk, V. & Das, V. Day-Care Surgery for Pilonidal Sinus Using Sinotomy Technique and Fibrin Glue Injection. *Arch Clin Exp Surg* 1, 138–141 (2012).
430. Qayyum, I., Bal, D. & Tsoraides, S. S. Loop drainage after debridement (LDAD): minimally invasive treatment for pilonidal cyst. *Tech Coloproctol* 20, 591–594, <https://doi.org/10.1007/s10151-016-1469-8> (2016).
431. Isbister, W. H. & Prasad, J. Pilonidal disease. *Aust N Z J Surg* 65, 561–563 (1995).

432. Mikkelsen, K. Pilonidal sinus. A follow-up study of out-patients treated by simple incision. *Ugeskr Laeger* 137, 789–791 (1975).
433. Shirah, B. & Shirah, H. The Effect of Hydrogen Peroxide on the Healing of the Laid Open Wound in the Treatment of Chronic Sacrococcygeal Pilonidal Sinus: A Retrospective Database Analysis of 500 Patients. *International Journal of Surgery and Medicine* 2, 17, <https://doi.org/10.5455/ijsm.woundhealing> (2016).
434. Malik, G. A., Choudary, T. H. & Wahab, A. Pilonidal Sinus; Prevalence and comparison of excision and primary closure with lay open procedure. *Professional Med J* 16, 297–298 (2009).
435. Goswitz, J. T. Sacrococcygeal Pilonidal Sinus Disease. Treatment and Long-Term Follow-up in a Military Hospital Serving Combat-Ready Units. *Arch Surg* 90, 890–892 (1965).
436. Gillquist, J. Prevention of the recurrence of so-called sacral dermoid. *Nord Med* 74, 1315 (1965).
437. Senapati, A., Cripps, N. P. & Thompson, M. R. Bascom's operation in the day-surgical management of symptomatic pilonidal sinus. *Br J Surg* 87, 1067–1070, <https://doi.org/10.1046/j.1365-2168.2000.01472.x> (2000).
438. Gips, M., Melki, Y., Salem, L., Well, R. & Sulkes, J. Minimal surgery for pilonidal disease using trephines: description of a new technique and long-term outcomes in 1,358 patients. *Dis Colon Rectum* 51, 1656–1662; discussion 1662–1653, <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9329-x> (2008).
439. Zorcolo, L., Capra, F., Scintu, F. & Casula, G. Surgical treatment of pilonidal disease. Results with the Bascom's technique. *Minerva Chir* 59, 387–395 (2004).
440. Edwards, M. H. Pilonidal sinus: a 5-year appraisal of the Millar-Lord treatment. *Br J Surg* 64, 867–868 (1977).
441. Iesalnieks, I., Deimel, S., Kienle, K., Schlitt, H. J. & Zulke, C. Pit-picking surgery for pilonidal disease. *Chirurg* 82, 927–931, <https://doi.org/10.1007/s00104-011-2077-9> (2011).
442. Colov, E. P. & Bertelsen, C. A. Short convalescence and minimal pain after out-patient Bascom's pit-pick operation. *Danish medical bulletin* 58, A4348 (2011).
443. Mosquera, D. A. & Quayle, J. B. Bascom's operation for pilonidal sinus. *J R Soc Med* 88, 45P–46P (1995).
444. Neola, B., Capasso, S., Caruso, L., Falato, A. & Ferulano, G. P. Scarless outpatient ablation of pilonidal sinus: a pilot study of a new minimally invasive treatment. *Int Wound J*, <https://doi.org/10.1111/ijw.12350> (2014).
445. Majeski, J. & Stroud, J. Sacrococcygeal pilonidal disease. *Int Surg* 96, 144–147 (2011).
446. Lund, J. N. & Leveson, S. H. Fibrin glue in the treatment of pilonidal sinus: results of a pilot study. *Dis Colon Rectum* 48, 1094–1096, <https://doi.org/10.1007/s10350-004-0905-4> (2005).
447. Iesalnieks, I., Deimel, S. & Schlitt, H. J. "Pit picking" surgery for patients with pilonidal disease: mid-term results and risk factors. *Chirurg* 86, 482–485, <https://doi.org/10.1007/s00104-014-2776-6> (2015).
448. Klaiber, C., Staub, A., Ackermann, D. & Akovbiantz, A. The Lord-Millar operation of pilonidal sinus [Die Sakraldermoidoperation nach Lord-Millar]. *Helv Chir. Acta* 49, 221–222 (1982).
449. Froidevaux, A. & Marti, M. C. Sacro coccygeal cysts. Results of a new series of 51 cases [Kystes Sacro Coccygiens. Resultats d'une nouvelle serie de 51 cas]. *Lyon Chir* 73, 269–271 (1977).
450. Jensen, S. L. & Nielsen, O. V. Lord-Millar brush method in ambulatory treatment of pilonidal cysts. *Ugeskr Laeger* 150, 98–100 (1988).
451. Di Castro, A., Guerra, F., Sandri, G. B. & Maria Ettorre, G. Minimally invasive surgery for the treatment of pilonidal disease. The Gips procedure on 2347 patients. *Int J Surg* 36, 201–205, <https://doi.org/10.1016/j.ijss.2016.10.040> (2016).
452. Petersen, S. Skin preserving pit excision, so-called pit picking. *Pilonidal Sinus Journal* 3, 1–7 (2017).
453. Awad, M. M. & Saad, K. M. Does closure of chronic pilonidal sinus still remain a matter of debate after bilateral rotation flap? (N-shaped closure technique). *Indian J Plast Surg* 39, 157–162 (2006).
454. Polat, C. *et al.* Is oval flap reconstruction a good modification for treating pilonidal sinuses? *Am J Surg* 201, 192–196, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2010.01.025> (2011).
455. Krand, O., Yalt, T., Berber, I., Kara, V. M. & Talloglu, G. Management of pilonidal sinus disease with oblique excision and bilateral gluteus maximus fascia advancing flap: result of 278 patients. *Dis Colon Rectum* 52, 1172–1177, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31819ef582> (2009).
456. Nessar, G., Kayaalp, C. & Seven, C. Elliptical rotation flap for pilonidal sinus. *Am J Surg* 187, 300–303, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2003.11.012> (2004).
457. El-Khatib, H. A. & Al-Basti, H. B. A perforator-based bilobed fasciocutaneous flap: an additional tool for primary reconstruction following wide excision of sacrococcygeal pilonidal disease. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 62, 494–498, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2007.11.043> (2009).
458. Dizen, H., Yoldas, O., Yildiz, M., Cilekar, M. & Dilektasli, E. Modified elliptical rotation flap for sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *ANZ J Surg* 84, 769–771, <https://doi.org/10.1111/ans.12818> (2014).
459. Turan, A., Iler, C., Bas, S. C., Genc, B. & Ozsoy, Z. A new flap for reconstruction of pilonidal sinus: lumbar adipofascial turnover flap. *Ann Plast Surg* 58, 411–415, <https://doi.org/10.1097/01.sap.0000243999.36577.3f> (2007).
460. Schrogendorfer, K. F. *et al.* Prospective evaluation of a single-sided innervated gluteal artery perforator flap for reconstruction for extensive and recurrent pilonidal sinus disease: functional, aesthetic, and patient-reported long-term outcomes. *World J Surg* 36, 2230–2236, <https://doi.org/10.1007/s00268-012-1639-4> (2012).
461. Berkem, H. *et al.* V-Y advancement flap closures for complicated pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 20, 343–348, <https://doi.org/10.1007/s00384-004-0699-9> (2005).
462. Acarturk, T. O., Parsak, C. K., Sakman, G. & Demircan, O. Superior gluteal artery perforator flap in the reconstruction of pilonidal sinus. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 63, 133–139, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2008.07.017> (2010).
463. Schoeller, T., Wechsberger, G., Otto, A. & Papp, C. Pilonidal sinus: experience with the Karydak's flap. *Br J Surg* 84, 890–891 (1997).
464. Dylek, O. N. & Bekereciolu, M. Role of simple V-Y advancement flap in the treatment of complicated pilonidal sinus. *Eur J Surg* 164, 961–964 (1998).
465. Mackowski, A. & Levitt, M. Outcomes of the house advancement flap for pilonidal sinus. *ANZ J Surg*, <https://doi.org/10.1111/ans.13077> (2015).
466. Ekci, B. & Gokce, O. A new flap technique to treat pilonidal sinus. *Tech Coloproctol* 13, 205–209, <https://doi.org/10.1007/s10151-009-0500-8> (2009).
467. Lasheen, A. E., Saad, K. & Raslan, M. Crossed triangular flaps technique for surgical treatment of chronic pilonidal sinus disease. *Arch Surg* 143, 503–505, <https://doi.org/10.1001/archsurg.143.5.503> (2008).
468. Awad, M. M., Saad, K. M., Tolba, A. M. & Gharib, O. H. A simple novel technique for closure of simple and complex pilonidal sinus with either simple (tongue-shaped) or bilobed rotation flap. *Indian J Plast Surg* 44, 47–50 (2007).
469. Eryilmaz, R., Okan, I., Coskun, A., Bas, G. & Sahin, M. Surgical treatment of complicated pilonidal sinus with a fasciocutaneous V-Y advancement flap. *Dis Colon Rectum* 52, 2036–2040, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e3181beb537> (2009).
470. Basterzi, Y. *et al.* Reconstruction of extensive pilonidal sinus defects with the use of S-GAP flaps. *Ann Plast Surg* 61, 197–200, <https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e3181587a06> (2008).
471. Saray, A., Dirlik, M., Caglikulekci, M. & Turkmenoglu, O. Gluteal V-Y advancement fasciocutaneous flap for treatment of chronic pilonidal sinus disease. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 36, 80–84 (2002).

472. Venus, M. R. & Titley, O. G. Outcomes in the repair of pilonidal sinus disease excision wounds using a parasacral perforator flap. *Ann R Coll Surg Engl* 94, 12–16, <https://doi.org/10.1308/003588412X13171221499748>, <https://doi.org/10.1308/003588412X13373405387339> (2012).
473. Yüksel, B. C., Berkem, H., Ozel, H. & Hengirmen, S. A new surgical method of pilonidal sinus treatment: a bilaterally parallel elliptic fascio-cutaneous advancement flap technique. *Bratisl Lek Listy* 113, 728–731 (2012).
474. Sahasrabudhe, P., Panse, N., Waghmare, C. & Waykole, P. V-Y advancement flap technique in resurfacing postexcisional defect in cases with pilonidal sinus disease—study of 25 cases. *Indian J Surg* 74, 364–370, <https://doi.org/10.1007/s12262-011-0403-6> (2012).
475. Ozdemir, H., Unal Ozdemir, Z., Tayfun Sahiner, I. & Senol, M. Whole natal cleft excision and flap: an alternative surgical method in extensive sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Acta Chir Belg* 114, 266–270 (2014).
476. Kayaalp, C., Olmez, A., Aydin, C. & Piskin, T. Tumescence local anesthesia for excision and flap procedures in treatment of pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 52, 1780–1783, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e3181b553bb> (2009).
477. Onishi, K. & Maruyama, Y. Sacral adipofascial turn-over flap for the excisional defect of pilonidal sinus. *Plast Reconstr Surg* 108, 2006–2010 (2001).
478. Sungur, N. et al. V-Y rotation advancement fasciocutaneous flap for excisional defects of pilonidal sinus. *Plast Reconstr Surg* 117, 2448–2454, <https://doi.org/10.1097/prs.0000219170.74059.94> (2006).
479. Demiryilmaz, I. et al. Application of fasciocutaneous V-Y advancement flap in primary and recurrent sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Med Sci Monit* 20, 1263–1266, <https://doi.org/10.12659/MSM.890752> (2014).
480. Yucel, E., Tezcan, L. & Yilmaz, O. C. “Flag Excision an Flap” Procedure: a Novel Modification for Off-Midline Closure After Pilonidal Sinus Excision. *Indian J Surg* (2015).
481. Yazar, M. et al. Cosmetic closure of pilonidal sinus defects with bilateral transpositional adipofascial flaps. *J Plast Surg Hand Surg* 47, 292–296, <https://doi.org/10.3109/2000656X.2013.765884> (2013).
482. Elalfy, K., Emile, S., Lotfy, A., Youssef, M. & Elfekj, H. Bilateral gluteal advancement flap for treatment of recurrent sacrococcygeal pilonidal disease: A prospective cohort study. *Int J Surg* 29, 1–8, <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2016.03.006> (2016).
483. Al Najjar, M. J. & Al-Helhy, S. H. A. Elliptical Rotation Flap for Complicated Pilonidal Sinus. *Iraqi JMS* 13, 56–63 (2015).
484. Kauer, O. G., Correa, V. R. & Rojas, P. H. Utilización del colgajo romboidal simple en el tratamiento quirúrgico de la enfermedad pilonidal. *Rev Chil. Cir.* 51, 623–626 (1999).
485. Trooskin, S. Z. Pilonidal cyst: wide excision and primary closure with an advancement flap. *J Med Soc N J* 82, 367–370 (1985).
486. Stroosma, O. C. Gluteal fascioplasty as a method of primary closure in the treatment of pilonidal sinus. *Arch Chir Neerl* 30, 61–64 (1978).
487. Schoeller, T., Wechselberger, G., Otto, A. & Papp, C. Definite surgical treatment of complicated recurrent pilonidal disease with a modified fasciocutaneous V-Y advancement flap. *Surgery* 121, 258–263 (1997).
488. Fjermers, H. Pilonidal cysts; treatment by Holman's operation. *Acta Chir Scand* 113, 374–379 (1957).
489. Javed, M. A. et al. Comparison of conventional incision and drainage for pilonidal abscess versus novel endoscopic pilonidal abscess treatment (EPAT). *Tech Coloproctol* 20, 871–873, <https://doi.org/10.1007/s10151-016-1546-z> (2016).
490. Kayaalp, C., Olmez, A., Aydin, C., Piskin, T. & Kahraman, L. Investigation of a one-time phenol application for pilonidal disease. *Med Princ Pract* 19, 212–215, <https://doi.org/10.1159/000285291> (2010).
491. Kaymakçoglu, N. et al. Treatment of pilonidal sinus by phenol application and factors affecting the recurrence. *Tech Coloproctol* 9, 21–24, <https://doi.org/10.1007/s10151-005-0187-4> (2005).
492. Sakcak, I., Avsar, F. M. & Cosgun, E. Comparison of the application of low concentration and 80% phenol solution in pilonidal sinus disease. *JRSM Short Rep* 1, 5 (2010).
493. Girgin, M. et al. Minimally invasive treatment of pilonidal disease: crystallized phenol and laser depilation. *Int Surg* 97, 288–292, <https://doi.org/10.9738/CC130.1> (2012).
494. Aygen, E., Arslan, K., Dogru, O., Babug, M. & Camci, C. Crystallized phenol in nonoperative treatment of previously operated, recurrent pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 53, 932–935, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e3181d8283b> (2010).
495. Dag, A., Colak, T., Turkmenoglu, O., Sozutek, A. & Gundogdu, R. Phenol procedure for pilonidal sinus disease and risk factors for treatment failure. *Surgery* 151, 113–117, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2011.07.015> (2012).
496. Dogru, O., Camci, C., Aygen, E., Girgin, M. & Topuz, O. Pilonidal sinus treated with crystallized phenol: an eight-year experience. *Dis Colon Rectum* 47, 1934–1938 (2004).
497. Schneider, I. H., Thaler, K. & Kockerling, F. Treatment of pilonidal sinuses by phenol injections. *Int J Colorectal Dis* 9, 200–202 (1994).
498. Aksoy, H. M., Aksoy, B. & Egemen, D. Effectiveness of topical use of natural polyphenols for the treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus disease: a retrospective study including 192 patients. *Eur J Dermatol* 20, 476–481, <https://doi.org/10.1684/ejd.2010.0978> (2010).
499. Girgin, M. & Kanat, B. H. The results of a one-time crystallized phenol application for pilonidal sinus disease. *Indian J Surg* 76, 17–20, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0548-y> (2014).
500. Kelly, S. B. & Graham, W. J. Treatment of pilonidal sinus by phenol injection. *Ulster Med J* 58, 56–59 (1989).
501. Maurice, B. A. & Greenwood, R. K. A Conservative Treatment of Pilonidal Sinus. *Br J Surg* 51, 510–512 (1964).
502. Stewart, T. J. & Bell, M. The treatment of pilonidal sinus by phenol injection. *Ulster Med J* 38, 167–171 (1969).
503. Hegge, H. G., Vos, G. A., Patka, P. & Hoitsma, H. F. Treatment of complicated or infected pilonidal sinus disease by local application of phenol. *Surgery* 102, 52–54 (1987).
504. Yüksel, M. E. Pilonidal sinus disease can be treated with crystallized phenol using a simple three-step technique. *Acta Dermatovenerol Alp Pannonica Adriat* 26, 15–17 (2017).
505. Emlroglu, M. et al. The effect of phenol concentration on the treatment of pilonidal sinus disease: Early results of a prospective randomized study. *Int Surg*, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-15-00120.1> (2016).
506. Lindholt-Jensen, C. S., Lindholt, J. S. & Beyer, M. Nd-YAG laser treatment of primary and recurrent pilonidal sinus. *Lasers Med Sci* 27, 505–508 (2012).
507. Landa, N., Aller, O., Landa-Gundin, N., Torrontegui, J. & Azpiluz, J. L. Successful treatment of recurrent pilonidal sinus with laser epilation. *Dermatol Surg* 31, 726–728 (2005).
508. Shafigh, Y., Beheshti, A., Charkhchian, M. & Rad, F. S. Successful treatment of pilonidal disease by intense pulsed light device. *Adv Clin Exp Med* 23, 277–282 (2014).
509. Isik, A. et al. The use of fibrin glue without surgery in the treatment of pilonidal sinus disease. *Int J Clin Exp Med* 7, 1047–1051 (2014).
510. Rao, A. C. Cutting seton for pilonidal disease: a new approach. *Tech Coloproctol* 10, 242–244, <https://doi.org/10.1007/s10151-006-0287-9> (2006).
511. Melnero, P., Mori, L. & Gasloli, G. Endoscopic pilonidal sinus treatment (E.P.S.I.T.). *Tech Coloproctol* 18, 389–392, <https://doi.org/10.1007/s10151-013-1016-9> (2014).
512. Hussain, Z. I., Aghahoseini, A. & Alexander, D. Converting emergency pilonidal abscess into an elective procedure. *Dis Colon Rectum* 55, 640–645, <https://doi.org/10.1097/DCR.0b013e31824b9527> (2012).
513. Evers, T. et al. Trends in incidence and long-term recurrence rate of pilonidal sinus disease and analysis of associated influencing factors. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 49, 799–803 (2011).

514. Milone, M. *et al.* Video-assisted ablation of pilonidal sinus: a new minimally invasive treatment—a pilot study. *Surgery* 155, 562–566, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2013.08.021> (2014).
515. Chia, C. L., Tay, V. W. & Mantoo, S. K. Endoscopic pilonidal sinus treatment in the Asian population. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 25, e95–97, <https://doi.org/10.1097/SLE.0000000000000131> (2015).
516. Meirero, P. *et al.* Endoscopic pilonidal sinus treatment (EPSiT): a prospective multicentre trial. *Colorectal Dis*, <https://doi.org/10.1111/codi.13322> (2016).
517. Hemanta, P., Kumar, R. R. & Rao, M. M. Ksharasutra therapy - a minimal invasive parasurgical method in the treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus (Nadi vrana): Result of a pilot study. *Intern. J. Res. Ayurveda Pharm.* 3, 668–670, <https://doi.org/10.7897/2277-4343.03518> (2012).
518. Borde, C. M. & Bruck, H. G. The indications for split thickness skin grafting in recurrent pilonidal sinus [Die Indikation zur Spalthautplastik bei rezidivierendem pilonidalem Sinus (Sakraldermoid)]. *Wiener Klinische Wochenschrift* 85, 624–628 (1973).
519. Jain, Y. *et al.* Endoscopic pilonidal abscess treatment: a novel approach for the treatment of pilonidal abscess. *Ann R Coll Surg Engl* 99, 134–136, <https://doi.org/10.1308/rcsann.2016.0260> (2017).
520. Berger, H. The medical treatment of pilonidal disease. *N Y State J Med* 49, 1313 (1949).
521. Geclin, I. E., Goktug, U. U. & Celasin, H. Endoscopic Pilonidal Sinus Treatment Combined With Crystallized Phenol Application May Prevent Recurrence. *Dis Colon Rectum* 60, 405–407, <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000778> (2017).
522. Suarez Valladares, M. J. & Rodriguez-Prieto, M. A. Laser Nd:YAG to treat primary pilonidal cysts: an alternative treatment. *Br J Dermatol*, <https://doi.org/10.1111/bjd.15929> (2017).
523. Giarratano, G. *et al.* Endoscopic Pilonidal Sinus Treatment: Long-Term Results of a Prospective Series. *JSLs* 21, <https://doi.org/10.4293/JSLs.2017.00043> (2017).
524. Rogers, H. & Dwight, R. W. Pilonidal Sinus: Observations on One Hundred Forty Cases Treated by Cautery Excision. *Ann Surg* 107, 400–418 (1938).
525. Close, A. S. Pilonidal cysts: an analysis of surgical failures. *Ann Surg* 141, 523–526 (1955).
526. Hoffert, P. W. & Healy, M. J. Jr. Pilonidal sinus and cyst: an analysis of the results of surgical therapy in 229 consecutive cases. *Bull N Y Acad Med* 28, 612 (1952).
527. Dwight, R. W. & Maloy, J. K. Pilonidal sinus; experience with 449 cases. *N Engl J Med* 249, 926–930, <https://doi.org/10.1056/NEJM195312032492303> (1953).
528. Breidenbach, L. & Wilson, H. L. Pilonidal Cysts and Sinuses. *Ann Surg* 102, 455–463 (1935).
529. Palumbo, L. T., Larimore, O. M. & Katz, I. A. Pilonidal cysts and sinuses; a statistical review. *AMA Arch Surg* 63, 852–857 (1951).
530. Kleckner, M. S. Pilonidal Sinus: Its surgical management. *Trans Am Proctol Soc* 36, 166 (1936).
531. Matheshetimer, J. L. An ambulant method for the treatment of pilonidal disease. *Am J Surg* 69, 230–231 (1945).
532. Lawrence, K. B. & Baker, W. J. The marsupialization operation for pilonidal sinus; a comparison with other surgical methods in 359 cases. *N Engl J Med* 245, 134–139, <https://doi.org/10.1056/NEJM195107262450403> (1951).
533. Kletman, A. Pilonidal cyst; follow-up studies on 481 patients. *US Armed Forces Med J* 3, 575–580 (1952).
534. Guyuron, B., Dinner, M. I. & Dowden, R. V. Excision and grafting in treatment of recurrent pilonidal sinus disease. *Surg Gynecol Obstet* 156, 201–204 (1983).
535. Jordan, M. H. & Meinecke, H. M. Ambulatory surgery for pilonidal disease. *Am Surg* 45, 360–363 (1979).
536. Felgenbaum, H. A. Excision of acute pilonidal cyst abscess; a preliminary report. *Am J Surg* 94, 636–637 (1957).
537. Brust, J. C. & Sarnier, J. B. Pilonidal cyst. *N Y State J Med* 48, 2138–2144 (1948).
538. Larsen, B. B. Comparative results in operations for pilonidal cysts. *Arch Surg* 56, 516–521 (1948).
539. Heaton, J. R. Surgical treatment of pilonidal disease. *J Mich State Med Soc* 56, 1566–1567 passim (1957).
540. Grau, H. R. Pilonidal sinus; etiology of recurrence. *J Int Coll Surg* 15, 591–604 (1951).
541. Heffetz, C. J. Pilonidal disease; a study of fifty consecutive cases treated successfully by excision and primary closure. *Am J Surg* 96, 405–410 (1958).
542. Comarr, A. E. Pilonidal cysts and/or sinuses: primary closure with the wirebutton retention technic. *Am J Surg* 97, 328–330 (1959).
543. Ross, R. L. Recurrent pilonidal cyst and sinus; a plan of preoperative preparation, operation and postoperative care. *Calif Med* 85, 183–186 (1956).
544. Lechtling, J. J. Simple primary closure for sacrococcygeal pilonidal disease. *Am J Surg* 113, 441–444 (1967).
545. Larsen, B. B. Pilonidal cysts and sinuses; a technic for excision and primary closure. *Ann Surg* 123, 1090–1100 (1946).
546. Hamilton, J. E. & Cattanaach, L. M. Comparative study of chemotherapies in the surgery of pilonidal sinus. *Am J Surg* 74, 449–454 (1947).
547. Goldman, B. Combined therapy for pilonidal (sacrocoxygeal) cyst and sinus; roentgen epilation of operative field prior to surgical excision with primary closure. *J Int Coll Surg* 18, 903–909 (1952).
548. Ferguson, L. K. & Mecray, P. M. Pilonidal Cysts: Excision and primary suture in ambulatory patients. *Am J Surg* 36, 270–277 (1937).
549. Larkin, L. C. Pilonidal cyst; analysis of 100 consecutive cases, emphasizing treatment by radical excision, primary closure and penicillin therapy. *Surg Gynecol Obstet* 82, 694–704 (1946).
550. Bear, N. E. & Woldman, V. F. Treatment of pilonidal cysts. *Wis Med J* 44, 1166–1169 (1945).
551. Bentivegna, S. S. & Procaro, P. Primary closure of pilonidal cystectomy. *Am Surg* 43, 214–216 (1977).
552. Laforet, E. G. Pilonidal sinus; a method of treatment by primary closure. *Am J Surg* 93, 873–875 (1957).
553. Finestone, E. O. Technic of excision and primary closure of pilonidal sinus. *N Y State J Med* 52, 1291–1294 (1952).
554. Turner, E. P. & O'Neill, J. W. Treatment of pilonidal sinus by primary closure; a seven-year study. *AMA Arch Surg* 78, 398–405 (1959).
555. Hamilton, J. E., Stephens, G. & Claugus, C. E. Pilonidal Sinus: Excision and Primary Closure. *Surgery* 54, 597–603 (1963).
556. Beardley, J. M. Treatment of pilonidal cyst and sinus. *AMA Arch Surg* 68, 608–611 (1954).
557. Ziegler, H. R., Murphey, D. R. Jr. & Meek, E. M. Pilonidal cyst and sinus; a new method of excision with primary closure. *Surgery* 20, 690–703 (1946).
558. Bellis, C. J. Pilonidal cyst; treatment by a uniformly successful method. *J Int Coll Surg* 13, 334–337 (1950).
559. Kleitsch, W. P. & Cherry, L. D. Pilonidal sinus; a rational scheme of treatment. *Mil Surg* 111, 96–106 (1952).
560. Casten, D. F., Tan, B. Y. & Ayuyao, A. A technique of radical excision of pilonidal disease with primary closure. *Surgery* 73, 109–114 (1973).
561. Brezin, D., Love, C. & Lawrence, J. Pilonidal cyst. *Am J Surg* 60, 264–266 (1943).
562. Bascom, J. & Bascom, T. Failed pilonidal surgery: new paradigm and new operation leading to cures. *Arch Surg* 137, 1146–1150; discussion 1151 (2002).
563. Bascom, J. & Bascom, T. Utility of the cleft lift procedure in refractory pilonidal disease. *Am J Surg* 193, 606–609; discussion 609, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2007.01.008> (2007).
564. Immerman, S. C. Treatment of pilonidal disease using the Bascom 'Cleft-Lift' procedure. *Am Surg* 80, E49–50 (2014).
565. Bascom, J. U. Repeat pilonidal operations. *Am J Surg* 154, 118–122 (1987).
566. Mansoor, A. & Dickson, D. Z-plasty for treatment of disease of the pilonidal sinus. *Surg Gynecol Obstet* 155, 409–411 (1982).
567. Abramson, D. J. A simple marsupialization technic for treatment of pilonidal sinus long-term follow up. *Ann Surg* 151, 261–267 (1960).
568. Neumeister, C. A. A modification of the marsupialization operation for pilonidal disease. *South Med J* 56, 730–732 (1963).

569. Cavanagh, C. R., Schnug, G. E., Givrin, G. W. & McGonigle, D. J. Definitive marsupialization of the acute pilonidal abscess. *Am Surg* 36, 650–651 (1970).
570. van Ess, L. J. Surgical management of pilonidal disease. *Am J Proctol* 16, 389–393 (1965).
571. Uhle, A. O. Eviration of pilonidal cysts and sinuses. *Northwest Med* 56, 687–690 (1957).
572. Gage, A. A. & Dutta, P. Cryosurgery for pilonidal disease. *Am J Surg* 133, 249–254 (1977).
573. O'Connor, J. J. Surgery plus freezing as a technique for treating pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 22, 306–307 (1979).
574. Miller, R. J. Pilonidal disease. A logical approach. *Postgrad Med* 41, 382–385 (1967).
575. Martino, J. J., Banerjee, S., Brown, S. H. & Waldron, J. E. Human dermal tissue allograft use in treating chronic pilonidal sinus. *Conn Med* 74, 393–398 (2010).
576. Shafiroff, B. G. & Doublet, H. The conservative treatment of pilonidal cyst. *NY State J Med* 46, 891–893 (1946).
577. Crile, G. Jr. A definitive ambulatory treatment for infected pilonidal cysts. *Surgery* 24, 677–679 (1948).
578. Korb, J. H. Infected pilonidal cysts; a simplified method of treatment. *Mil Surg* 108, 29–34 (1951).
579. Bascom, J. Pilonidal disease: long-term results of follicle removal. *Dis Colon Rectum* 26, 800–807 (1983).
580. Bascom, J. Pilonidal disease: origin from follicles of hairs and results of follicle removal as treatment. *Surgery* 87, 567–572 (1980).
581. Turner, F. P. Pilonidal sinus: primary closure with equal musculofascial flaps and removable far-and-near sutures; analysis of fifty-nine consecutive cases. *Ann Surg* 140, 687–694 (1954).
582. Cherry, J. K. Primary closure of pilonidal sinus. *Surg Gynecol Obstet* 126, 1263–1269 (1968).
583. Dwight, R. W. Pilonidal sinus; an evaluation of plastic closure using flaps of gluteal muscle. *AMA Arch Surg* 64, 438–442 (1952).
584. Feit, H. L. The use of thorium X in treatment of pilonidal cyst: a preliminary report. *Dis Colon Rectum* 3, 61–64 (1960).
585. Armstrong, J. H. & Barcia, P. J. Pilonidal sinus disease. The conservative approach. *Arch Surg* 129, 914–917 discussion 917–919 (1994).
586. Pyrtek, L. J. & Bartus, S. A. Excision of Pilonidal Cyst with Simplified Partial Wound Closure. *Surg Gynecol Obstet* 118, 605–608 (1964).
587. Petersen, S. et al. Short-term results of Karydakts flap for pilonidal sinus disease. *Tech Coloproctol* 11, 235–240 (2007).
588. Doll, D., Luedi, M. M., Evers, T., Kauf, P. & Matevosian, E. Recurrence-free survival, but not surgical therapy per se, determines 583 patients' long-term satisfaction following primary pilonidal sinus surgery. *Int J Colorectal Dis* 30, 605–611. <https://doi.org/10.1007/s00384-015-2130-0> (2015).
589. Vogel, P. & Lenz, J. Treatment of pilonidal sinus with excision and primary suture using a local, resorbable antibiotic carrier. Results of a prospective randomized study. *Chirurg* 63, 748–753 (1992).
590. Denkers, D. & Girona, J. Der abszedierte Sinus pilonidalis der Steißbeinregion - Möglichkeiten der chirurgischen Versorgung. *Coloproctology* 18, 257–259 (1996).
591. Eichfuss, H. P., Eichen, R., Koch, G. & Eckert, P. Primary closure of the sinus pilonidalis. *Chirurg* 49, 124–126 (1978).
592. Eichfuss, H. P., Schontag, H. & Pfeiffer, M. A new surgical procedure for treating sacrococcygeal fistulas and cysts. [Ein neues Operationsverfahren der Steißbeinfisteln und -zysten]. *Aktuel Chir* 17, 138–140 (1982).
593. Hasse, F. M., Rademacher, C., Bingham, K. & Lohlein, D. The Dufourmental flap-plasty for treatment of chronic pilonidal sinus. *Chirurg* 69, 663–666 (1998).
594. Jaschke, C. W., Mahtlein, R. & Mangold, G. Results of the Limberg transposition flap in the treatment of pilonidal sinus. *Zentralbl Chir* 127, 712–715. <https://doi.org/10.1055/s-2002-33579> (2002).
595. Friedl, P. G., Rappold, E. M. & Jager, C. Effective and minimally painful surgery of pilonidal sinus - asymmetric transposition flap according to Dufourmental. *J Dtsch Dermatol Ges* 9, 333–335. <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2011.07662.x> (2011).
596. Guenich, A. & Hannekum, A. Primary closure of pilonidal sinus through a slide-swing operation. *Chirurg* 52, 114–117 (1981).
597. Akinci, O. F., Coskun, A., Ozgonul, A. & Terzi, A. Surgical treatment of complicated pilonidal disease: limited separate elliptical excision with primary closure. *Colorectal Dis* 8, 704–709. <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2006.01022.x> (2006).
598. Fuzun, M. et al. Which technique for treatment of pilonidal sinus—open or closed? *Dis Colon Rectum* 37, 1148–1150 (1994).
599. Aydede, H., Erhan, Y., Sakarya, A. & Kumkumoglu, Y. Comparison of three methods in surgical treatment of pilonidal disease. *ANZ J Surg* 71, 362–364 (2001).
600. Cihan, A. et al. Modified Limberg flap reconstruction compares favourably with primary repair for pilonidal sinus surgery. *ANZ J Surg* 74, 238–242. <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2004.02951.x> (2004).
601. Yetim, I., Ozkan, O. V., Dervisoglu, A., Erzurumlu, K. & Canbolant, E. Effect of gentamicin-absorbed collagen in wound healing in pilonidal sinus surgery: a prospective randomized study. *J Int Med Res* 38, 1029–1033 (2010).
602. Kaya, B., Uctum, Y., Simsık, A. & Kutunis, R. Treatment of Pilonidal Sinus with Primary Closure. *A Simple and Effective Method. Kolon Rektum Hast Derg* 20, 59–65 (2010).
603. Küçükkartallar, T., Tekin, A. & Vatansav, C. The comparison of the results of different operation techniques for pilonidal sinus disease. *Genel Tip Derg* 17, 95–97 (2007).
604. Özgültekin, R. et al. Therapy of pilonidal sinus with the Limberg transposition flap. *Chirurg* 66, 192–195 (1995).
605. Yilmaz, S., Kirmilloglu, V. & Katz, D. RAm. *Eur J Surg* 166, 269 (2000).
606. Yetişir, F., Kaya, O. & Baran, I. The comparison of marsupialization and Limberg flap in the treatment of pilonidal disease. *Türk J. Surg.* 21, 184–190 (2005).
607. Zorlu, M. et al. Early results with the Mutaf technique: a novel off-midline approach in pilonidal sinus surgery. *Ann Surg Treat Res* 90, 265–271. <https://doi.org/10.4174/astr.2016.90.5.265> (2016).
608. Arik, M. K. & Borazan, E. Phenol application combined with minimally invasive surgery for pilonidal sinus treatment [Pilonidal sinüste minimal invaziv cerrahi ile kombine fenol uygulamalarımız]. *Anatolian J. Clin. Invest.* 5, 165–168 (2011).
609. Yilmaz, M., Engin, O. & Uyar, M. E. Crystalline Phenol Practices and Clinical Results in our Patients with Pilonidal Sinus. *J Universal Surg* 3, 1–4 (2015).
610. Castronovo, G., Ciulla, A., Urso, G., Tomasello, G. & Damiani, S. Pilonidal sinus: an retrospective analysis of 205 cases. *Ann Ital Chir* 74, 559–563 (2003).
611. Bianco, V., Basile, C. & Tortorella, M. Sacrococcygeal pilonidal sinus disease. Treatment by “open” and “closed” technique: personal experience. *G Chir* 24, 145–147 (2003).
612. Cimarelli, S. & Magnano, G. Treatment of pilonidal sinus. Our experience. *Minerva Chir* 44, 1131–1134 (1989).
613. Pezzangora, V., Averno, V. & Barina, R. Treatment of fistulized pilonidal sinuses by phenol injection. *Chir Ital* 32, 848–854 (1980).
614. Ciccolo, A. et al. Treatment of pilonidal disease in short-stay surgery: personal method. *Ann Ital Chir* 75, 603–605 (2004).
615. Filingeri, V. & Gravante, G. Radiofrequency sinus excision. *Dig. Surg.* 23, 125. <https://doi.org/10.1159/000094136> (2006).
616. Brearley, R. Treatment of pilonidal sinus. *Br Med J* 2, 1256 (1959).
617. Del Papa, M., Mobili, M., Attardo, S., Paolucci, G. & Bracconi, U. Radical excision and primary suture of pilonidal sinus: our experience. *Ann Ital Chir* 63, 507–509; discussion 509–510 (1992).
618. Cianci, F. & Marinaccio, F. Treatment of pilonidal sinus by radical excision and primary closure. Our experience. *Minerva Chir* 39, 1111–1115 (1984).
619. Cortese, M., Benedetti Valentini, G. & Giacomini, S. Personal experience in the treatment of pilonidal sinus. *Minerva Chir* 40, 1137–1139 (1985).
620. Vitale, A., Barberis, G., Maida, P. & Salzano, A. Use of biological glue in the surgical treatment of sacrococcygeal fistulas. *G Chir* 13, 271–272 (1992).

621. Muzi, M. G. *et al.* Muzi's Tension Free Primary Closure of Pilonidal Sinus Disease: Long-Term Results on 450 Patients. *Gastroenterology* 152, S1212–S1213. [https://doi.org/10.1016/s0016-5085\(17\)34034-9](https://doi.org/10.1016/s0016-5085(17)34034-9) (2017).
622. De Nardi, P., Gazzetta, P. G., Fiorentini, G. & Guarneri, G. The cleft lift procedure for complex pilonidal disease. *European Surgery* 48, 250–257. <https://doi.org/10.1007/s10353-016-0428-y> (2016).
623. Casula, G., Uccheddu, A. & Figus, M. Long term results of the Z-plasty method in the treatment of pilonidal sinus. *Minerva Chir* 38, 617–620 (1983).
624. Meinerio, P. & Mori, L. Endoscopic pilonidal sinus treatment (E.P.S.I.T): a new miniminvasive procedure. *Journal of the American College of Surgeons* 219, e75. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2014.07.583> (2014).
625. Robertson, H. R. Pilonidal surgery. *Med J Aust* 1, 375–376 (1981).
626. Thomas, D. Pilonidal sinus: a review of the literature and a report of 100 cases. *Med J Aust* 2, 184–188 (1968).
627. Kitchen, P. R. B. Pilonidal sinus: Excision and primary closure with a lateralised wound - the Karydakis operation. *Aust. New Zealand J. Surg.* 52, 302–305 (1982).
628. McDermott, E. T. Pilonidal sinus treated by Z-plasty. *Aust N Z J Surg* 37, 64–69 (1967).
629. Hobbs, A. F. An operative technique for the treatment of pilonidal sinus. *Aust N Z J Surg* 36, 337–342 (1967).
630. Stephens, F. O. & Sloane, D. R. Management of pilonidal sinus—a modern approach. *Med J Aust* 1, 395–396 (1968).
631. Owen Smith, M. S. Phenol Irrigation for pilonidal sinus. 121, 79–86 (1975).
632. Evangelou, G. & Tiniakos, G. Treatment of pilonidal sinus disease based on pathological observations. *Int Surg* 59, 493–496 (1974).
633. Karydakis, G. E. Easy and successful treatment of pilonidal sinus after explanation of its causative process. *Aust N Z J Surg* 62, 385–389 (1992).
634. Karydakis, G. E. New approach to the problem of pilonidal sinus. *Lancet* 2, 1414–1415 (1973).
635. Toubanakis, G. Treatment of pilonidal sinus disease with the Z-plasty procedure (modified). *Am Surg* 52, 611–612 (1986).
636. Zambouras, D. H. & Karavas, N. Operative Behandlung des Sakraldermoids durch eine neue modifizierte Marsupialisationsmethode. *Chirurg* 7, 330–331 (1971).

### Acknowledgements

We acknowledge the editorial assistance of Jeannie Wurz, Science Writer in the Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Inselspital, Bern University Hospital, University of Bern, 3010 Bern, Switzerland.

### Author contributions

Statistical analysis and calculations: A.O., V.S., M.M.L., P.K., M.S. and D.D. Manuscript editing and interpretation of data: A.O., V.S., M.M.L., P.K., M.S., M.D., A.P.V., K.M.W. and D.D. Manuscript writing: A.O., V.S., M.M.L., A.P.V., P.K. and D.D. Graphic design: A.O., V.S., M.M.L., P.K., M.S. and D.D. Data acquisition: A.O., V.S., M.M.L., M.D., K.M.W. and D.D.

### Competing interests

Dietrich Doll, Andriu Orlik, Katharina Maier, Peter Kauf, Marco Schmid, Maja Diekmann, Andreas P. Vogt, Verena K. Stauffer and Markus M. Luedi declare no competing financial interests. This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors. There are no relevant or minor financial relationships of authors, their relatives, or next of kin with external companies.

### Additional information

**Supplementary information** is available for this paper at <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51159-z>.

**Correspondence** and requests for materials should be addressed to D.D.

**Reprints and permissions information** is available at [www.nature.com/reprints](http://www.nature.com/reprints).

**Publisher's note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

 **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2019



## Turkey is leading in the 21<sup>st</sup> century pilonidal sinus disease research

Dietrich Doll<sup>1</sup>, Verena Stauffer<sup>2</sup>, Maja Diekann<sup>1</sup>, Pieter Van Wyk<sup>3</sup>, Markus M Luedi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Procto-Surgery, St. Marienhospitalm, Vechta, Germany

<sup>2</sup> Department of Emergency Medicine, Lindenhofgruppe, Bern, Switzerland

<sup>3</sup> Karolinska University Hospital, Division of Trauma and Acute Care, Stockholm, Sweden

<sup>4</sup> Bern University Hospital, University of Bern, Department of Anaesthesiology, Bern, Switzerland

### ABSTRACT

**Objective:** Pilonidal sinus disease (PSD) has been a recognized pathology for the past 188 years. We studied whether scientific interest in this common disease has grown or declined over time. Our investigation included analysis of the world literature between 1833 and 2018.

**Material and Methods:** A PubMed search was conducted to identify all publications on pilonidal sinus disease, broken down by country, year of publication and number of patients included or described.

**Results:** The number of patients studied has been increasing, with date of more than 10,000 patients published per decade since 1970, and the total number of affected patients exceeding n=40,000 in 2010 and Turkey leads the research, contributing 39% of the Mediterranean patients and 18% of the patients globally, while Italy provides 26% of the Mediterranean patients and 12% of the global total. Flap studies have increased, whereas primary open treatment studies have decreased from 40% in 1940 to less than 10% at present. Twenty percent of the studies performed today report primary median approaches, and the number of randomized controlled trials has increased.

**Conclusion:** Surgeons in Turkey currently publish the lion's share of the pilonidal sinus literature.

**Keywords:** Hair, pilonidal sinus, surgery, recurrence rate, publications, study size

### INTRODUCTION

Pilonidal sinus disease research began in 1847 with Dr. AW Anderson, who removed tufts of hair from a non-healing wound on the "back" of a young man. Shortly thereafter the wound healed, and the cure was published (1). Since then, there have been thousands of publications, ranging from case reports to studies containing several thousand patients. At the time, open wound treatment was considered the standard of care as this was a septic wound. This became a problem during World War II, when more than 70,000 soldiers were temporarily decommissioned due to open wound treatment for PSD, amassing 47,000 sick leave days in 1941 alone (2). Primary closure was attempted as early as 1933 (3), but wound complications were high in the pre-antibiotic era. Several subsequent publications focused on surgical methods, including H-like (4) and Star-like (5-7) incisions, partial closure, obliteration of dead space using metal wires (8-10) or cotton rolls (11-13), and even perceived advantages and disadvantages of surgical drains (14,15). Roentgen irradiation, radioactive substances and obliterating substances were tried. When antibiotics finally became available to the surgical community (16) and asymmetric flap procedures increased, results improved-and research took off.

Contemporary work still mentions a number of therapeutic options, possibly either due to lack of comprehensive knowledge or to therapeutic negligence. In order to evaluate historical and current research efforts, we analyzed all publications addressing pilonidal sinus disease, from the first description up to the present literature, focusing on the number of patients treated and the number of articles published.

Cite this article as: Doll D, Stauffer V, Diekann M, Wyk PV, Luedi MM. Turkey is leading in the 21<sup>st</sup> century pilonidal sinus disease research. Turk J Surg 2020; 36 (3): 284-290.

#### Corresponding Author

Dietrich Doll

E-mail: ddoll@gmx.de

Received: 23.02.2020

Accepted: 24.04.2020

Available Online Date: 28.09.2020

© Copyright 2020 by Turkish Surgical Society Available online at www.turkjsurg.com

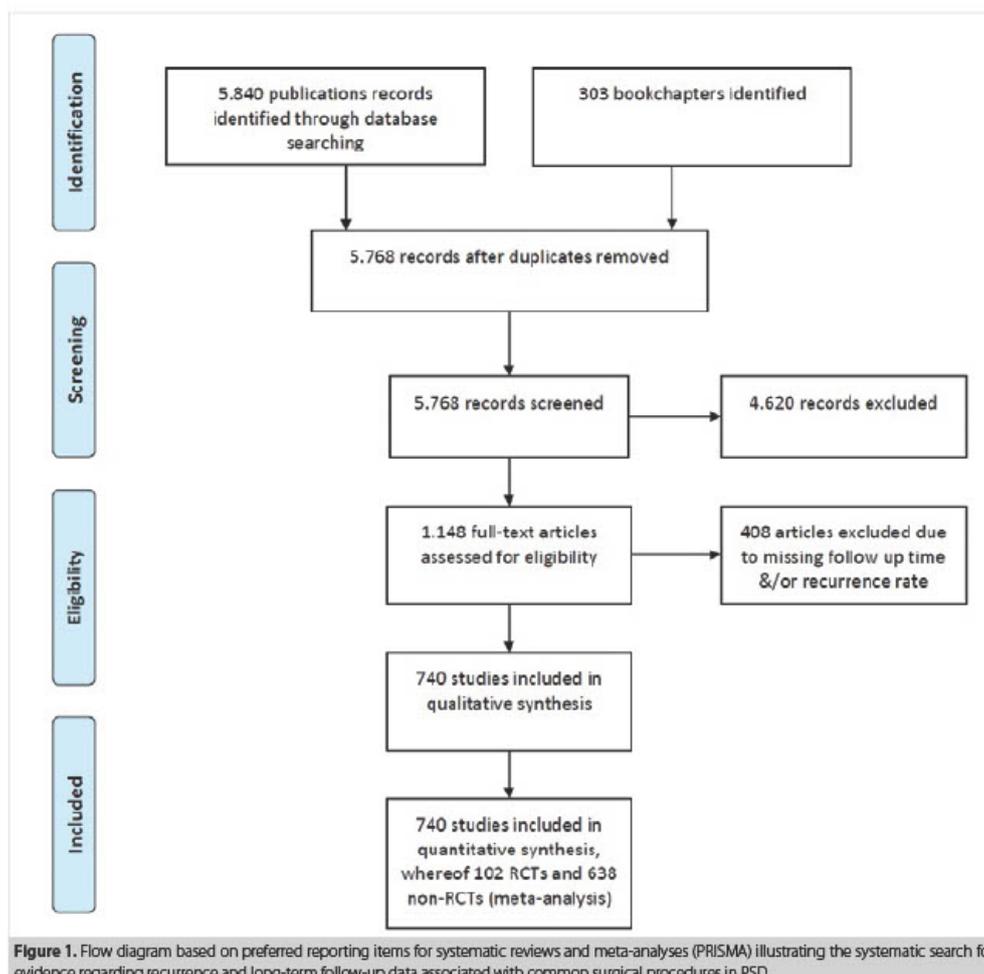
DOI: 10.47717/turkjsurg.2020.4750

## MATERIAL and METHODS

We built a database with all of the literature found in a systematic search for the NCBI Medical Subject Heading (MeSH) term "pilonid\*", as well as "dermoid" AND "cyst" in MEDLINE, PubMed, PubMed Central, Scopus, Ovid, Embase, and the Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), as described previously by Stauffer (17) and Doll (18). In brief, all randomized, non-randomized, prospective, retrospective, and observational studies such as cohort, case-control, and cross-sectional studies, and case reports published between 1833 and 2017 were

included. Figure 1 displays the results of the systematic search for evidence regarding recurrence and long-term follow-up data associated with common surgical procedures in PSD, based on the preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA).

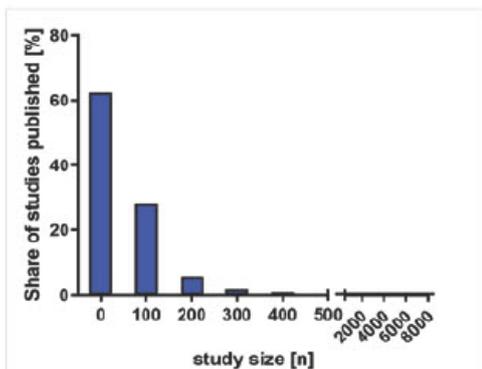
Specific details of data collection, data extraction and quality assessment, as well as grouping of therapeutic procedures and statistical analyses, can be found in the papers by Stauffer (17) and Doll (18).



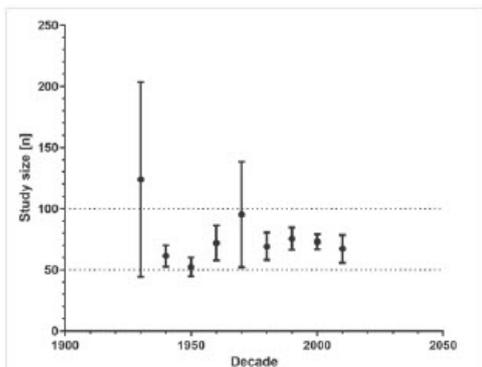
**RESULTS**

The average sample size was  $n = 73$  patients (mean  $n = 33 \pm 8$  patients), with 60% of all studies published between 1833 and 2018 containing fewer than 50 patients (Figure 2). Thirty percent of the publications contained between 50 and 149 patients. Ultimately, 90% of all studies reported fewer than 150 patients on average. Sample size did not increase over time between 1940 and 2010, as illustrated by Figure 3. Here, the sample size over time was depicted from 1930 to 2010 (earlier publications are too scant to calculate a meaningful average). Please note that the values are given in mean  $\pm$  SEM (standard error of the mean).

Interestingly, the sample size per publication did not increase over time, and has remained between  $n = 50$  patients and  $n =$



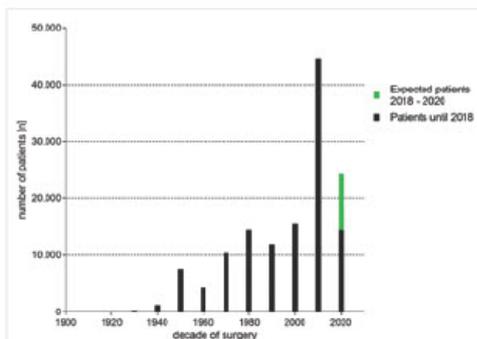
**Figure 2.** Histogram of pilonidal sinus disease (PSD) study sizes from 1833 to 2018.



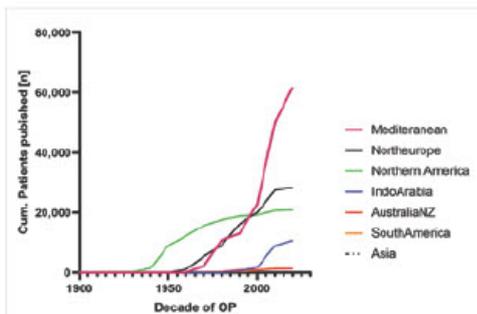
**Figure 3.** Size of published pilonidal sinus studies over time between 1930 and 2010, given as mean  $\pm$  SEM. Data from 1920 and earlier are too few to calculate average values  $\pm$  SEM.

100 patients over the past 8 decades. In order to analyze whether interest in PSD has grown over time, we investigated the total study population over time. Adding up all publications over time in decades, another picture arose (Figure 4). As Figure 4 illustrates, the total number of PSD patients mentioned in pilonidal sinus publications has been increasing significantly since the 1940's. Significant interest in the disease first arose during World War II due to the temporary decommissioning of more than 78,000 soldiers with PSD between 1941 and 1945 (19). Soldiers were absent for weeks and sometimes even months following surgery and primary open treatment. A more than fourfold increase could be seen during the first post-millennial decade.

While publications from North America (Canada and the USA) initially dominated between 1940 and 1950, interest seems to have decreased there, with cumulative numbers plateauing in the past 30 years (Figure 5). Conversely, interest from Northern Europe and the Mediterranean has shown a persistent increase over the



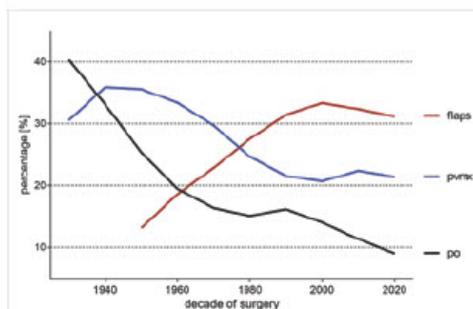
**Figure 4.** Number of published PSD patients according to decade of surgery. Please note that the 2020 value is estimated.



**Figure 5.** Number of pilonidal sinus disease (PSD) patients in research published between 1833 and 2018, by decade of surgery in different land groups (smoothed over 4 decades).

**Table 1.** Distribution of Mediterranean pilonidal sinus disease (PSD) patients in research published between 1833 and 2018

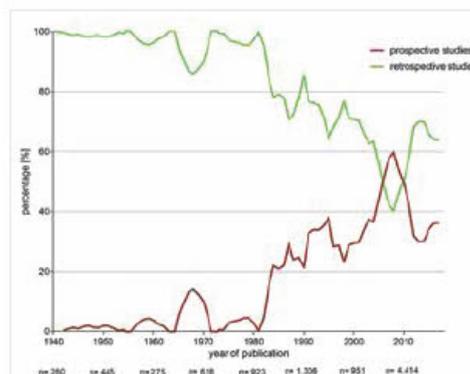
Country	Number of patients [n]	% Mediterranean	% worldwide
Turkey	23.998	38.56%	18.00%
Italy	16.088	25.74%	12.07%
Egypt	3.995	6.39%	3.00%
Spain	1.391	2.23%	1.04%
Israel	6.496	10.39%	4.87%
Greece	9.667	15.47%	7.25%
Lebanon	257	0.41%	0.19%
Croatia	100	0.16%	0.08%
Bosnia-Herzegovina	90	0.14%	0.07%
Morocco	14	0.02%	0.01%
Serbia	127	0.20%	0.10%
Portugal	8	0.01%	0.01%
Total	62.231	100%	46.67%

**Figure 6.** Percentage use of therapeutic methods by decade of surgery (Percentage depicts percentage of patients with certain therapy; smoothed over 4 decades).

past 6 decades. The Indo-Arab region started publishing study results from 2000 onwards. Asian patients are scant, and to our knowledge, there are still no studies from Africa. With the exception of isolated case reports, the disease seems to be practically non-existent among Africans.

In the Mediterranean region, Turkey and Italy are clearly the largest contributors to knowledge of PSD (Table 1). Italy contributed 25% of the Mediterranean patients, and 12% of the global total published between 1833 and 2018. Turkey heads the field, with 39% of Mediterranean and 18% of world PSD patients studied and published within this time frame.

Interest in primary open treatment seems to be decreasing (Figure 6). Flap surgeries are at the forefront, having been used in

**Figure 7.** Percentage of prospective vs. retrospective PSD studies by year of publication, smoothed over 4 decades.

more than 30% of the studies. Twenty percent of the studies still appear to include primary midline closure, which is characterized by prohibitive long-term recurrence rates (17).

Recent literature reveals a 30:60 ratio of retrospective to prospective studies, with a clear decrease in the number of retrospective studies since the 1980's. Despite being more laborious in terms of effort and resources, the perceived benefits and superiority of prospective studies are possible explanations (Figure 7).

## DISCUSSION

Our study shows that a large body of knowledge on pilonidal disease has accumulated in the past decades, and the numbers of both publications and patients recruited are still increasing.

Evidence for new surgical techniques has emerged over the past two decades, with flap techniques being studied much more often compared to primary open or midline technique. It is mindboggling that 20% of the patients studied were still treated with midline closure in 2010 despite prohibitively high recurrence rates. This was impressively shown by Stauffer et al, who analyzed the same patient data as we did (17). With a 32% recurrence rate at 10 years, midline closure is only surpassed by limited excision, with 34% recurrence at 10 years of follow-up (17). These techniques both exceed by far the currently accepted standard of care, delivering acceptable recurrence rates of 1% (good result) to 2% per year of follow up (20).

Most of the contemporary PSD research derives from the Mediterranean. Turkish surgeons have contributed a large body of evidence over the past 40 years, and the share is still rising. There are many potential reasons, including the large case load in the civilian and military populations (both overt and silent disease) (21-23), greater awareness of the disease among surgeons, and scientific interest.

There is increasing evidence that geographical location may contribute to recurrence rate and therapy efficacy (18), as well as social and familial factors (24-27). The large burden of patients has encouraged Turkish surgeons to publish research on the factors contributing to greater PSD incidence (23), such as cut hair removal (28-30) as well as regular showering (31,32). New methods have been proposed (33-35), classifications defined, systematic reviews compiled (36) and rarities published (37-41). It is therefore understandable that of all the general surgical articles in Turkey-15.4% cover pilonidal sinus disease and its treatment (42). More and more surgeons understand that the recurrence rate is a function of time, and while a rate of 2% per year of follow-up (i.e., 4% RR at 2 years) is acceptable, it can be lower (i.e., 5% at 3 years of follow-up) (20,43,44).

This goes hand in hand with an increased willingness to strive for more precise results through prospective randomized studies, which are shown to be increasing. Randomized controlled trials are generally conducted by large private and university-affiliated hospitals with specialized staff and research facilities. Nevertheless, small to midsize hospitals are the main location for pilonidal sinus surgeries, and the expertise of all surgeons involved in the treatment of pilonidal sinus disease is most welcome for inclusion in studies and publications.

We are aware of the limitations of our study, inherent in this type of epidemiological research. First, not all treated patients are included in published studies, and it would in fact be interesting to investigate this relation. Second, texts written in languages other than English, Spanish, French and German are lacking. Third, articles not indexed in PubMed, not published in larger journals, and not accessible via the Internet were not identifiable using our research algorithm. Fourth, there is a cer-

tain lag period between therapy, research, publication and the condensation of extended therapy results in a body of scientifically recognized knowledge. Analyses and recommendations for new therapies therefore often emerge following delays of several years.

It is therefore expected that analysis of additional publications in the coming years will shed more light on emerging and re-emerging techniques such as pit picking, endoscopic surgery and the use of lasers. More precise recurrence rates that incorporate longer follow-ups and new RCTs are to be expected.

The quality of studies has improved remarkably within the last decades, and is expected to increase further. Prospective randomized studies currently constitute 30% of the body of published articles.

## CONCLUSION

In conclusion, both surgical interest and scientific activity are increasing in pilonidal sinus disease, and the Mediterranean region-especially Turkey-is contributing the lion's share to this body of evidence. As there is an increased interest in new treatment methods, new surgical approaches and respective evidence are eagerly awaited.

**Ethics Committee Approval:** This article does not contain any studies with human participants, human samples or live vertebrates. Therefore, no informed consent was needed or obtained prior to preparation of the current manuscript.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept - D.D, VK.S, M.D, Pv.W, M.M.L.; Design - ?? Supervision - D.D, M.M.L.; Data Collection and/or Processing - D.D, VK.S, M.D, Pv.W, M.M.L.; Analysis and Interpretation - D.D, VK.S, M.D, Pv.W, M.M.L.; Writing Manuscript - D.D, VK.S, M.D, Pv.W, M.M.L.; Critical Reviews - D.D, VK.S, M.D, Pv.W, M.M.L.;

**Conflict of Interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Financial Disclosure:** The authors declared that this study has received no financial support.

## REFERENCES

1. Anderson AW. Hair extracted from an ulcer. *Boston Med Surg J* 1847; 36: 74.
2. Granet E, Ferguson LK. Pilonidal Disease. *Am J Surg* 1945; 70: 14.
3. Weinstein M. Pilonidal sinus. *Ann Surg* 1933; 97: 80-4.
4. McCutchen GT. Pilonidal sinus: application of plastic surgical principles in a new surgical approach. *Ann Surg* 1943; 118: 430-7.
5. Gage M. Pilonidal sinus: sacrococcygeal ectodermal cysts and sinuses. *Ann Surg* 1939; 109: 291-303.
6. Berman JK. A method of treatment for pilonidal sinus. *Am J Surg* 1945; 70: 360-3.
7. Cantor AJ. Pilonidal dimple, sinus, cyst and abscess. *J Int Coll Surg* 1945; 8: 514-9.

8. Bowers WF, Williamson WS. Pilonidal sinus; preliminary report on a fresh approach. *AMA Arch Surg* 1956; 73: 931-5.
9. Dwight RW. Pilonidal sinus; an evaluation of plastic closure using flaps of gluteal muscle. *AMA Arch Surg* 1952; 64: 438-42.
10. Finestone EO. Technic of excision and primary closure of pilonidal sinus. *N Y State J Med* 1952; 52: 1291-4.
11. Turner FP. Pilonidal sinus: primary closure with equal musculofascial flaps and removable far-and-near sutures; analysis of fifty-nine consecutive cases. *Ann Surg* 1954; 140: 687-94.
12. Turner FP, O'Neil JW. Treatment of pilonidal sinus by primary closure; a seven-year study. *AMA Arch Surg* 1959; 78: 398-405.
13. Laforet EG. Pilonidal sinus; a method of treatment by primary closure. *Am J Surg* 1957; 93: 873-5.
14. Kline LB. Pilonidal Cyst. *Medical Bulletin of the Veterans Administration* 1935; 11: 241-6.
15. Macfee WF. Pilonidal cysts and sinuses: a method of wound closure: review of 230 cases. *Ann Surg* 1942; 116: 687-99.
16. Holman E. Pilonidal sinus-treatment by primary closure. *Surg Gynecol and Obstet* 1946; 83: 94-100.
17. Stauffer VK, Luedi MM, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, Wieferrich K, et al. Common surgical procedures in pilonidal sinus disease: a meta-analysis, merged data analysis, and comprehensive study on recurrence. *Sci Rep* 2018; 8: 3058.
18. Doll D, Orlik A, Maier K, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, et al. Impact of geography and surgical approach on recurrence in global pilonidal sinus disease. *Sci Rep* 2019; 9: 15111.
19. Clark RL, Jr. The evolution of the treatment of pilonidal cysts and sinuses. *J Indiana State Med Assoc* 1946; 39: 387-92.
20. Doll D. 5- and 10-year recurrence rate is the new gold standard in pilonidal sinus surgery benchmarking. *Med Princ Pract* 2010; 19: 216-7.
21. Akinci OF, Bozer M, Uzunkoy A, Duzgun SA, Coskun A. Incidence and aetiological factors in pilonidal sinus among Turkish soldiers. *Eur J Surg* 1999; 165: 339-42.
22. Aysan E, Ilhan M, Bektas H, Kaya EA, Sam B, Buyukpinarbasili N, et al. Prevalence of sacrococcygeal pilonidal sinus as a silent disease. *Surg Today* 2013; 43: 1286-9.
23. Yücesan S, Dindar H, Olcay I, Okur H, Kilicaslan S, Ergoren Y, et al. Prevalence of congenital abnormalities in Turkish school children. *Eur J of Epidemiol* 1993; 9: 373-80.
24. Doll D, Matevosian E, Wietelmann K, Evers T, Kriner M, Petersen S. Family history of pilonidal sinus predisposes to earlier onset of disease and a 50% long-term recurrence rate. *Dis Colon Rectum* 2009; 52: 1610-5.
25. Kueper J, Evers T, Wietelmann K, Doll D, Roffeis J, Schwabe P, et al. Sinus pilonidalis in patients of German military hospitals: a review. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW* 2015; 4: 8.
26. Yildiz T, Elmas B, Yucak A, Turgut HT, Ilce Z. Risk factors for pilonidal sinus disease in teenagers. *Indian J Pediatr* 2017; 84: 134-8.
27. Yildiz T, Elmas B, Yucak A, Turgut HT, Ilce Z. Risk factors for Pilonidal Sinus Disease in teenagers. *Indian J Pediatr* 2016; 82: 134-8.
28. Bosche F, Luedi MM, van der Zypen D, Moersdorf P, Krapohl B, Doll D. The hair in the sinus: sharp-ended rootless head hair fragments can be found in large amounts in pilonidal sinus nests. *World J Surg* 2018; 42: 567-73.
29. Doll D, Bosche F, Hauser A, Moersdorf P, Sinicina I, Grunwald J, et al. The presence of occipital hair in the pilonidal sinus cavity-a triple approach to proof. *Int J Colorectal Dis* 2018; 33: 567-76.
30. Doll D, Wilhelm D, Ommer A, Albers K, Mordhorst H, Iesalnieks I, et al. Immediate cut hair translocation to the intergluteal fold in the hairdressers shop - another link to pilonidal sinus disease. *PSJ* 2019; 5: 23-32.
31. Bolandparvaz S, Moghadam Dizaj P, Salahi R, Paydar S, Bananzadeh M, Abbasi HR, et al. Evaluation of the risk factors of pilonidal sinus: a single center experience. *Turk J Gastroenterol* 2012; 23: 535-7.
32. Sakmen U, Kara VM, Altintoprak F, Şenol Z. Pilonidal sinus in the army: Its incidence and risk factors. *Turk J Surg Article* 2010; 26: 95-8.
33. Dandin O, Tihan D, Karakas DO, Hazer B, Balta AZ, Aydin OU. A new surgical approach for pilonidal sinus disease: "de-epithelialization technique". *Turk J Surg* 2018; 34: 43-8.
34. Zorlu M, Sahiner IT, Zobaci E, Kocak C, Yasti AC, Dolapci M. Early results with the Mutaf technique: a novel off-midline approach in pilonidal sinus surgery. *Ann Surg Treat Res* 2016; 90: 265-71.
35. Sabuncuoglu MZ, Sabuncuoglu A, Dandin O, Benzin MF, Celik G, Sozen I, et al. Eyedrop-shaped, modified Limberg transposition flap in the treatment of pilonidal sinus disease. *Asian J Surg* 2015; 38: 161-7.
36. Emiroglu M, Karaali C, Esin H, Akpinar G, Aydin C. Treatment of pilonidal disease by phenol application. *Turk J Surg* 2017; 33: 5-9.
37. Agir H, Sen C, Cek D. Squamous cell carcinoma arising adjacent to a recurrent pilonidal disease. *Dermatol Surg* 2006; 32: 1174-5.
38. Eryilmaz R, Bilecik T, Okan I, Ozkan OV, Coskun A, Sahin M. Recurrent squamous cell carcinoma arising in a neglected pilonidal sinus: report of a case and literature review. *Int J Clin Exp Med* 2014; 7: 446-50.
39. Güner A, Barlas D, Çelik F. A very rare presentation of pilomatixoma: Pilonidal sinus [Pilomatiksomatin çok nadir bir prezentasyonu: Pilonoidal sinus]. *Erciyes Tıp Derg Article* 2007; 29: 467-9.
40. Irkoren S, Sivrioğlu N, Karaca H. Rare complication after VAC therapy in the treatment of tissue defect due to surgical excision of pilonidal sinus. *J Wound Ostomy Continence Nurs* 2013; 40: 641-3.
41. Oruc M, Kankaya Y, Colak Aslan O, Ozer K, Kocer U. Squamous cell carcinoma on the basis of pilonidal disease: A complication of chronicity. *EUR J PLAST SURG Letter* 2013; 36: 605-6.
42. 4Mayir B, Bilecik T, Dogan U, Koç U, Ensari CO, Oruc MT. Most cited articles in general surgery from Turkey. *Ulus Cerrahi Derg* 2015; 31: 85-9.
43. Doll D, Friederichs J, Dettmann H, Boulesteix AL, Duesel W, Petersen S. Time and rate of sinus formation in pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 2008; 23: 359-64.
44. Doll D, Krueger CM, Schrank S, Dettmann H, Petersen S, Duesel W. Timeline of recurrence after primary and secondary pilonidal sinus surgery. *Dis Colon Rectum* 2007; 50: 1928-34.


**ORJİNAL ÇALIŞMA-ÖZET**

Turk J Surg 2020; 36 (3): 284-290

**Türkiye 21. yüzyıl pilonidal sinüs hastalığı araştırmalarında liderdir**

 Dietrich Doll<sup>1</sup>, Verena Stauffer<sup>2</sup>, Maja Diekann<sup>1</sup>, Pieter Van Wyk<sup>3</sup>, Markus M Luedi<sup>4</sup>
<sup>1</sup> St. Marienhospital, Prokto Cerrahi Anabilim Dalı, Vechta, Almanya

<sup>2</sup> Lindenhofgruppe, Acil Tıp Anabilim Dalı, Bern, İsviçre

<sup>3</sup> Karolinska Üniversitesi Hastanesi, Travma ve Akut Bakım Bölümü, Stockholm, İsveç

<sup>4</sup> Bern Üniversitesi Hastanesi, Bern Üniversitesi Anesteziyoloji Bölümü, Bern, İsviçre

**ÖZET**

**Giriş ve Amaç:** Pilonidal sinüs hastalığı (PSD), son 188 yıldır tanınan bir patolojidir. Bu yaygın hastalığa bilimsel ilginin zaman içinde artmış mı yoksa azalmış mı olduğunu araştırdık. Araştırmamız, 1833-2018 yılları arasında dünya edebiyatının analizini içeriyordu.

**Gereç ve Yöntem:** Pilonidal sinüs hastalığı ile ilgili, ülkeye, yayın yılına ve dahil edilen veya açıklanan hasta sayısına göre ayrılmış tüm yayınları tanımlamak için bir PubMed araştırması yapılmıştır.

**Bulgular:** İncelenen hasta sayısı artmakta olup, 1970 yılından bu yana her on yılda 10.000'den fazla hasta yayınlanmıştır ve 2010 yılında n=40,000'i aşan etkilenen toplam hasta sayısı, Türkiye, Akdeniz hastalarının %39'una ve %18'ine katkıda bulunarak araştırmaya liderlik etmektedir. İtalya Akdeniz hastalarının %26'sını ve küresel toplamın %12'sini sağlar. Flep çalışmaları artmış, birinci açık tedavi çalışmaları ise 1940'ta %40'tan şu anda %10'dan daha azına düşmüştür. Bugün yapılan çalışmaların yüzde yirmisi birincil medyan yaklaşımları rapor etmekte ve randomize kontrollü çalışmaların sayısı artmaktadır.

**Sonuç:** Türkiye cerrahları şu anda pilonidal sinüs literatüründeki aslan payını yayınlıyorlar.

**Anahtar Kelimeler:** Saç, pilonidal sinüs, cerrahi, nüks oranı, yayınlar, çalışma büyüklüğü

**DOI:** 10.47717/turkjsurg.2020.4750

## Gender-specific prevalence of pilonidal sinus disease over time: A systematic review and meta-analysis

Markus M. Luedi,\* Patrick Schober,† Verena K. Stauffer,‡ Maja Diekmann,§ Lukas Anderegg¶|| and Dietrich Doll §

\*Department of Anaesthesiology and Pain Medicine, Inselspital, Bern University Hospital, University of Bern, Bern, Switzerland

†Department of Anaesthesiology, Amsterdam University Medical Centers, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Netherlands

‡Department of Emergency Medicine, Lindenhofgruppe Bern, Bern, Switzerland

§Department of Procto-Surgery, St. Marienhospital Vechta, Academic Teaching Hospital of the MHH Hannover, Vechta, Germany

¶Department of Neurosurgery, Kantonsspital Aarau, Aarau, Switzerland and

||Department of Neurosurgery, Neurocenter and Regenerative Neuroscience Cluster, Inselspital, Bern University Hospital, University of Bern, Bern, Switzerland

### Key words

gender medicine, hair, meta-analysis, pilonidal sinus disease.

### Correspondence

Professor Dr Dietrich Doll, Department of Procto-Surgery, St. Marienhospital Vechta, Academic Teaching Hospital of the Medical School Hannover, Vechta, Germany.  
Email: ddoll@gmx.de

M. M. Luedi MD, MBA; P. Schober MD, PhD, MMedStat; V. K. Stauffer MD;

M. Diekmann MD; L. Anderegg MD;

D. Doll MD, PhD.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License, which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

Accepted for publication 15 May 2021.

doi: 10.1111/ans.16990

### Introduction

Pilonidal sinus disease (PSD) is commonly associated with young men. While the first woman patient with PSD was reported in 1880 by Hodges,<sup>1,2</sup> the disease was classically described as a disease of the 'lower back' occurring in woodsmen with respective gluteal hair-growth.<sup>1,2</sup> In an analysis of a large cohort of PSD patients in the 1930s, the prevalence of women affected with PSD was around 20%.<sup>3</sup> An increasing number of studies reported during World War II noted a high prevalence of PSD in young male soldiers.<sup>4,5</sup> The military reported a

### Abstract

**Background:** Gender-specific risk factors have been suggested to promote a fourfold higher incidence of pilonidal sinus disease (PSD) in male as compared to female patients. However, in recent decades there has been an apparent shift towards an increasing prevalence of PSD in women, as body weight and other risk factors influence the disease. We aimed at determining whether PSD prevalence actually changed in men and women over time.

**Methods:** Following PRISMA guidelines (PROSPERO ID: 42016051588), databases were systematically searched. Papers reporting on PSD published between 1833 and 2018 in English, French, German, Italian and Spanish containing precise numbers of male and female participants were selected for analysis. Gender-specific prevalence of PSD over several decades was the main outcome measure.

**Results:** We screened 679 studies reporting on 104 055 patients and found that the male/female ratio in patients with PSD has remained constant over time, with women being affected in about 20% of all PSD cases ( $I^2 = 96.18\%$ ; meta-regression  $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** While the prevalence of PSD has risen over the past decades, the ratio between affected males and affected females has remained constant, with women invariably representing about 20% of patients despite wide ranging socioeconomic and behavioural changes.

lion's share of the disease burden,<sup>6-8</sup> and as mechanised warfare was new, the disease was referred to as 'Jeep disease'.<sup>4</sup> During this time period, the number of women serving in the army was very limited.<sup>4,5</sup>

Over time, PSD was increasingly diagnosed in both genders,<sup>9-11</sup> probably caused by occipital rather than local hair.<sup>12-15</sup> With gender specific dimensions gaining momentum in medicine for staff and patients alike,<sup>16</sup> treatment strategies must go beyond 'one approach for all' and strive to embrace the entire complexity involved.<sup>17,18</sup> While some authors reported a 4:1 male-to-female ratio,<sup>19</sup> others noted a lower number of men being affected with

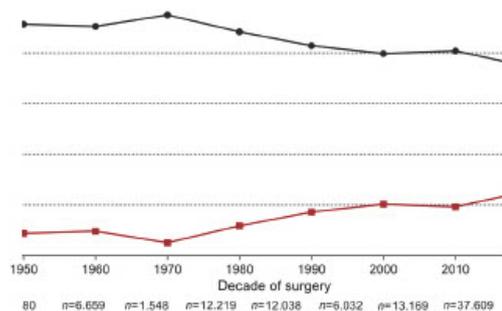
PSD, at a ratio of 3:1,<sup>20,21</sup> or even 2:1.<sup>22,23</sup> Obedman reported an equal distributed.<sup>24</sup>

In the largest study to date of asymptomatic PSD patients, 365 of 31 497 male students (1.16%) and 24 of 21 367 female students (0.11%) were diagnosed with PSD, resulting in a 15:1 ratio, notably in asymptomatic patients.<sup>24</sup>

The discrepancies in reported results may be a result of factors such as regional differences,<sup>25</sup> study design or selection bias.<sup>26,27</sup> Therefore, we designed a systematic review and meta-analysis to determine whether there has been a shift in the prevalence of PSD reported in men and women since 1833. This knowledge may help to adapt treatment strategies, especially as the relative invasive primary open treatments traditionally used in men, may aesthetically not suit women.

## Methods

This meta-analysis was conducted in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).<sup>28</sup> Our original search has been described previously.<sup>25,29</sup> In brief, we searched for the NCBI Medical Subject Heading (MeSH) terms 'pilonid\*' and ('cyst' AND 'dermoid') in a number of search engines, including Embase, MEDLINE, Ovid, PubMed, PubMed Central, Scopus, and the Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL).<sup>25,29</sup> Papers published between 1833 and 2018 in English, French, German, Italian and Spanish were included.<sup>25,29</sup> Evidence presented in other languages was included if follow-up occurred at specific times and definitive treatment strategies were provided.<sup>25,29</sup> The study is registered in the National Institute for Health Research's International prospective register of systematic reviews (PROSPERO number 42016051588). Data were handled using Microsoft Excel (Version 2016, Microsoft Corp., Redmond, WA, USA). Only publications with precise numbers of both genders were selected for analysis. No publications mentioned intersex or transsexual patients, so analysis focused solely on binary male or female characterisation and occurrence of the disease. Figure S1 displays the PRISMA diagram to find evidence of pilonidal surgery in men and women since 1833.<sup>25,29</sup>



**Fig 1.** Raw gender distribution based on decade of surgery (proportions of patients). Uncorrected dataset. (—●—), male share of PSD patients between 1950 and 2010; (—■—), female share of PSD patients over 6 decades.

## Statistical analysis

Crude proportions of female patients are calculated as the number of reported females divided by the total number of patients with reported gender for each study, across all studies, and stratified by decade. The share of female patients was pooled across studies with a random-effects meta-analysis using the method of DerSimonian and Laird as described previously.<sup>26</sup> Variance was stabilised using the Freeman-Tukey double arcsine transformation, after confirming that back-transformation led to estimates similar to those obtained with the exact likelihood approach.<sup>30,31</sup> Absolute heterogeneity was quantified using between-study variance  $\tau^2$ . Relative heterogeneity (proportion of observed variation reflecting true variation rather than sampling error) was quantified with the  $I^2$  statistic. Meta-regression was performed on the logit-transformed proportion to explore the relationship between the decade in which the study was performed and female gender, adjusting for the region in which the study was performed. The Cochran-Armitage test was used to examine whether there was a trend for an increase or decrease over time in manuscripts that only included male patients. All analyses were performed in STATA 16.0, using the 'metaprop\_one', 'metafunnel' and 'metareg' programmes.

## Results

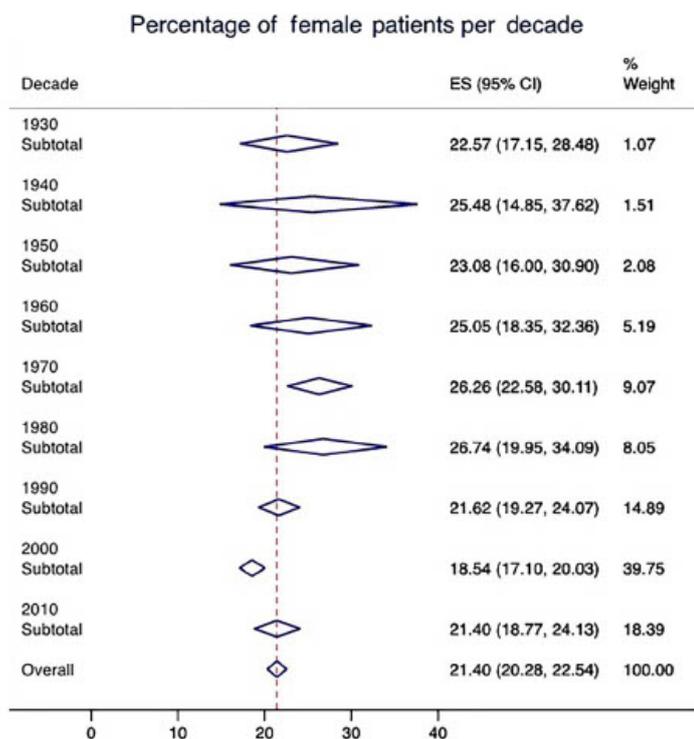
Analysis of all available publications showed that the percentage of female PSD patients documented in the literature starts at far below 20% (Fig. 1). In the decade around 1950, data collected from more than 100 patients of both sexes were published worldwide. A decade later the number of patients was well over 1000. The female share varied between 5% and 10% until the 1970s, and increased steadily from that point on. The percentage of women doubled, to 20%, by 2010, and provisional numbers from the 2020s showed that, with more than 10 000 published patients, the percentage of women exceeded 25%. Where originally one in ten PSD patients reported were women, it is currently about 20%.

While the share of females suffering from PSD in the Mediterranean seems to have increased over time, it still lags behind the North American numbers, which have been increasing since the 1960s (Fig. S2).

With the exception of the 1930s (in which the estimate is only based on a few studies and is accordingly quite imprecise), there seems to be a trend towards an increase in female PSD patients over time.

As Table S1 illustrates, in the 1940s and 1950s (highlighted), more than half of the PSD studies only included men. This resulted in a lower share of females, as seen in the far-right column, lasting into the 1960s. In the 1990s and thereafter, the percentage of females was consistently above the mean of 17.48% (Table S1).

Meta-analysis showed that across all decades, 15.6% (95% confidence interval [CI] 14.3–17.0) of patients were female, with marked heterogeneity (between study variance  $\tau^2 = 0.2$ ,  $I^2 = 96%$ ,  $p < 0.001$ ) and with apparent differences between decades. Meta-regression confirmed a significant association between decade and the percentage females ( $p = 0.002$ ), suggesting that the proportion of females indeed increased over time, which may at least in part



**Fig 2.** Forest plots of the proportion of female pilonidal sinus disease patients reported in publications, listed by decade/the decade's start respective. Our meta-analysis reveals an overall pooled percentage of females of 21.4% (95% confidence interval [CI] 20.3–22.5) across all decades. A priori exclusion of studies selectively reporting on male or female patients only, reveals that there is no evidence of an increase in female patients over time.

explain the between-study heterogeneity. However, studies including only male patients may have biased this result, as the percentage of females is zero by study design. The same is true for the few studies reporting only women. The number of studies reporting only males has decreased over time (Mann–Whitney U test for the comparison of the time-distribution between studies reporting only males versus the other studies  $p = 0.0051$ , Cochran–Armitage test for a trend in studies reporting only males across decades  $p < 0.001$ ). This may explain why the number of females seems to increase over time.

As a consequence, all  $n = 163$  studies reporting only men ( $n = 155$ ) or only women ( $n = 8$ ) were excluded.

There is no longer an evident trend (Table S2). The percentage of females over the decades hovers around the total mean % of females, without any evident trend over time.

Meta-analysis now shows an overall pooled percentage of females of 21.4% (95% CI 20.3–22.5) across all decades. Excluding studies that led to a biased estimate by study design halved the between-study variance ( $\tau^2 = 0.1$ ), and meta-regression no longer shows a significant association between decade and the percentage of females ( $p = 0.908$ ). Thus, after a priori excluding studies selectively reporting only males or females, there is no evidence of an increase in female patients over time. However, despite a marked

reduction in the absolute dispersion of percentages across studies, the range of reported female proportions is still wide, and a high relative heterogeneity remains ( $I^2 = 93\%$ ). This might in part be explained by the fact that the proportion of female patients differs by geographic region.<sup>25</sup>

Figure 2 displays the Forest Plot, in which subgroups (decade) are summarised. In addition, our data show that the proportion of PSD in female patients is not distorted by study size (Fig. S3). Please note that a separate x-log is used to enlarge the area of studies from 1 to 200 patients, where most PSD studies are located.

## Discussion

We found that the distribution of PSD between men and women remains constant. Over the past decades, the prevalence of PSD has risen in both sexes in parallel, with studies especially with larger involvement of women now being increasingly reported.<sup>32</sup> Our data indicate that there is an PSD increase both in North American and Mediterranean countries.<sup>25</sup>

A number of factors may play a role in greater awareness of PSD among women.<sup>26</sup> First, an increased level of health awareness in both sexes might have led to a higher number of women reportedly

seeking surgical therapy for PSD.<sup>26</sup> While women's and men's lifestyles might become more similar, no lifestyle related factors have indicated an increase in PSD prevalence over the short or long term.<sup>27,33,34</sup> Yet, data from early studies might be biased by the fact that the incidence of the disease is not growing over time but rather women are able to access care and be diagnosed/ treated with greater frequency in the modern era.<sup>26</sup> Next, the number of women serving in the military, where PSD is common, has risen over the past two decades.<sup>7,35,36</sup> In contrast, in a 2017 survey of 19 013 Turkish participants aged between 17 and 28 years, Duman found that only 6% were women, which is 3–4 times lower than in the other reports.<sup>35</sup> In Israel, military service is mandatory for women as well—which is represented in Moshe Gips' large study cohort from 2008, in which 15.7% of the women reported that they suffered from PSD.<sup>37</sup>

Women differ from men in terms of their attitudes about health, their behaviour,<sup>38</sup> as well as their modes of communication and their coping mechanisms,<sup>39–41</sup> thus, there may also be differences between men and women in terms of lifestyle, physiology, prevalence, severity and perception of disease.<sup>26</sup> Primary open wound treatment is still widely used,<sup>42</sup> despite better methods being available in terms of aesthetics and recurrence rate.<sup>43,44</sup> The type of surgery itself may decrease quality of life in PSD patients.<sup>45</sup> Recurrence free outcome is of primary interest in terms of life quality and patient satisfaction,<sup>46</sup> while especially less compromising surgery with same outcome results matters for female patients in most cultures.<sup>25,26</sup> The knowledge of the substantial female participation in pilonidal disease now mandates more surgical reflection on the subject of recurrence free outcome plus non discomforting surgery results. Men will benefit from this more careful view and emerging trend as much as women with PSD.

A limitation is that the number of patients included in published data might not reflect the disease's prevalence. Given this epidemiological dilemma inherent in retrospective analyses, we studied a long period. We may have missed some data published in other sources. Still, we were able to assess the large main body of literature. In addition, even if it were different, the information not included would hardly affect the reliability of data from a large database exceeding 89 000 patients. Thus, we believe that the main trends stand fast. We further depended on the correctness of the diagnosis PSD by the authors of the assessed studies. Also, differences in access to care may exist for women often referred to as the social determinants of health even in developed countries and further studies will have to address social determinants of health in this regard. Finally, heterogeneity is relatively high for some data, but there is no other way to estimate than using the available studies. Heterogeneity is fine as long as it reflects real differences between studies that can be explored or discussed (such as regional differences). In fact, we do not know much about inclusion and exclusion criteria, and differences in females may simply reflect differences in sampling rather than 'true' differences. We addressed this by excluding all patients in studies that only reported males or females, but even then, there could be selection bias with respect to gender.

In summary, it is conceivable that women value quality of life and cosmetic outcome differently than men, which might influence the therapeutic approach and treatment decisions for PSD. While the prevalence of PSD has risen over the past three decades,<sup>10,47</sup> the ratio between affected males and affected females has remained constant, with women representing about 20% of patients.

## Acknowledgements

The authors acknowledge Jeannie Wurz, Medical Editor from the Bern University Hospital, for careful reading and editing of the manuscript.

## Conflict of interest

None declared.

## Author contributions

Markus Luedi: Conceptualization; data curation; formal analysis; methodology; supervision; visualization; writing-original draft; writing-review & editing. Patrick Schober: Conceptualization; data curation; formal analysis; investigation; methodology; resources; software; validation; writing-original draft; writing-review & editing. Verena Stauffer: Conceptualization; data curation; methodology; writing-original draft; writing-review & editing. Maja Diekmann: Conceptualization; data curation; formal analysis; methodology; project administration; writing-original draft; writing-review & editing. Lukas Anderegg: Conceptualization; writing-original draft; writing-review & editing. Dietrich Doll: Conceptualization; data curation; formal analysis; investigation; methodology; project administration; software; supervision; validation; visualization; writing-original draft; writing-review & editing.

## Data availability statement

All data and calculations are available to readers upon request to the corresponding author.

## References

- Hodges R. Pilonidal sinus. *Boston Med Surg J*. 1880;103:485–6.
- Patey DH, Scarff RW. Pathology of postnatal pilonidal sinus: its bearing on treatment. *Lancet*. 1946;2:484.
- Johnson WJ, Livingston AG. The incidence of pilonidal sinuses in mental defectives. *J Nerv Ment Dis*. 1938;87:156–8.
- Buie I. Jeep disease (pilonidal disease of mechanized warfare). *South Med J*. 1944;37:103–9.
- Doll D, Matevosian E, Luedi MM, Schneider R, van Zypen D, Novotny A. Does full wound rupture following median pilonidal closure alter long-term recurrence rate? *Med Princ Pract*. 2015;24:571–7.
- Karydakos G. The problem of pilonidal cyst in the Greek Armed Forces (Greek). *Hell Arm Forces Med Rev*. 1973;7:512–20.
- Akinci OF, Bozer M, Uzunköy A, Düzgün SA, Coskun A. Incidence and aetiological factors in pilonidal sinus among Turkish soldiers. *Eur J Surg*. 1999;165:339–42.

8. Luedi MM, Kauf P, Evers T, Sievert H, Doll D. Impact of spinal versus general anesthesia on postoperative pain and long term recurrence after surgery for pilonidal disease. *J Clin Anesth.* 2016;33:236–42.
9. Goligher JC. Sinus pilonidalis. In: Ed P, editor. *Chirurgia dell'ano del retto e del colon.* London: Bailliere Tindall; 1982. p. 272–94.
10. Evers T, Doll D, Matevossian E, Noe S, Neumann K, Li H-I, et al. Trends in incidence and long-term recurrence rate of pilonidal sinus disease and analysis of associated influencing factors. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2011;49:799–803.
11. Allen-Mersh TG. Pilonidal sinus: finding the right track for treatment. *Br J Surg.* 1990;77:123–32.
12. Bosche F, Luedi MM, van der Zypen D, Moersdorf P, Krapohl B, Doll D. The hair in the sinus: sharp-ended rootless head hair fragments can be found in large amounts in pilonidal sinus nests. *World J Surg.* 2018;42:567–73.
13. Doll D, Stauffer VK, Luedi MM. Intra-anal pilonidal sinus disease: a unique diagnosis possibly pointing to the occiput. *ANZ J Surg.* 2016;86:622.
14. Doll D, Bosche F, Hauser A, Moersdorf P, Sinicina I, Grunwald J, et al. The presence of occipital hair in the pilonidal sinus cavity – a triple approach to proof. *Int J Colorectal Dis.* 2018;33:567–76.
15. Doll D, Bosche FD, Stauffer VK, Sinicina I, Hoffmann S, van der Zypen D, et al. Strength of occipital hair as an explanation for pilonidal sinus disease caused by intruding hair. *Dis Colon Rectum.* 2017;60:979–86.
16. Fislser N, Sweitzer BJ, Wurz J, Kleiman AM, Stueber F, Luedi MM. Achieving gender parity in acute care medicine requires a multidimensional perspective and a committed plan of action. *Anesth Analg.* 2019;129:1778–83.
17. Luedi MM, Kauf P, Mulks L, Wieferrich K, Schiffer R, Doll D. Implications of patient age and asa physical status for operating room management decisions. *Anesth Analg.* 2016;122:169–77.
18. Doll D, Kauf P, Wieferrich K, Schiffer R, Luedi MM. Implications of perioperative team setups for operating room management decisions. *Anesth Analg.* 2017;124:262–9.
19. McKirdie M. Pilonidal sinus. *Ann Surg.* 1938;107:389–99.
20. Kooistra HP. Pilonidal sinuses; review of literature and report of 350 cases. *Am J Surg.* 1942;55:3–17.
21. Kleinschmidt HJ, Iro F, Steffen D, Werner U. Pilonidal sinus. *Zentralblatt Chir.* 1974;99:300–6.
22. Davage ON. The origin of sacrococcygeal pilonidal sinus based on an analysis of four hundred sixty three cases. *Am J Pathol.* 1954;30:1191–205.
23. Raffman RA. A re-evaluation of the pathogenesis of pilonidal sinus. *Ann Surg.* 1959;150:895–903.
24. Obedman M, Vatico D. Pilonidal sinus: a high-incidence disease among adolescents. *Int J Adolesc Med Health.* 1993;6:21–36.
25. Doll D, Orlik A, Maier K, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, et al. Impact of geography and surgical approach on recurrence in global pilonidal sinus disease. *Sci Rep.* 2019;9:15111.
26. Luedi MM, Schober P, Stauffer VK, Diekmann M, Doll D. Global gender differences in pilonidal sinus disease: a random-effects meta-analysis. *World J Surg.* 2020;44:3702–9.
27. Doll D, Brengelmann I, Schober P, Ommer A, Bosche F, Papalois AE, et al. Rethinking the causes of pilonidal sinus disease: a matched cohort study. *Sci Rep.* 2021;11:6210.
28. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg.* 2010;8:336–41.
29. Stauffer VK, Luedi MM, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, Wieferrich K, et al. Common surgical procedures in pilonidal sinus disease: a meta-analysis, merged data analysis, and comprehensive study on recurrence. *Sci Rep.* 2018;8:3058.
30. Schober P, Vetter TR. Systematic review in clinical research. *Anesth Analg.* 2020;131:762–3.
31. Schober P, Vetter TR. Meta analysis in clinical research. *Anesth Analg.* 2020;131:1090–1.
32. Levinson T, Sela T, Chencinski S, Derazne E, Tzur D, Elad H, et al. Pilonidal sinus disease: a 10-year review reveals occupational risk factors and the superiority of the minimal surgery trephine technique. *Mil Med.* 2016;181:389–94.
33. Doll D, Luedi MM. Laser may reduce recurrence rate in pilonidal sinus disease by reducing captured occipital hair. *Lasers Med Sci.* 2017;32:481–2.
34. Sievert H, Evers T, Matevossian E, Hoenemann C, Hoffmann S, Doll D. The influence of lifestyle (smoking and body mass index) on wound healing and long-term recurrence rate in 534 primary pilonidal sinus patients. *Int J Colorectal Dis.* 2013;28:1555–62.
35. Duman K, Gargin M, Harlak A. Prevalence of sacrococcygeal pilonidal disease in Turkey. *Asian J Surg.* 2017;40:434–7.
36. Alley RL, Richey CO. Pilonidal cyst: excision and primary wound closure. *Mil Surgeon.* 1945;96:422–3.
37. Gips M, Melki Y, Salem L, Weil R, Sulkes J. Minimal surgery for pilonidal disease using trephines: description of a new technique and long-term outcomes in 1,358 patients. *DCR.* 2008;51:1656–62.
38. Mannering FL. Male/female driver characteristics and accident risk: some new evidence. *Accid Anal Prev.* 1993;25:77–84.
39. Jull AB, Rodgers A, Walker N. Honey as a topical treatment for wounds. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008;4:CD005083.
40. Cevc G, Schatzlein A, Richardsen H. Ultraformable lipid vesicles can penetrate the skin and other semi-permeable barriers unfragmented. Evidence from double label CLSM experiments and direct size measurements. *Biochim Biophys Acta.* 2002;1564:21–30.
41. Bostanoglu S, Sakaek I, Avsar FM, Cosgun E, Hamamci EO. Comparison of Karydakos technique with limberg flap procedure in pilonidal sinus disease: advantages of Karydakos technique. *Pak J Med Sci.* 2010;26:773–7.
42. Lamdark T, Vuille-Dit-Bille RN, Bielicki IN, Guglielmetti LC, Choudhury RA, Peters N, et al. Treatment strategies for pilonidal sinus disease in Switzerland and Austria. *Medicina.* 2020;56:341.
43. Stauffer VK, Luedi MM, Kauf P, Schmid M, Diekmann M, Wieferrich K, et al. Common surgical procedures in pilonidal sinus disease: a meta-analysis, merged data analysis, and comprehensive study on recurrence. *Sci Rep.* 2018;8:1–27.
44. Bi S, Sun K, Chen S, Gu J. Surgical procedures in the pilonidal sinus disease: a systematic review and network meta-analysis. *Sci Rep.* 2020;10:13720.
45. Pronk A, Kastelijns L, Smakman N, Furnee E. Sexual function in patients suffering from sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Cureus.* 2020;12:e7159.
46. Doll D, Luedi M, Evers T, Kauf P, Matevossian E. Recurrence-free survival, but not surgical therapy per se, determines 583 patients' long-term satisfaction following primary pilonidal sinus surgery. *Int J Colorectal Dis.* 2015;30:605–11.
47. Ardelt M, Dennler U, Fahmer R, Hallof G, Tautenhahn H-M, Dondorf F, et al. Adolescence is a major factor of sinus pilonidal disease – gender specific based investigation of case development in Germany from 2007 until 2015. *Chirurg.* 2017;88:961–7.

### Supporting information

Additional Supporting Information may be found in the online version of this article at the publisher's web-site:

**Figure S1:** Flow diagram based on the PRISMA checklist, documenting the approach used to find evidence of pilonidal surgery in men and women since 1833 as described previously.

**Figure S2:** Proportion of women from North America vs. women from the Mediterranean depending on decade of surgery (smoothed for four decades. Uncorrected dataset.

**Figure S3:** The proportion of PSD in female patients is not distorted by study size (note that a separate x-log is used to enlarge the area of studies from 1 to 200 patients, where most PSD studies are located).

**Table S1:** All patients with known gender, by decade. Total studies and male-only studies. Uncorrected dataset. 'Decade' indicates the first year of the period analysed.

**Table S2:** All patients with known gender, by decade; DATASET with all studies with evident selection bias excluded.



## Global Gender Differences in Pilonidal Sinus Disease: A Random-Effects Meta-Analysis

Markus M. Luedi<sup>1</sup> · Patrick Schober<sup>2</sup> · Verena K. Stauffer<sup>3</sup> · Maja Diekmann<sup>4</sup> · Dietrich Doll<sup>†</sup>

Accepted: 8 July 2020 / Published online: 17 July 2020  
 © Société Internationale de Chirurgie 2020

### Abstract

**Background** Pilonidal sinus disease (PSD) is traditionally associated with young male patients. While PSD is rare in Asia and Africa, lifestyles are changing considerably throughout the so-called developed world. We question that PSD is an overwhelmingly male disease and that the proportion of women suffering from PSD is worldwide evenly distributed in a homogenous matter.

**Methods** We analysed the world literature published between 1833 and 2018, expanding on the database created by Stauffer et al. Following correction for gender bias with elimination of men-only and women-only studies, data were processed using random-effects meta-analysis in the technique of DerSimonian and Laird.

**Results** The share of female pilonidal sinus disease patients analysed from all studies available in the world literature is 21%. There are marked regional differences including South America (39%), North America as well as Australia/New Zealand (29%) and Asia (7%), which are highly significant. These results stand fast even if analysis without gender bias corrections was applied.

**Conclusion** The share of female patients suffering from PSD is considerable. It is time to think of PSD as a disease of both men and women. Previously unknown, there are significant regional differences worldwide; the reason(s) for the regional differences is still unclear.

### Introduction

“Human clinical research suffers from a lack of sex-based reporting and sex-based analysis of the results” is a straightforward Joint Statement made by the Surgery Journal Editors Group. It was not published decades ago, but recently in 2018 [1]. Mansukhani analysed 2347 articles, identified 1668 studies with human participants and concluded that 4.4% of all studies were single-gender studies, with 1.3% with only men and 3.1% with only women. Less than one-third of the studies analysed their data in relation to gender, and less than one-fourth discussed their results in a gender-related manner [2]. Thus, as Lundine urges in her Lancet commentary 2019, gender-related research should be encouraged [3]. Gender bias will by no means easily overcome [4], as it is common and even

✉ Dietrich Doll  
 Dietrich.Doll@kk-om.de

<sup>1</sup> Department of Anaesthesiology and Pain Medicine, Inselspital, Bern University Hospital, University of Bern, Bern, Switzerland

<sup>2</sup> Department of Anesthesiology, Amsterdam University Medical Centers, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Netherlands

<sup>3</sup> Department of Emergency Medicine, Lindenhof Group Bern, Bern, Switzerland

<sup>4</sup> Department of Procto-Surgery, St. Marienhospital Vechta, Academic Teaching Hospital of the MHH Hannover, Vechta, Germany

deep rooted even in medical education [5, 6] and influence medical decisions [7]. Not surprisingly, the perception of gender bias is gender dependent [8] and may complicate medical therapy [9].

Pilonidal sinus disease (PSD) is known since 1833. It is popularly associated mainly with young male patients. First described in a man [10], the majority of reports up to World War II were from the military and mostly included men. In fact, some publications didn't even mention women because it was "obvious" that PSD was a "men's disease" [11]. There were few female soldiers serving in fighting troops in the western world, and women with pilonidal sinus disease were largely regarded with curiosity. The times changed, the gender equality movement gathered momentum, and wealth and lifestyles changed considerably throughout the world. In Asia and Africa, PSD remained almost unreported up to now. In contrast, surgeons such as Karydakis of Greece had the impression that PSD was on the rise—male PSD, of course, as female disease was nearly not acknowledged in scientific literature.

Nowadays, it has been proven that the incidence of PSD is increasing [12], with bodyweight increasing in parallel [13].

We previously studied whether pilonidal disease has been increasing worldwide or just regionally, to what extent it has been increasing, and which countries are most affected. To investigate this question, we analysed the world literature between 1833 and 2018, expanding on the database of Stauffer et al. [14]. We now hypothesized that global differences in PSD also exist in relation to gender. Therefore, we aimed to estimate the worldwide gender ratio in pilonidal sinus disease and deduce global gender differences with a stabilized random-effects meta-analysis of our database from there on.

## Material and methods

The original strategy used for our literature search and assembly of our database was described previously [14, 15]. In short, the NCBI Medical Subject Heading (MeSH) terms "pilonid\*" and ["cyst" AND "dermoid"] were searched for in the Cochrane Central Register of Controlled Trials, Embase, MEDLINE, Ovid, PubMed Central, PubMed, Scopus, as well as several other search engines [14]. Publications from 1833 to 2018 in English, French, German, Italian and Spanish were considered [14]. Reports in other languages were included if definitive treatment strategies were available in an abstract of the languages mentioned. Data were handled with Microsoft Excel (Version 2016, Microsoft Corp., Redmond, WA). Specific surgical approaches described in a report were

listed in a row, while columns included citation details (incl. country of origin), follow-up times, number of patients studied, recurrence and study details such as gender, age, body mass index (BMI) and others [14]. Figure 1 displays the PRISMA flow diagram based on the PRISMA guidelines, illustrating the search for evidence of pilonidal surgical procedures in women and men since 1833 in the world literature [14].

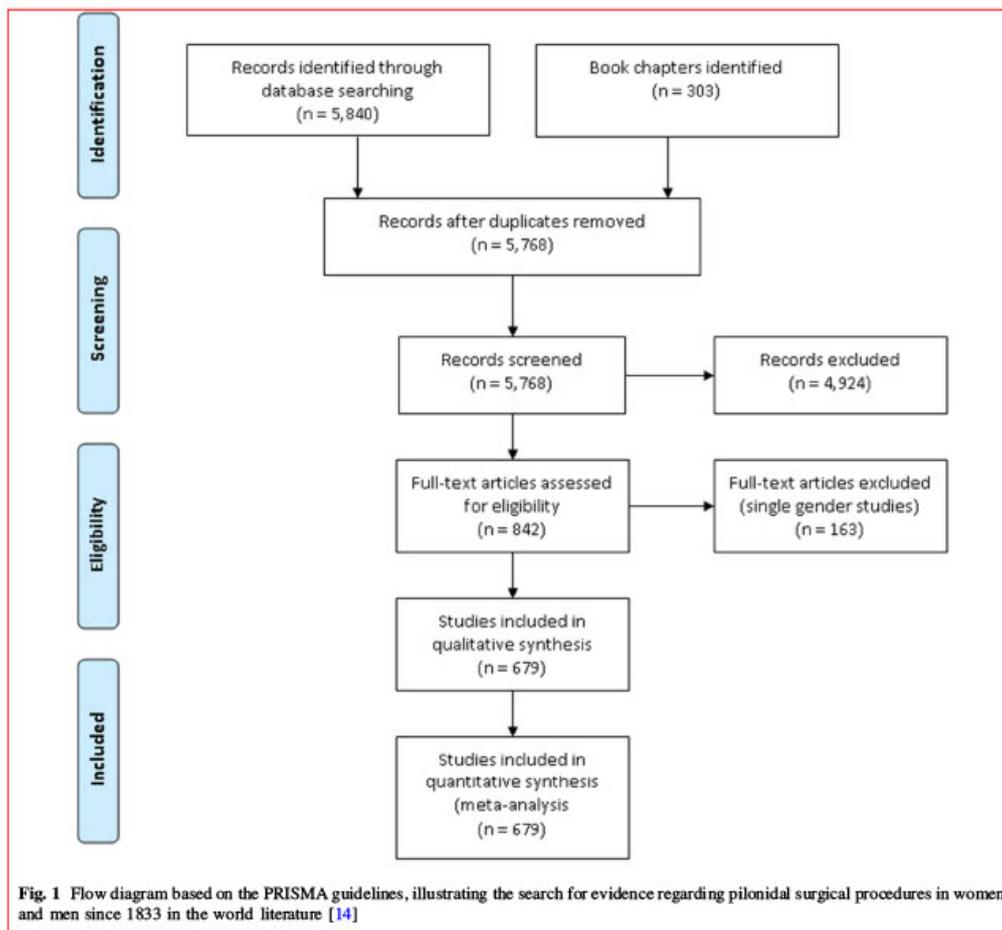
Firstly, we tended to include all studies (Table 1), but to realize that studies including only male patients may lead to a selection bias in the results, as the percentage of female patients is zero by study design. The same is true for the few studies reporting only women. Thus, we excluded all studies reporting only men ( $n = 155$ ) or only women ( $n = 8$ ), resulting in 163 studies covering 84,427 patients in total (Table 2).

## Statistical analysis

Crude proportions of female patients were calculated as the number of reported females divided by the total number of patients with reported gender for each study, across all studies, and stratified by geographic region. Subsequently, we excluded all studies that only included either men ( $n = 155$ ) or only women ( $n = 8$ ), as these studies are evidently subject to selection bias (e.g. studies performed in a military population or case reports). The percentage of females is either 0% or 100% by study design, and these studies thus do not contribute unbiased information to the estimation of the percentage of female patients. Then, the percentage of female patients was pooled across studies with a random-effects meta-analysis using the method of DerSimonian and Laird [16]. Variances were stabilized using the Freeman–Tukey double arcsine transformation, after confirming that back-transformation led to similar estimates as obtained with the exact likelihood approach [17]. Heterogeneity was quantified with the  $I^2$ -statistic, and small study bias was assessed with funnel plots [18]. Meta-regression was performed on the logit-transformed proportion to explore the relationship between the decade and region in which the study was performed with female gender. All analyses were performed in STATA 16.0, specifically using the "metaprop\_one", "metafunnel" and "metareg" programs.

## Results

The search yielded 842 studies, which a total of 104,055 patients in whom the gender was reported. The number of studies reporting PSD has been increasing for four decades, and this increase is seen in different groups of countries.



Analysis of the world literature showed that most of the patients in publications on PSD come from the Mediterranean region (Table 1 and 2). This region comprises Italy, Turkey, Greece, Israel and Spain. Groups of countries as Northern America, Northern Europe and the Indo-Arab region do differ in the number of PSD patients between the 1940s and now (Fig. 2), but their number of PSD cases published per decade generally stays below 6,000. Asia reported the lowest PSD numbers, whereas the Indo-Arab region has shown an increase in published PSD research since the 1980s. The Mediterranean region reported more than all other regions combined, approaching 15,000 patients published within this last decade.

Analysing all patients from 1833 up to now, the lion's share of patients is reported from Mediterranean countries, with Turkey and Italy heading the field. The largest countries contributing were Turkey (23,998 patients) and Italy (16,088). In Italy, 26% of the patients were women, whereas in Turkey the share of females was 13%.

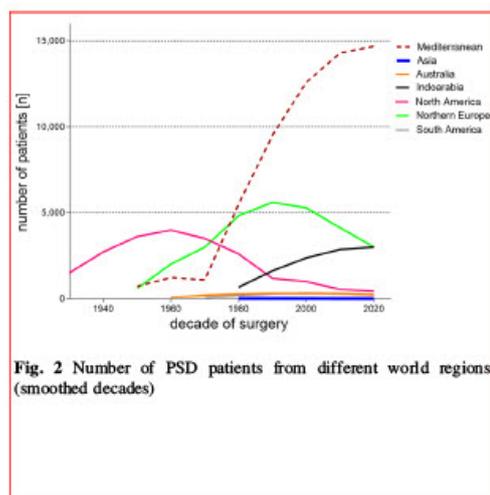
Using the forest plot method, only summaries and overall estimates of subgroups (regions) are depicted, as there are too many studies for a full forest plot (Fig. 3). Please note that potentially biased single-gender-only studies are excluded. It is noteworthy that the results from Table 2 and the forest plot do differ, which is due to the methods used. The table contains raw data, summarized by

**Table 1** All patients with known gender, by region; all studies included

Region	Total studies	Studies with only males	Total patients	Total of male patients	Total of female patients	% of female patients
Asia	14	10	96	91	5	5.21
Australia & New Zealand	11	2	925	613	312	33.73
Indo-Arabia	101	13	9,584	7,837	1,747	18.23
Mediterranean	334	53	55,693	46,392	9,301	16.70
Northern Europe	219	24	21,928	17,866	4,062	18.52
North America	142	52	14,473	12,245	2,228	15.39
South America	21	1	1,356	825	531	39.16
Total	842	155	104,055	85,869	18,186	17.48

**Table 2** All patients with known gender, by region; all studies with male and female patients included; not including only-male and only-female studies to reduce selection bias

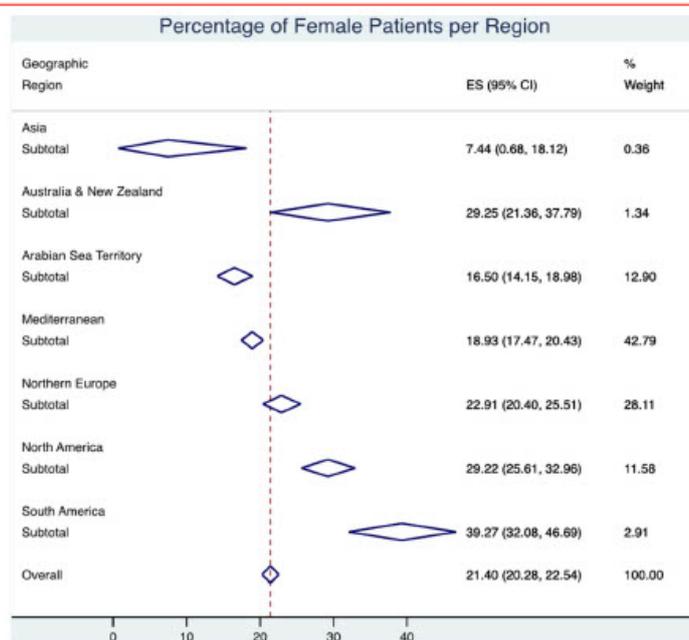
Region	Total studies	Studies with only males	Total patients	Total of male patients	Total of female patients	% of female patients
Asia	4	0	52	47	5	9.62
Australia + NZ	9	0	923	611	312	33.80
Indo-Arabia	87	0	9,453	7,708	1,745	18.46
Mediterranean	281	0	45,040	35,739	9,301	20.65
Northern Europe	194	0	19,570	15,510	4,060	20.75
North America	84	0	8,034	5,813	2,221	27.65
South America	20	0	1,355	824	531	39.19
Total	679	0	84,427	66,252	18,175	21.53

**Fig. 2** Number of PSD patients from different world regions (smoothed decades)

region and divided by gender, while the forest plot is compiled by random-effects meta-analysis [19].

The estimated overall female share in non-single-gender studies in the world PSD literature is 21% (95% CI: 20–23%), with a marked heterogeneity across studies ( $I^2 = 92.8\%$ ,  $p < 0.001$ ). This may at least in part be explained by marked regional differences in the percentage of female patients, with South America's percentage of women with around 40%, and North America as well as Australia/New Zealand at around 29% (Fig. 3). The published data weight (which is the impact of the subgroup on the world data set) of the Mediterranean region is around 42.8%, depicting a below-average female share of 18.9%. While Asian women's share is lowest with 7.4%, their data weight is below 1%, as PSD is rare in the Asian region. Meta-regression confirms that the endpoint "region" is significantly associated with the percentage of women

**Fig. 3** Forest plot of gender and region (potentially biased single-gender studies are excluded)



( $p < 0.001$ ). To our best knowledge, there are no PSD reports from Africa.

The funnel plot showed no marked asymmetry and provides no evidence for a small study bias. In this context, the study size does not correlate with the proportion of women (data not shown).

### Discussion

The incidence of PSD is increasing, and despite manifold industrial and socioeconomic developments over the past five decades, the proportion of female PSD patients has been stable at 21% worldwide. Nevertheless, our data show that there are marked and significant differences between world regions, and that these differences persist even if single-gender studies are excluded to avoid selection or reporting bias.

The Mediterranean countries have contributed a large proportion of the publications about PSD within the last 4 decades. Nevertheless, they show a lower proportion of women with PSD than Northern Europe. (The European ratio is just above world average.) This illustrates that the large body of publications coming from the Mediterranean region do not elevate the female share, as suspected before.

Asia and Africa cannot be reliably commented on, as Asian publications on PSD are rare [20], with Chijiwa reporting on few males only from the Japanese Defence Force. PSD publications from Africa are non-existing; only few and mostly anecdotal case reports from PSD in black men in America are available so far [21–24].

It might be thought that variations in women's level of health awareness lead to differences in the number of women seeking surgical therapy for PSD in various countries. This cannot be seen in our data, where Italy with 30% of PSD patients being women is above average, where women are said to be health-, fashion- and self-conscious. Northern European women, which are said to be equally self-determined and self-standing, only "achieve" a 23% share. The same is true for Israel where the female share is 20% despite women being on an equal footing with men in terms of rights and duties in their society. In Israel, military service is mandatory for women, and the percentage of women in Moshe Gips' 2008 study with 1,358 patients was 15.7% [25], so it was not elevated despite high frequency of military female enrolment. In numerous countries, women have gained access to the military, where PSD is reported to be common [26–28].

In contrast, in a survey of 19,013 candidates aged 17–28 years who applied to be students in Turkey, Duman

2017 found that 6% of all PSD patients were female, which is a factor of 5 times lower than our results [27]. In some reports the prevalence of PSD seems to be remarkably higher in the military [12, 26], a finding that is reflected to a greater extent in our data than in Duman's [27]. Epidemiologically speaking, although women are catching up with men with regard to drinking and smoking habits [29], none of these lifestyle changes have been proven to increase the PSD incidence or recurrence rate in the short or long term, as seen in large epidemiological studies in Minnesota 1960 and Turkey recently in 2016, which present even lower shares of 25% [30] and 6% [31] of asymptomatic females. Although it is known that smoking may impair wound healing, this could not be shown in a larger German study on PSD, analysing smoking and wound healing in 534 soldiers. Sievert et al. did not find any influence of smoking on wound healing and recurrence rate in their recent study from 2013 [29]. But a smoking effect on primary PSD incidence was not investigated and thus cannot be ruled out, at least not as a co-effect, if one allows the thoughts that primary disease and secondary disease are generated by two different mechanisms.

Is there a difference in awareness on the part of the doctors treating women with PSD? Is the incidence in women locally under- or over reported? In light of the fact that the countries reporting women with PSD have functioning health systems providing equal access and care for male and female patients, up to now there is limited evidence in the medical literature to support this postulate.

Our study, based on a large database exceeding 100,000 patients, has some inherent limitations. These are closely linked to the diversity of publications and mother tongues present in the world. We were not able to fully analyse publications written in languages other than English, Spanish, French and German. And we are sure that there is some literature outside of the electronic research area that we investigated. Nevertheless, as we were able to assess the large body of research in the world literature on PSD, there is no evidence that the literature we didn't assess is markedly different. Furthermore, if it would differ, because of its paucity it is most unlikely to have a major effect on the volume of evidence already presented and analysed so far.

Second, it might be argued that in our world-spanning literature analysis the heterogeneity is too high to allow a meaningful estimate of the percentage of women, and that we are comparing unlike measures ("apples to oranges"), as studies are too different from each other. However, there is no other way to estimate the percentage of women than using the available studies, and heterogeneity is well applied as long as it reflects real differences between studies that can be explored or discussed (such as regional differences).

In fact, we do not know much about the inclusion and exclusion criteria of the individual studies published, and differences in the number of women with PSD might also simply reflect differences in sampling rather than "true" differences. Firstly, we chose to focus on therapeutic pilonidal sinus studies. Intervention by a doctor was decided to be the most convincing criterion that a pilonidal sinus was present [32], knowing that we would neglect the ever asymptomatic pilonidal sinus which does not need therapy—but this group is small [33]. We are aware that embryological studies, neonatal surveys and epidemiological overviews are not present in our study, but embryological, neonatal and prepuberty pits and their incidence have little in common with adult pilonidal disease.

We did address a potential pitfall of gender-related study bias. The potential danger of this type of selection bias that was evident through the, for example, military men-only studies was discussed and eliminated through including only mixed-gender studies.

But even now, there could be still a residual pitfall with respect to gender:

Pilonidal sinus, especially the asymptomatic form, is often discovered if patients are examined when they have applied for military or police duty. In the past many aspirant soldiers and police men had to be operated for PSD, even if the sinus itself was asymptomatic. If they were not operated on, they were not felt fit for the police or army service. So, it might be postulated that women might have more (asymptomatic) PSD (than men), and therefore, the numbers of women that were operated on (because of symptoms) was lower in this study. Speaking against this is that Gips, as cited before, reports that female share is 15.7% in Israel [25], and Obedman mentions Franckowiak and his unpublished thesis with a study made among 31,497 asymptomatic Minnesota University students where he found 365 males and 24 females with pilonidal sinus, thus giving a female share of 16.2% [30]. Franckowiak's dissertation is not available at the university; but in a publication in DCR 2 years later he stated that from 354 patients operated on the male/female ratio was 3:1 (25%) [34], so m/f ratio varies, but within a certain restricted range, and obviously varies to both sides, as (here) the female surgical share is higher than the epidemiological share. Duman 2016 examines  $n = 19,013$  candidates aged between 17 and 28 years who applied to be students or officials of the Turkish state's schools and institutions. 5.9% of PSD patients recognized were female [31]. This documents that there is a zone of uncertainty that is hard to avoid at this point.

Of course medical conditions for applicants for police service, army or firefighters are not equal but differ from country to country. A higher rate of surgeries would be expected in the rich countries, as northern America and

northern Europe, but less in Southern America. This is not reflected in the forest plot, but may be indeed a potential source of smaller potential bias.

Although selection bias is an omnipresent danger for any international and retrospective study like the one presented, this statistical approaches seems to be the most thorough statistical approach to estimate the proportion of women with PSD.

Other factors potentially involved, but not corrected for, are to be acknowledged. Body hair in the region of the trunk is present more often in PSD patients and is seen as a risk factor for development of pilonidal sinus disease [35, 36], which may differ regionally. Furthermore, patients with PCOS (polycystic ovary syndrome) and hirsutism are seen more often in the Mediterranean region. PCOS patients have shown higher levels of free testosterone and an elevated BMI [37]. While BMI has been largely suspected to be a PSD cofactor, this has not been proven convincingly up to now. However, BMI, insulin resistance and PCOS do seem to interact in a way that is not yet fully understood [38, 39]. In our study, Mediterranean female share is below average, which contradicts a larger PCOS influence here.

Testosterone is a key hormone in male puberty and may play a crucial role in PSD occurrence early, at around the age of 15 [13]. Earlier puberty (menarche) in women [40], combined with unchanged onset time of puberty in men, would result in an earlier increase in female PSD, but also an earlier decrease in female PSD, as incidence drops with ongoing age [13]. Thus, earlier menarche paralleling same age puberty in men would not increase the extent of female PSD over time. It would neither increase the female-to-male ratio, if subsumed over all ages.

In familiar pilonidal disease, we see more extensive disease with earlier recurrence and higher recurrence rate [41]. A higher female PSD caseload would theoretically be possible if earlier in life onset of female PSD would be linked to earlier recurrence and higher recurrence rate, as observed in familiar disease. This link between earlier menarche and earlier and increased recurrent female disease has not been proven nor disproven yet.

It has been proven that increased wealth is linked to earlier menarche [40], which may be linked to earlier PSD presence [42–44]. Nevertheless, in a successful society, wealth should increase and health should improve in both men and women simultaneously, and the incidence of PSD should increase in both sexes in parallel, not distorting the female–male relation.

Interestingly, axial hair force strength has been identified as stronger in PSD patients as compared to their matched pairs in a recent German study [45]. Unpublished data of this study indicate that men's axial hair force is 2.5 times stronger than that of women. Male-to-female axial

hair force differences have not been tested systematically in patients at all, and neither compared both gender patients from different countries. The axial hair force strength potentially opens the door to explain gender differences as well as regional differences in pilonidal differences, as published 2019 [15]. Nevertheless, the aforementioned study incorporated a limited number of patients and healthy population of one northern European country only. International and gender-related axial hair force differences still have to be shed light on and are subject of an ongoing study just started.

Although the first female PSD patient was reported early in 1880 by Hodges [46], female PSD patients were perceived as a rarity since. Our current research shows that between 9% of Asian and 39% of Southern American PSD patients published are women, with a worldwide average of 21%. Pilonidal sinus is a disease of both genders with important cofactors differing between men and women not yet identified. Hair strength factors may play a pivotal role mirrored in these regional geographical differences now found in this data. These reasons are still to be unravelled.

Researchers from around the world are invited to participate in this international study group.

**Acknowledgements** We acknowledge the editorial assistance of Jeannie Wurz, Science Writer in the Department of Anaesthesiology and Pain Medicine, Inselspital, Bern University Hospital, University of Bern, Bern, Switzerland.

**Author contributions** PS, DD, MML and MD performed statistical analysis and calculations. PS, MML, VKS, DD and MD contributed to manuscript editing and interpretation of data. PS, DD, VKS, MML and MD were involved in manuscript writing and critical reviewing. PS, MD, DD and MML designed the graphics. MD and DD performed data acquisition.

**Funding** No funding or grants from any other funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors were received. There are no relevant or minor financial relationships between relatives or next of kin and external companies.

#### Compliance with ethical standards

**Conflict of interest** All authors declare that they have no conflicts of interest.

**Human and animal rights** This article does not contain any studies with human participants, human samples or live vertebrates.

**Informed consent** Therefore, informed consent was not required prior to preparation of the current manuscript.

## References

1. SJEG (2018) Joint statement by the surgery journal editors group. *World J Surg* 42:2283–2283. <https://doi.org/10.1002/jhtp.566>

2. Mansukhani NA, Yoon DY, Teter KA et al (2016) Determining if sex bias exists in human surgical clinical research. *JAMA Surg* 151:1022–1030
3. Lundine J, Bourgeault IL, Clark J et al (2019) Gender bias in academia. *Lancet* 393:741–743
4. Hayes MM, Fessler HE (2020) Bye-bye gender bias? the promise of a new generation. *Ann Am Thorac Soc* 17:560–562
5. Mann S, Ariyanayagam D (2020) Gender bias in medical education: Stop treating it as an inevitability. *Med Educ* 00:1. <https://doi.org/10.1111/medu.14186>
6. Klein R, Julian KA, Snyder ED et al (2019) Gender bias in resident assessment in graduate medical education: review of the literature. *J Gen Intern Med* 34:712–719
7. Tam V, Tong B, Gorawara-Bhat R et al (2019) Gender bias affects assessment of frailty and recommendations for surgery. *Ann Thorac Surg* 109:938–944
8. Garcia-Gonzalez J, Forcen P, Jimenez-Sanchez M (2019) Men and women differ in their perception of gender bias in research institutions. *PLoS ONE* 14:e0225763
9. Nam GB (2018) Gender issues in medical decisions: implicit stereotyping and unconscious bias. *Korean Circ J* 48:529–531
10. Mayo H (1833) Observations on injuries and diseases of the rectum. Burgess & Hill, London
11. Granet E, Ferguson LK (1945) Pilonidal disease. *Am J Surg* 70:14
12. Evers T, Doll D, Matevossian E et al (2011) Trends in incidence and long-term recurrence rate of pilonidal sinus disease and analysis of associated influencing factors. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 49:799–803
13. Doll D, Luedi MM, Wieferrich K et al (2015) Stop insulting the patient: neither incidence nor recurrence in pilonidal sinus disease is linked to personal hygiene. *PSJ* 1:11–19
14. Stauffer VK, Luedi MM, Kauf P et al (2018) Common surgical procedures in pilonidal sinus disease: a meta-analysis, merged data analysis, and comprehensive study on recurrence. *Nature* 8:3058
15. Doll D, Orlik A, Maier K et al (2019) Impact of geography and surgical approach on recurrence in global pilonidal sinus disease. *Sci Rep* 9:15111
16. DerSimonian R, Laird N (1986) Meta-analysis in clinical trials. *Control Clin Trials* 7:177–188
17. Freeman MF, Tukey JW (1950) Transformations related to the angular and the square root. *Ann Math Stat* 21:607–611
18. Vetter TR (2019) Systematic review and meta-analysis: sometimes bigger is indeed better. *Anesth Analg* 128:575–583
19. Schober P, Vetter TR (2020) Meta-Analysis in clinical research. *Anesth Analg* 131:in press
20. Chijiwa T, Sukanuma T, Takigawa T et al (2006) Pilonidal sinus in Japan maritime self-defense force at Yokosuka. *Mil Med* 171:650–652
21. Fansler WA, Anderson JK (1934) Case of pilonidal sinus in a negro. *Minn Med* 17:146
22. Saleeby E, McCarthy PA (1937) Pilonidal sinus in a negro. *Ann Surg* 105:634–635
23. Breidenbach L, Wilson HL (1935) Pilonidal cysts and sinuses. *Ann Surg* 102:455–463
24. Tendler MJ, MagGehee JL (1947) Pilonidal sinus (A review of 145 cases). *Memphis Med J Memphis* 22:192–196
25. Gips M, Melki Y, Salem L, Weil R, Sulkes J (2008) Minimal surgery for pilonidal disease using trephines: description of a new technique and long-term outcomes in 1,358 patients. *DCR* 51:1656–1662; discussion 1662–3
26. Akinci OF, Bozer M, Uzunköy A et al (1999) Incidence and aetiological factors in pilonidal sinus among Turkish soldiers. *Eur J Surg* 165:339–342
27. Duman K, Girgin M, Harlak A (2017) Prevalence of sacrococcygeal pilonidal disease in Turkey. *Asian J Surg* 40:434–437
28. Alley RL, Richey CO (1945) Pilonidal cyst: excision and primary wound closure. *Mil Surg* 96:422–423
29. Sievert H, Evers T, Matevossian E et al (2013) The influence of lifestyle (smoking and body mass index) on wound healing and long-term recurrence rate in 534 primary pilonidal sinus patients. *Int J Colorectal Dis* 28:1555–1562
30. Obedman M, Vaticon D (1993) Pilonidal sinus: a high-incidence disease among adolescents. *Int J Adolesc Med Health* 6:21–36
31. Duman K, Girgin M, Harlak A (2017) Prevalence of sacrococcygeal pilonidal disease in Turkey. *Asian J Surg* 40:434–437
32. Doll D, Krueger CM, Schrank S et al (2007) Timeline of recurrence after primary and secondary pilonidal sinus surgery. *DCR* 50:1928–1934
33. Doll D, Friederichs J, Boulesteix AL et al (2008) Surgery for asymptomatic pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 23:839–844
34. Franckowiak JJ, Jackman RJ (1962) The etiology of pilonidal sinus. *DCR. Dis Colon Rectum* 5:28–36
35. Bosche F, Luedi MM, van der Zypen D et al (2018) The Hair in the sinus: sharp-ended rootless head hair fragments can be found in large amounts in pilonidal sinus nests. *World J Surg* 42:567–573
36. Eryilmaz R, Şahin M, Alimoğlu O et al (2003) Predisposing factors in chronic pilonidal sinus development. *Turk J Surg* 19:49–53
37. Schmidt TH, Khanijow K, Cedars MI et al (2016) Cutaneous findings and systemic associations in women with polycystic ovary syndrome. *JAMA Dermatol* 152:391–398
38. Kakoly NS, Khomami MB, Joham AE et al (2018) Ethnicity, obesity and the prevalence of impaired glucose tolerance and type 2 diabetes in PCOS: a systematic review and meta-regression. *Hum Reprod Update* 24:455–467
39. Lim SS, Kakoly NS, Tan JWW et al (2019) Metabolic syndrome in polycystic ovary syndrome: a systematic review, meta-analysis and meta-regression. *Obes Rev* 20:339–352
40. Parent AS, Teilmann G, Juul A et al (2003) The timing of normal puberty and the age limits of sexual precocity: variations around the world, secular trends, and changes after migration. *Endocr Rev* 24:668–693
41. Doll D, Matevossian E, Wietelmann K et al (2009) Family history of pilonidal sinus predisposes to earlier onset of disease and a 50% long-term recurrence rate. *DCR* 52:1610–1615
42. Ardel M, Demmler U, Fahmer R, Hallof G, Tautenhahn HM, Dondorf F, Rauchfuss F, Settmacher U (2017) [Puberty is a major factor in pilonidal sinus disease: gender-specific investigations of case number development in Germany from 2007 until 2015]. *Chirurg* 88:961–967
43. Kallet HI (1936) Pilonidal sinus. The factor of adolescence. *Trans Am Proctol Soc* 37:203–207
44. Doll D, Friederichs J, Dettmann H et al (2008) Time and rate of sinus formation in pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 23:359–364
45. Doll D, Bosche FD, Stauffer VK et al (2017) Strength of occipital hair as an explanation for pilonidal sinus disease caused by intruding hair. *DCR* 60:979–986
46. Hodges RM (1880) Pilonidal sinus. *Boston Med Surg J* 103:485–486

**Publisher's Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

# SCIENTIFIC REPORTS

OPEN

## Common surgical procedures in pilonidal sinus disease: A meta-analysis, merged data analysis, and comprehensive study on recurrence

Received: 5 October 2017

Accepted: 15 January 2018

V. K. Stauffer<sup>1</sup>, M. M. Luedi<sup>2</sup>, P. Kauf<sup>3</sup>, M. Schmid<sup>3</sup>, M. Diekmann<sup>4</sup>, K. Wieferrich<sup>4</sup>, B. Schnüriger<sup>5</sup> & D. Doll<sup>4</sup>

We systematically searched available databases. We reviewed 6,143 studies published from 1833 to 2017. Reports in English, French, German, Italian, and Spanish were considered, as were publications in other languages if definitive treatment and recurrence at specific follow-up times were described in an English abstract. We assessed data in the manner of a meta-analysis of RCTs; further we assessed non-RCTs in the manner of a merged data analysis. In the RCT analysis including 11,730 patients, Limberg & Dufourmental operations were associated with low recurrence of 0.6% (95%CI 0.3–0.9%) 12 months and 1.8% (95%CI 1.1–2.4%) respectively 24 months postoperatively. Analysing 89,583 patients from RCTs and non-RCTs, the Karydakis & Bascom approaches were associated with recurrence of only 0.2% (95%CI 0.1–0.3%) 12 months and 0.6% (95%CI 0.5–0.8%) 24 months postoperatively. Primary midline closure exhibited long-term recurrence up to 67.9% (95%CI 53.3–82.4%) 240 months post-surgery. For most procedures, only a few RCTs without long term follow up data exist, but substitute data from numerous non-RCTs are available. Recurrence in PSD is highly dependent on surgical procedure and by follow-up time; both must be considered when drawing conclusions regarding the efficacy of a procedure.

For unknown reasons, the incidence of pilonidal sinus disease (PSD) has risen continuously during the past 50 years, particularly in European and North American young men<sup>1,2</sup>. In a German military cohort for example, the number of affected patients increased from 29/100,000 in 2000 to 48/100,000 in 2012, and the total number of PSD-related in-patient surgeries exceeded the number of inguinal hernia-related interventions in 20 to 40-year-old patients<sup>3</sup>. Recurrent disease may probably affect patients' long-term satisfaction following PSD surgery<sup>4</sup>. Recurrence between 0 percent<sup>5</sup> and 100 percent<sup>6</sup> has been reported for PSD, and wide recurrence range can be seen even within the different surgical approach techniques as open treatment, primary midline closure or flap techniques and others. Some evidence suggests that recurrence is associated with surgical procedure and correlated with length of follow-up as well<sup>4,7</sup>. However, the data are conflicting, and applied follow-up times often appear to have been randomly chosen, which brings into question the validity of reported recurrence associated with different surgical procedures. The purpose of this meta-analysis and merged data analysis was therefore to obtain a comprehensive assessment of recurrence and to ascertain determinants of recurrence of PSD with respect to specific surgical procedures and follow-up time. We considered both randomised controlled trials (RCTs) and non-RCTs.

We thus assembled a database with sources from the first description of PSD in 1833 on, that included reported recurrence, year of publication, timeframes of follow-up, type of study, and patient- and procedure-specific factors. We grouped therapeutic procedures for cumulative statistical analyses (Table 1). Using this dataset, we assessed the efficacy of common surgical procedures employed in treating PSD as a function of recurrence. We

<sup>1</sup>Lindenhofspital, Lindenhofgruppe, 3010, Bern, (VS), Switzerland. <sup>2</sup>Department of Anaesthesiology, Bern University Hospital Inselspital, University of Bern, 3010, Bern, (MML), Switzerland. <sup>3</sup>Biomedical Statistics PROGNOSEX AG, 8001, Zurich, (PK, MS), Switzerland. <sup>4</sup>Department of Procto-Surgery, St. Marien-Krankenhaus Vechta, Teaching Hospital of the Hannover University, 49377, Vechta, (KW, DD), Germany. <sup>5</sup>Department of Visceral Surgery and Medicine, Bern University Hospital Inselspital, University of Bern, 3010, Bern, (BS), Switzerland. Correspondence and requests for materials should be addressed to D.D. (email: [ddoll@gmx.de](mailto:ddoll@gmx.de))

<i>Primary open</i>	Excision, "enbaires", vacuum assisted closure (VAC), sinusotomy/excision, atypical excision and any other primary open approaches including supplemental measures such as laser, phenol, cryotherapy, local or systemic antibiotics, and platelet rich plasma in wound
<i>Primary median closure</i>	Any primary midline closure approach including supplemental measures such as laser, phenol, cryotherapy, local antibiotics, drainage, wound closure over antibiotics ("all put in closed wound"), systemic antibiotics, platelet rich plasma in wound but not using advancement or rotation flap techniques.
<i>Primary asym. closure</i>	S-shape closure, D-shape closure, D-flap, oblique crossing, Casten and modified Casten approach
<i>Karydakis/Bascom*</i>	Bascom cleft lift*, and modified Bascom cleft lift* approach, Karydakis and modified Karydakis approach, cleft lift procedure, including supplemental measures such as laser, phenol, cryotherapy, local antibiotics, drainage, wound closure over antibiotics ("all put in closed wound"), systemic antibiotics, platelet rich plasma in wound
<i>Limberg/Dufourmentel</i>	Limberg and Dufourmentel approach as well as their modifications, rhomboid flap, teardrop flap and z-plasty including supplemental measures such as local or systemic antibiotics
<i>Flaps</i>	Classical advancement flap, gluteus flap, VY-advancement flap, lateral advancement flap, local fasciocutaneous, infraglutal, and bilateral gluteus muscle advancement flap, "lembo di lalo", pope musculofascial advancement flap, "Kopp gluteo-fascial plasty", Rotation flap, Schrudde-Olivari and other flaps including combinations and supplemental measures such as local or systemic antibiotics
<i>Marsupialisation</i>	Marsupialisation as described by Obeid, McFee, Mutschmann, DePrizio, Colp and Buie
<i>Limited excision</i>	Lay open, curettage, drainage, sinusotomy, sinusotomy and cauterisation, "cystostomie", minor excision, curettage, derooing and curettage, cauterisation, and flush as described by Dorton
<i>Pit picking*</i>	Bascom pit picking with a lateral incision*, Trephines, pit picking, pit excision, pit excision and phenol, brushing, Farrell drills, Lord-Millar, primary open approach with subcutaneous excision of collateral tracts, tract coagulation
<i>Partial closure</i>	Partial closure techniques including supplemental measures such as local or systemic antibiotics
<i>Incision and drainage</i>	Incision, incision and curettage, and aspiration including supplemental measures such as, local or systemic antibiotics
<i>Phenol treatment</i>	Classic phenol treatment and supplemental measures such as laser, cryotherapy, and local or systemic antibiotics
<i>Laser treatment</i>	Primary laser techniques
<i>Other treatments additionally included in the overall analysis</i>	Plug and Seton technique, as well as endoscopic approaches, cryotherapy, histoacryl glue injection, aspiration and antibiotics, and conservative approaches such as Ayurveda therapy.

**Table 1.** Grouping of therapeutic strategies for analysis of recurrence rates in pilonidal sinus disease. \*Bascom described and used two different procedures: "Cleft closure/cleft lift" (merged with Karydakis group) and "Pit picking" (merged with Pit picking group).

found that the recurrence in PSD varied depending on the surgical procedure and on the length of follow-up. While naturally, an increase of recurrence could be observed with longer follow-up, the rate of this increase was varying among the different procedures. This indicates that a thorough evaluation of a procedure in view of recurrence has to include the specific relation of recurrence to follow-up time and cannot just be based on comparisons at one single follow-up time. The strength of our conclusions is substantially buttressed by the extensive analysis of a large database pertaining to particular therapeutic procedures.

## Results

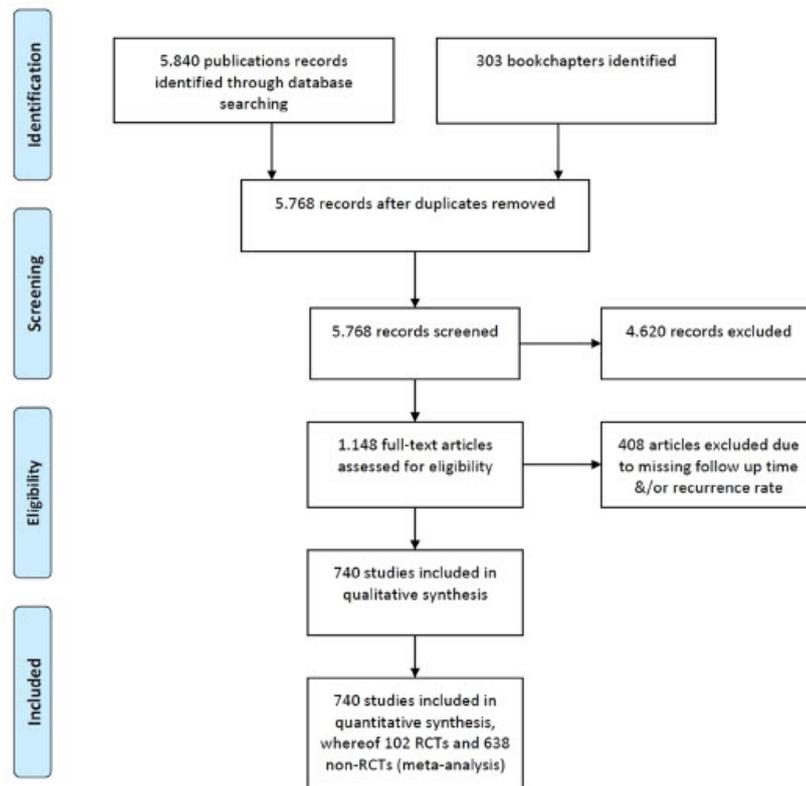
Our search criteria retrieved 5,840 studies and 303 book chapters across all databases. After excluding duplicates, 5,768 studies were screened. Reports on PSD in other than the classical presacral intergluteal location, studies in embryonic development, in carcinomas, etc. were excluded. Following exclusion, 1,148 articles on PSD at classical anatomical location with specific surgical treatment remained for analysis. Of these, 408 lacked detailed data on recurrence or follow-up time or both. Finally, 740 studies published from 1833 to 2017 were analysed. A flow chart describing the selection of literature sources, based on the *Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis (PRISMA)*<sup>8</sup>, is illustrated in Fig. 1.

Results reported in the final set of publications were stratified according to the specific surgical technique employed to avoid bias across studies. This approach led to 14 groups for analysis. Additionally, we included an overall analysis. For each of the specific therapeutic approaches, the data included the number of patients, the reported follow-up time, and the recurrence.

**Heterogeneity analysis.** Considering prospective/randomized control trials only, the heterogeneity analysis showed  $I^2 < 5\%$ ,  $p > 0.2$  (Cochrane's Q-test) except for the Bascom/Karydakis (0–12 months,  $p < 0.001$ ,  $I^2 = 80.36\%$ ,  $df = 4$ ), marsupialisation (0–12 months;  $p < 0.001$ ,  $I^2 = 97.84\%$ ,  $df = 3$ ), and other flap techniques (0–12 months,  $p = 0.062$ ,  $I^2 = 64\%$ ,  $df = 2$ ). Considering all studies, the heterogeneity analysis showed  $I^2 < 5\%$ ,  $p > 0.2$  (Cochrane's Q-test) except for the primary asymmetric closure (0–12 months,  $p = 0.023$ ,  $I^2 = 61.54\%$ ,  $df = 5$ ), marsupialisation (0–12 months,  $p < 0.001$ ,  $I^2 = 64.43\%$ ,  $df = 18$ ), and pit picking (0–12 months,  $p < 0.001$ ,  $I^2 = 98.31\%$ ,  $df = 6$ ).

The above described analysis ascertains that there is no statistical evidence of heterogeneity in our study group, except for primary asymmetric closure, marsupialisation and pit picking.

**Follow-up time and recurrence over all surgical therapies.** Data on recurrence and follow-up times in all surgical PSD treatments together pertaining to 11,700 patients were extracted from 102 RCTs<sup>2,5,9–110</sup>. A recurrence of 1.5% (95% CI 1.3–1.8%) was observed in patients at 12 months, 4.3% (95% CI 3.8–4.8%) at 24 months, and 20.3% (95% CI 17.8–22.9%) at 60 months.



**Figure 1.** Flow diagram based on *Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis (PRISMA)*<sup>8</sup> illustrating the systematic search for evidence regarding recurrence and long term follow-up data associated with common surgical procedures in PSD.

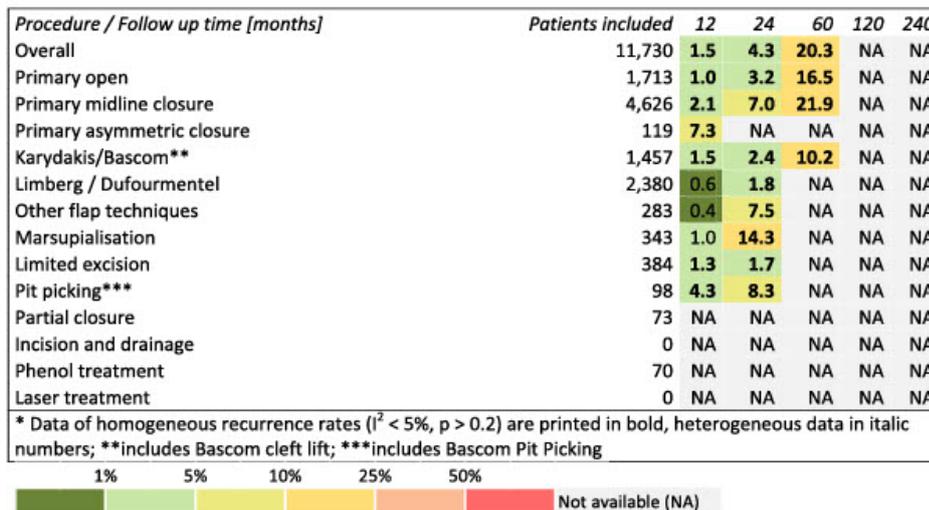
Further, data on recurrence and follow-up times in all surgical PSD treatments together pertaining to primary open PSD treatment pertaining to a total of 89,583 patients were extracted from 638 additional non-RCTs<sup>4,62,111–746</sup>. Among these patients, a recurrence of 2.0% (95% CI 1.9–2.1%) was observed in patients at 12 months, 4.4% (95% CI 4.3–4.6%) at 24 months, 10.8% (95% CI 10.5–11.3%) at 60 months, 16.9% (95% CI 16.3–17.5%) at 120 months, and 60.4% (95% CI 47.1–37.8%) at 240 months (Fig. 4).

To enable an entire picture, this overall analysis included data on recurrence and follow-up times pertaining to 184 patients treated for PSD by other methods (Table 1) extracted from 3 RCTs. Among these patients, a recurrence of 3.8% (95% CI 0.9–6.7%) was observed in patients at 12 months and 7.8% (95% CI 0.4–15.1%) at 24 months and follow-up times pertaining to 2,916 patients treated for PSD by other methods extracted from 40 additional non-RCTs. Among these patients, a recurrence of 2.9% (95% CI 2.2–3.7%) was observed in patients at 12 months, 6.7% (95% CI 5.4–8.0%) at 24 months, and 26.0% (95% CI 22.6–29.4%) at 60 months.

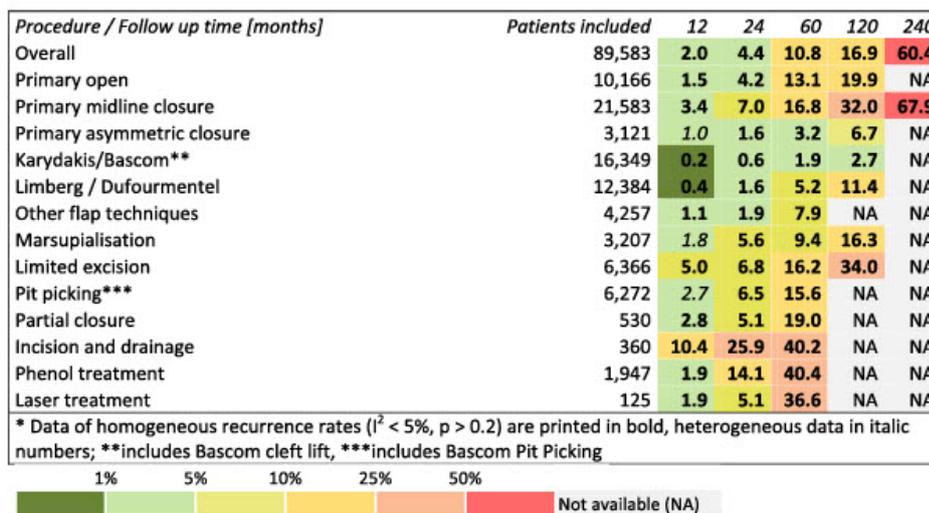
To provide a rational basis for selecting treatment approaches, we assessed possible associations between recurrence of PSD and specific therapeutic procedures in the manner of a classical meta-analysis of RCTs, and found that recurrence in common surgical procedures for PSD were dependent on follow-up time (Figure 2); additional data from non-RCTs were included and processed in the manner of a merged data analysis (Figure 3).

**Recurrence in primary open PSD treatment.** Data on recurrence and follow-up times in primary open PSD treatment pertaining to 1,713 patients were extracted from 32 RCTs<sup>9–38,747,748</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.0% (95% CI 0.5–1.6%) was observed in patients at 12 months, 3.2% (95% CI 2.2–4.2%) at 24 months, and 16.5% (95% CI 11.9–21.2%) at 60 months.

Further, data on recurrence and follow-up times in primary open PSD treatment pertaining to 10,166 patients were extracted from 128 additional non-RCTs<sup>4,39,40,111–234</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.5% (95% CI



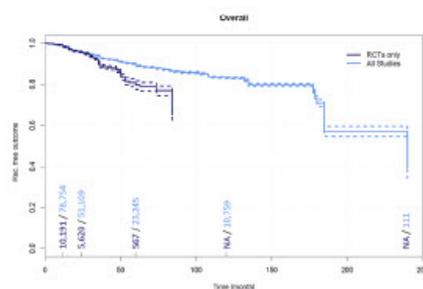
**Figure 2.** Procedure specific recurrence rates in PSD [%]\* derived from RCTs. \*Data of homogeneous recurrence rates ( $I^2 < 5\%$ ,  $p > 0.2$ ) are printed in bold, heterogeneous data in italic numbers; \*\*includes Bascom cleft lift; \*\*\*includes Bascom Pit Picking.



**Figure 3.** Procedure specific recurrence rates in PSD [%]\* overall derived from RCTs and non-RCTs. \*Data of homogeneous recurrence rates ( $I^2 < 5\%$ ,  $p > 0.2$ ) are printed in bold, heterogeneous data in italic numbers; \*\*includes Bascom cleft lift; \*\*\*includes Bascom Pit Picking.

1.2–1.7%) was observed in patients at 12 months, 4.2% (95% CI 3.7–4.7%) at 24 months, 13.1% (95% CI 11.9–14.4%) at 60 months, and 19.9% (95% CI 17.9–21.9%) at 120 months (Fig. 5).

**Recurrence in primary midline closures.** Data on recurrence and follow-up times in primary midline closures (not using advancement or rotation flap techniques) pertaining to 4,626 PSD patients which were



**Figure 4.** Recurrence free outcome as a function of follow-up time irrespective of specific therapeutic procedure. Data presented are for RCTs only and for all available studies. Numbers of patients included in the analysis are indicated at 12, 24, 60, and 120 months. Dashed lines indicate 95% confidence intervals.

extracted from 51 RCTs<sup>5,9,10,19,20,22,25–29,31,32,35,37,41–73,235,236,748</sup>. Among these patients, a recurrence of 2.1% (95% CI 1.7–2.6%) was observed in patients at 12 months, 7.0% (95% CI 6.0–8.0%) at 24 months, and 21.9% (95% CI 18.5–25.3%) at 60 months.

Data on recurrence and follow-up times in primary open PSD treatment pertaining to 21,583 patients were extracted from 205 additional non-RCTs<sup>4,60,74,75,111,112,114,115,117,118,121–126,128–134,136,137,141,143,149,153–156,160,161,163,167–171,174,175,177,181,182,188–192,194,196,197,199–201,203,206,208,215,216,218,220,221,223,224,230,233,237–373</sup>. Among these patients, a recurrence of 3.4% (95% CI 3.1–3.6%) was observed in patients at 12 months, 7.0% (95% CI 6.5–7.4%) at 24 months, 16.8% (95% CI 15.8–17.8%) at 60 months, 32.0% (95% CI 29.6–34.4%) at 120 months, and 67.9% (95% CI 53.3–82.4%) at 240 months (Fig. 6).

**Recurrence in primary asymmetric closure.** Data on recurrence and follow-up times in primary asymmetric closure PSD treatment pertaining to 119 patients were extracted from 2 RCTs<sup>34,374</sup>. Among these patients, a recurrence of 7.3% (95% CI 0.0–19.9%) was observed in patients at 12 months.

Further, data on recurrence and follow-up times pertaining to 3,121 patients receiving primary open PSD treatment were extracted from 28 additional non-RCTs<sup>4,76,130,133,138,157,221,228,320,346,357,375–391</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.0% (95% CI 0.6–1.4%) was observed in patients at 12 months, 1.6% (95% CI 1.1–2.1%) at 24 months, 3.2% (95% CI 2.3–4.0%) at 60 months, and 6.7% (95% CI 5.2–8.2%) at 120 months (Fig. 7).

**Recurrence in Karydak and Bascom cleft lift techniques.** Data on recurrence and follow-up times pertaining to 1,457 patients treated for PSD by a Karydak or Bascom cleft lift technique were extracted from 21 RCTs<sup>24,33,59,62,63,77–90,392,393</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.5% (95% CI 0.8–2.2%) was observed in patients at 12 months, 2.4% (95% CI 1.4–3.3%) at 24 months, and 10.2% (95% CI 5.4–15.0%) at 60 months.

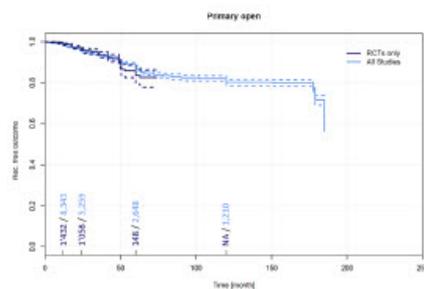
Data on recurrence and follow-up times pertaining to 16,349 patients treated for PSD by a Karydak and Bascom cleft lift technique were extracted from 66 additional non-RCTs<sup>91,92,136,146,161,163,184,198,206,254,263,313,335,346,348,361,379,391,394–441</sup>. Among these patients, a recurrence of 0.2% (95% CI 0.1–0.3%) was observed in patients at 12 months, 0.6% (95% CI 0.5–0.8%) at 24 months, 1.9% (95% CI 1.6–2.2%) at 60 months, and 2.7% (95% CI 2.4–3.1%) at 120 months (Fig. 8). Along with the Limberg/Dufourmental approaches and other flap techniques, the Karydak and Bascom cleft lift procedures resulted in the lowest recurrence at any follow-up time in our analysis (Tables 2 and 3).

**Recurrence in Limberg and Dufourmental flaps.** Data on recurrence and follow-up times pertaining to 2,380 patients treated for PSD by Limberg and Dufourmental flap techniques were extracted from 36 RCTs<sup>5,14,21,23,43,44,46,49,53,54,56,61,64,65,73,77,78,80,82,83,90,93–102,236,392,393,442,443</sup>. Among these patients, a recurrence of 0.6% (95% CI 0.3–0.9%) was observed in patients at 12 months and 1.8% (95% CI 1.1–2.4%) at 24 months.

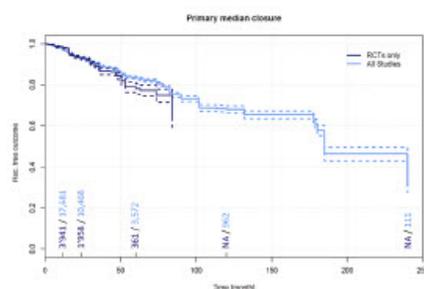
Data on recurrence and follow-up times pertaining to 12,384 patients treated for PSD by Limberg and Dufourmental flaps were extracted from 139 additional non-RCTs<sup>4,60,103,104,115,126–128,133,156,157,196,199,201,208,221,224,232,261,262,267,289,302,303,313,318,321,322,334–336,348,372,399,407,410,415,417,426,433,438,439,444–541</sup>. Among these patients, a recurrence of 0.4% (95% CI 0.3–0.5%) was observed in patients at 12 months, 1.6% (95% CI 1.3–1.9%) at 24 months, 5.2% (95% CI 4.5–5.8%) at 60 months, and 11.4% (95% CI 9.2–13.7%) at 120 months (Fig. 9).

**Recurrence in other flap techniques.** Data on recurrence and follow-up times pertaining to 283 patients treated for PSD by other flap techniques were extracted from 6 RCTs<sup>45,55,98,105,542,543</sup>. Among these patients, a recurrence of 0.4% (95% CI 0.0–1.1%) was observed in patients at 12 months and 7.5% (95% CI 2.4–12.5%) at 24 months.

Data on recurrence and follow-up times pertaining to 4,258 patients treated for PSD by other flap techniques were extracted from 89 additional non-RCTs<sup>106,107,111,126,137,160,167,182,192,208,221,224,233,245,259,283,312,321,339,354,368,410,433,449,492,511,512,525,532,538,544–602</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.1% (95% CI 0.8–1.4%) was observed in patients at 12 months, 1.9% (95% CI 1.4–2.4%) at 24 months, and 7.9% (95% CI 6.4–9.4%) at 60 months (Fig. 10).



**Figure 5.** Recurrence free outcome as a function of follow-up time of patients receiving primary open treatment. Data presented are for RCTs only and for all available studies. Numbers of patients included in the analysis are indicated at 12, 24, 60, and 120 months. Dashed lines indicate 95% confidence intervals.



**Figure 6.** Recurrence free outcome as a function of follow-up time of patients treated with primary midline closure (not using advancement or rotation flap techniques). Data presented are for RCTs only and for all available studies. Numbers of patients included in the analysis are indicated at 12, 24, 60, and 120 months. Dashed lines indicate 95% confidence intervals.

**Recurrence in marsupialisation.** Data on recurrence and follow-up times pertaining to 343 patients treated for PSD by marsupialisation were extracted from 8 RCTs<sup>17,18,30,47,96,101,603,604</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.0% (95% CI 0.0–2.3%) was observed in patients at 12 months and 14.3% (95% CI 0.0–30.3%) at 24 months.

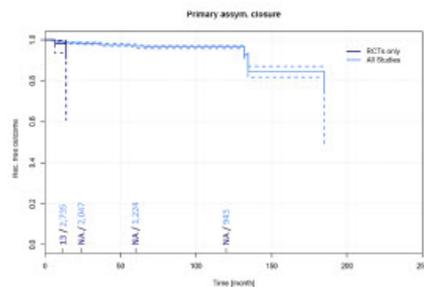
Data on recurrence and follow-up times pertaining to 3,207 patients treated for PSD by other flap techniques were extracted from 55 additional non-RCTs<sup>4,108,109,115,129,132,133,137,143,163,170,171,177,188,190,193,200,204,215,218,224,230,245,272,279,284,303,313,315,317,318,336,352,358,363,369,593,605–622</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.8% (95% CI 1.2–2.3%) was observed in patients at 12 months, 5.6% (95% CI 4.5–6.7%) at 24 months, 9.4% (95% CI 7.6–11.1%) at 60 months, and 16.3% (95% CI 11.8–20.9%) at 120 months (Supplementary Fig. 1).

**Recurrence in limited excision.** Data on recurrence and follow-up times pertaining to 384 patients treated for PSD by limited excision were extracted from 5 RCTs<sup>29,50,105,604,623</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.3% (95% CI 0.0–2.9%) was observed in patients at 12 months and 1.7% (95% CI 0.0–3.5%) at 24 months.

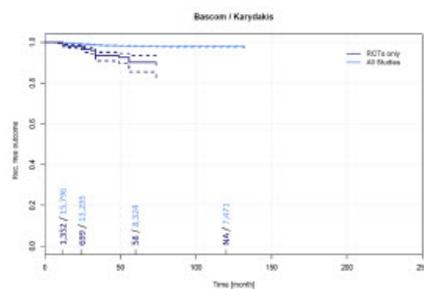
Data on recurrence and follow-up times pertaining to 6,366 patients treated for PSD by limited excision PSD treatment were extracted from 71 additional non-RCTs<sup>52,61,69,72,73,75,81,83,88,94,106,114,119,121,124,125,131,140,142,144,149,160,208,221,226,248,249,261,285,293,295,319,321,322,400,410,416,536,609,625–656</sup>. Among these patients, a recurrence of 5.0% (95% CI 4.3–5.6%) was observed in patients at 12 months, 6.8% (95% CI 6.0–7.7%) at 24 months, 16.2% (95% CI 14.3–18.2%) at 60 months, and 34.0% (95% CI 26.3–41.6%) at 120 months (Supplementary Fig. 2).

**Recurrence in pit picking.** Data on recurrence and follow-up times pertaining to 98 patients treated for PSD by pit picking were extracted from 2 RCTs<sup>85,86</sup>. Among these patients, a recurrence of 4.3% (95% CI 0.0–8.7%) was observed in patients at 12 months and 8.3% (95% CI 0.0–17.0%) at 24 months.

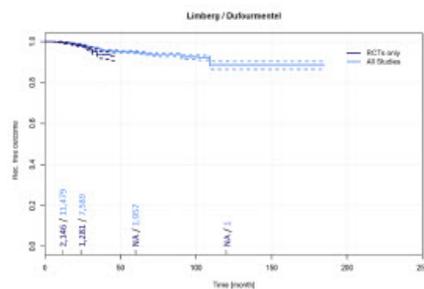
Data on recurrence and follow-up times pertaining to 6,272 patients treated for PSD by pit picking were extracted from 32 additional non-RCTs<sup>179,329,354,410,412,483,655–680</sup>. Among these patients, a recurrence of 2.7% (95% CI 2.2–3.1%) was observed in patients at 12 months, 6.5% (95% CI 5.7–7.3%) at 24 months, and 15.6% (95% CI 13.8–17.4%) at 60 months (Supplementary Fig. 3).



**Figure 7.** Recurrence free outcome as a function of follow-up time of patients treated with primary asymmetric closure. Data presented are for RCTs only and for all available studies. Numbers of patients included in the analysis are indicated at 12, 24, 60, and 120 months. Dashed lines indicate 95% confidence intervals.



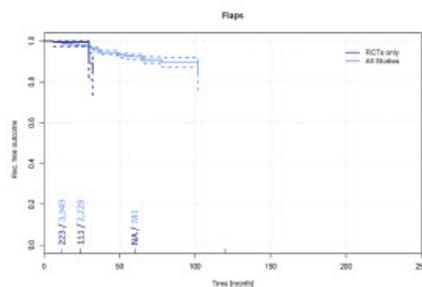
**Figure 8.** Recurrence free outcome as a function of follow-up time of patients treated with Bascom and Karydaki techniques. Data presented are for RCTs only and for all available studies. Numbers of patients included in the analysis are indicated at 12, 24, 60, and 120 months. Dashed lines indicate 95% confidence intervals.



**Figure 9.** Recurrence free outcome as a function of follow-up time of patients treated with Limberg and Dufourmental flap technique. Data presented are for RCTs only and for all available studies. Numbers of patients included in the analysis are indicated at 12, 24, 60, and 120 months. Dashed lines indicate 95% confidence intervals.

**Recurrence in partial closure.** Data on recurrence and follow-up times pertaining to 73 patients treated for PSD by partial closure were extracted from 1 RCT<sup>48</sup>. Due to the single observation, meta-analysis based on RCTs was not possible.

Data on recurrence and follow-up times pertaining to 530 patients treated for PSD by partial closure were extracted from 11 additional non-RCTs<sup>118,124,125,155,167,168,182,315,681-683</sup>. Among these patients, a recurrence of 2.8% (95% CI 1.2–4.4%) was observed in patients at 12 months, 5.1% (95% CI 2.8–7.3%) at 24 months, and 19.0% (95% CI 12.7–25.4%) at 60 months (Supplementary Fig. 4).



**Figure 10.** Recurrence free outcome as a function of follow-up time of patients treated with other flap techniques. Data presented are for RCTs only and for all available studies. Numbers of patients included in the analysis are indicated at 12, 24, 60, and 120 months. Dashed lines indicate 95% confidence intervals.

**Recurrence in incision and drainage.** No RCTs are available that report recurrence and follow-up times for Incision and drainage.

Data on recurrence and follow-up times pertaining to 360 patients treated for PSD by incision and drainage were extracted from 13 non-RCTs<sup>118,162,177,179,197,199,206,254,264,378,684–686</sup>. Among these patients, a recurrence of 10.4% (95% CI 6.6–14.3%) was observed in patients at 12 months, 25.9% (95% CI 19.1–32.8%) at 24 months, and 40.2% (95% CI 29.4–50.9%) at 60 months (Supplementary Fig. 5).

**Recurrence in phenol treatment alone.** Data on recurrence and follow-up times pertaining to 70 patients treated for PSD by phenol alone were extracted from 1 RCT<sup>12</sup>. Due to the single observation, meta-analysis was not possible.

Data on recurrence and follow-up times pertaining to 1,947 patients treated for PSD by phenol alone were extracted from 26 additional non-RCTs<sup>194,219,338,355,445,457,687–708</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.9% (95% CI 1.1–2.6%) was observed in patients at 12 months, 14.1% (95% CI 11.8–16.5%) at 24 months, and 40.4% (95% CI 27.8–52.9%) at 60 months (Supplementary Fig. 6).

**Recurrence in laser alone.** No RCTs are available that report recurrence and follow-up times for PSD treatment by laser alone.

Data on recurrence and follow-up times pertaining to 125 patients treated for PSD by incision and drainage were extracted from 14 non-RCTs<sup>175,767–719</sup>. Among these patients, a recurrence of 1.9% (95% CI 0.0–4.7%) was observed in patients at 12 months, 5.1% (95% CI 0.4–9.8%) at 24 months, and 36.6% (95% CI 3.8–69.4%) at 60 months (Supplementary Fig. 7).

Comparing recurrence at 60 month following surgery amongst the RCT studies (11,730 patients, Figure 2, column “60”), range was 10.2%–21.9%; separated by a factor of 2.1. In all studies (Figure 3), range was from 1.9% to 40.4% at 60 months, giving a factor of  $40.4/1.9 = 21$ . Thus, recurrence results differ by a factor of 2.1 in RCTs and by a factor of 21 in all studies through selection of a surgical therapy (when a given 5 year follow up is applied).

On the other hand, recurrence varies with time since surgery. In RCT primary open results (as shown in Figure 2), line primary open treatment, recurrence is 1.0% at 12 months and increases to 16.5% at 60 months. Recurrence varies by a factor of 16.5/1 through time in this primary open group, while this is lower in the Karydakis & Bascom group (10.2/1.5; 6.8).

In the 89,583 patients group combining RCT and non-RCT data, the quotient between longest and shortest recurrence result can be found in the Limberg & Dufourmental group, with 0.4% at 12 months and 11.4% at 120 months following surgery (factor 28.5). Thus, recurrence results may differ by a factor of 6, 8 and more for a given surgical therapy if follow up time is not properly defined (or defined at all). This indicates that a thorough evaluation of a procedure in view of recurrence has to include the specific relation of recurrence to follow-up time.

## Discussion

We have reviewed all pilonidal sinus treatment data from all available cases from the first published description of pilonidal sinus in 1833 to the present day. We have analysed data from more than 80,000 patients surgically treated for a single disease over the past 180 years, and have systematically assessed the relationship between recurrence, follow-up times, and surgical procedure. Our meta-analysis of the data identified a relationship between recurrence of PSD and follow-up times for each different therapeutic approach. The mean recurrence for all cases measured at the one-year time point differed from the five-year recurrence by a factor of 5; whereas, for the individual therapeutic procedures, one and five-year recurrence differed by a factor of 3 to 20 (Tables 2 and 3).

Recurrence varies between surgical procedures by a factor of 2.1 at 60 months in RCTs and 21 in all studies. On the other hand, recurrence varies by a factor of 19 to 29 within a given surgical therapy if comparing 12 months and longest follow up results (Tables 2 and 3). Thus, any report of a given surgical procedure without specified follow up may contain a 10 fold higher or lower true recurrence as the postulated one.

Our study has several limitations that we identify as follows: The systematic review and meta-analysis was limited to reports in English, French, German, Italian, and Spanish. Publications in other languages were included where definitive treatment and recurrence at specific follow-up times were described in an English abstract. Consequently, Japanese and Chinese literature is not fully included. On the other hand, pilonidal sinus is exceptionally rare in the Asian population<sup>745</sup>, therefore, we do not anticipate an emergence of Asian data that would significantly skew the current results. Further, our strategy of including all available evidence since January 1<sup>st</sup>, 1833 ensured a broad picture. Although additional older literature may be found and studied, such literature is unlikely to add significantly to the findings reported here, as regular follow-up was not commonplace in early times; surgeons relied more on “return on recurrence” follow-up<sup>746,749</sup>. Furthermore, the older literature includes more primary open treatment methods with follow-up exceeding 120 months<sup>166,750</sup>, which are well-represented in the analysis. Therefore, the inclusion of additional new primary open patients is unlikely to change our findings. Given the design, the scope of this study is relatively narrow and specific. Yet, including more variables such as e.g. length of hospital stay, length of post-op course, and cost of post-op course would be a very extensive beyond the scope of a single study. Another source of bias may be our strategy for grouping therapeutic procedures. We had to condense multiple, sometimes minute, variants of mainstream surgical therapies into cohorts large enough for thorough analysis. While some therapies are gone, and will not return, others, such as marsupialisation, seem to be enjoying a resurgence, and new strategies such as endoscopic approaches are currently being investigated. Additionally, studies were picked regardless of their inclusion of primary or recurrent PSD cases what may affect the surgical technique of choice and the outcome in many ways. Statistical limitations are built into the design of this study. While detailed information about a single patient is commonly not available, it was necessary to simulate single patients from pools of patients reported in each single study. Therefore, no sub-analysis of links between recurrence and follow-up time for gender or age groups, etc., could be applied. Since the analysed studies reported follow-up times with various statistical measures (mean, median, and range), there could be a potential bias within the details in the survival curve structures. Abrupt drops, for example, are often due to studies in which large numbers of patients experienced recurrence at a specific (mean/median/centre of range) follow-up time. Therefore, the specific drops in the survival curves should be interpreted cautiously. For the purpose of this study, the goal was to acquire an understanding of general links between follow-up times and recurrence among therapeutic procedures. Although we cannot necessarily determine, by extrapolation from our results, a particular follow-up time at which recurrence increases, the trend over time is meaningful, and thanks to the very high case numbers, is reliably estimated.

The highest incidence of recurrence identified in our data, 67.9%, occurred 240 months after primary midline closures; so, this method should be abandoned straight away, while other traditional approaches such as primary open treatment can be justified, also when considering the development of more complicated surgeries involving flap techniques. Correctly, this leads to a call for more off-midline closure education for surgeons<sup>751</sup>. From our analysis of data from more than 80,000 patients over 18 decades, we found that the Karydakis and the Bascom cleft lift procedures show the lowest recurrence at any time of follow-up, followed by rhomboid flaps and other flaps. However, current RCT evidence only provides follow-up data for 10 years postoperatively for Karydakis/Bascom, and a longer-term study would be of interest. Nevertheless, non-RCT data point into the direction of a continued low recurrence with these advancement and rotational flap methods. Because of the high recurrence as early as 2 years (25.9%, rising to 40.2 after 5 years), incision and drainage cannot be recommended as definite therapy. The simple manoeuvre easily relieves a patient from pain in an acute situation, but must be followed by a definite technique with lower recurrence. Similarly, phenol treatment is associated with high recurrence, 14.1% at 24 months and 40.4% at 60 months; longer term follow-up data are unavailable. A Turkish group has reported on the phenol technique recently<sup>467</sup>. They praise its minimal invasiveness and concomitant short duration of stay in hospital. However, given the high recurrence, these might be misleading arguments. The data on laser treatment still remain weak; long term follow-up data and extensive cohorts have not yet been published.

Our results presented here suggest that the variances in recurrence are understandable once the follow-up time is taken into account. We found that recurrence is a function of follow-up time for every major surgical and non-surgical method analysed. Our endeavours here have established a respective benchmark, potentially increasing the comparability as also proposed, e.g. for a staging system<sup>410</sup>.

In conclusion, physicians must keep in mind that recurrence of surgical procedures in PSD impressively depend on follow-up time. This dependence, i.e. the steepness of increase of recurrence with longer follow-up times, is specific to a surgical procedure. Applying a recurrence without knowing the time since surgery may be open to a bias factor of up to 18 and above. The choice of surgical therapy influences recurrence by a factor of up to 21. As we are now able to understand recurrence in PSD in a more standardised way. Primary midline closure is dead, while older therapies (such as marsupialisation) may be reconsidered, while advancement flap (Karydakis & Bascom) and rotational flap procedures (Limberg/Dufourmental) are undoubtedly primary league with asymmetrical procedures, as proven by RCT and combined RCT/non-RCT analysis in 89,583 patients available from 1833 to 2017. Follow-up of PSD patients should always be planned long term, i.e., five or ten years if reliable conclusions are to be drawn regarding the efficacy of a new procedure or on the efficacy of your own results using an already known technique.

## Methods

**Ethical approval and informed consent.** The systematic review with meta-analysis and merged data analysis included no experiment carried out on live vertebrates (or higher invertebrates), humans or human samples. Thus, formal ethics approval was not required.

**Search strategy and study selection criteria.** To assemble a comprehensive database pertaining to PSD, we systematically searched for the NCBI Medical Subject Heading (MeSH) term, "pilonid\*", as well as "dermoid" AND "cyst" in MEDLINE, PubMed, PubMed Central, Scopus, Ovid, Embase, and Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL). We additionally searched these terms in Google, Google Scholar, ResearchGate, and references listed in national and international guidelines such as the S3 guidelines of the Association of the Scientific Medical Societies in Germany on the treatment of PSD. We also assessed the references listed in the literature cited of all documents retrieved by the searches. Documents retrieved included randomised, non-randomised, prospective, retrospective, and observational studies such as cohort, case-control, cross-sectional studies, and case reports published between 1833 to 2017. Four authors (VS, MML, MD, and DD) reviewed the retrieved documents for compliance with the inclusion criteria: specification of the definitive treatment, recurrence, and length of follow-up. Reports in English, French, German, Italian, and Spanish were considered, as were publications in other languages if definitive treatment and recurrence at specific follow-up times were described in an English abstract, or if the authors contacted via email or Research Gate provided an English translation of their surgical approach, recurrence, and follow-up time. Exclusion criteria were: PSD in other than presacral location, neoplasia involvement, double publication of data by an author. Further, studies lacking any component of the minimal data set which comprised of: definitive treatment strategy/recurrence/follow-up time were excluded. Prior meta-analysis reports and review articles were excluded, as well, although their reference lists were screened for potential additions to the evidence. Also, previously unpublished data presented in review articles were taken into account. Studies in which recurrence were deduced from patients returning with recurrent disease ("return on recurrence"), but which did not actively investigate the majority of non-returned, were excluded.

The review protocol is registered in the National Health Service (NHS) International prospective register of systematic reviews PROSPERO (42016051588).

**Data collection, extraction and quality assessment.** All studies were analysed and documented on paper. The transcript data were collected into a Microsoft Excel (Version 2016, Microsoft Corp., Redmond, WA) spreadsheet, and correct transfer was controlled. Every specific therapeutic strategy reported in a paper was assigned to a line. Columns included citation details, number of patients included, therapeutic procedures, reported follow-up times, study details and recurrence.

The statistical measures applied for reporting of follow-up times are not standardised, and thus, were not identical among different studies. However, given the relative clustering of the disease incidence in young adults, mean and median reports were treated as equivalent. For data that included a range of follow-up times, the centre of the given range was used in our analysis. For data in which minimum follow-up times were reported, the values were integrated as is.

Individual studies were assessed for consistency in described methods and reported results to minimize potential risk of bias in a thorough data synthesis. A subgroup of prospective randomized control trials was analysed separately in addition to check for consistency with the complete set of studies. The reported recurrence in each study were then linked to the study's follow-up time. Follow-up time was defined as mean, median, centre of range, or minimum. To compare information across all studies, single patients were statistically simulated. I.e., for each study participant, a data sample was extracted containing recurrence, follow-up time, and therapeutic procedure. If, for example, a study included 500 patients and a recurrence of 20% for a particular therapeutic procedure, then 100 single samples would be defined as recurrent disease, whereas, the remaining 400 samples would be defined as recurrence-free. In this simulation, some information, such as gender ratios, could not be included since this information was only available cumulatively in the majority of studies.

In cases where an article addressed more than one therapeutic strategy, the data pertaining to each treatment strategy were considered separately in our analysis.

**Grouping of therapeutic procedures and statistical analyses.** Therapeutic procedures were analysed cumulatively ("overall") and stratified as subgroups (Table 1). The overall analysis also included some other different techniques not specifically analysed as subgroup. For statistical analysis and visualizations, the statistical software package R (version 3.1.0) in the R-studio framework (version 0.98.982) was used. Statistical significance was assumed if  $p < 0.05$ . All tests were considered in a two-tailed set-up. For the analysis of recurrence free outcome over time, survival analysis according to Kaplan-Meier including pointwise 95% confidence intervals (CI) was used as implemented in the R-package 'survival' (version 2.40-1). These analyses were performed for each defined therapeutic procedure. Results were plotted as percent of recurrence-free outcomes with their 95% CI. In order to comprehend the data leading to the Kaplan-Meier curves, the numbers of patients included in the intervals of 0-12, 12-24, 24-60, 60-120, and > 120 months are included on the horizontal axes of the plots. If no specific data were available for an interval, linear interpolation of recurrence free outcome according to the two nearest observed follow-up times was used. To provide a comprehensive study on recurrence and a rational basis for selecting treatment procedures, we assessed data in the manner of a classical meta-analysis of RCTs, and further employed an analysis that included non-RCTs in the manner of a merged data analysis. Because the Kaplan-Meier curves were calculated as stepwise functions, small discrepancies between the plotted and the tabled values may occur.

Potential heterogeneity of the study outcomes was assessed through Cochrane analysis and  $I^2$  calculation as described previously<sup>75,76</sup>. Therefore, the articles were grouped according to procedures and follow-up time-intervals as applied for plotting the Kaplan-Meier curves. A separate analysis was conducted for studies based on randomized controlled trials (RCTs) and for the complete set of studies considered (RCTs and non-RCTs). The data used for computing Cochrane's Qs were computed with the recurrence as reported in the

corresponding studies, weighted with the respective numbers of study participants. For assessing significance of heterogeneity, a Chi<sup>2</sup> test was employed. I<sup>2</sup> was computed to complete the results of the Chi<sup>2</sup> test.

**Data Availability Statement.** All data and calculations are available to readers upon request to the corresponding author.

**Ethics.** This article does not contain any studies with human participants, human samples or live vertebrates. Therefore, no informed consent had to be obtained prior to preparation of current manuscript.

## References

- Allen-Merish, T. G. Pilonidal sinus: finding the right track for treatment. *Br J Surg* 77, 123–132 (1990).
- Evers, T. *et al.* Trends in incidence and long-term recurrence rate of pilonidal sinus disease and analysis of associated influencing factors. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 49, 799–803 (2011).
- Luedi, M. M., Kauf, P., Evers, T., Stevert, H. & Doll, D. Impact of spinal versus general anesthesia on postoperative pain and long term recurrence after surgery for pilonidal disease. *Journal of clinical anesthesia* 33, 236–242, <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.03.061> (2016).
- Doll, D., Luedi, M. M., Evers, T., Kauf, P. & Matevosian, E. Recurrence-free survival, but not surgical therapy per se, determines 583 patients' long-term satisfaction following primary pilonidal sinus surgery. *Int J Colorectal Dis* 30, 605–611, <https://doi.org/10.1007/s00384-015-2130-0> (2015).
- Akca, T., Colak, T., Ustunsoy, B., Kantik, A. & Aydin, S. Randomized clinical trial comparing primary closure with the Limberg flap in the treatment of primary sacrococcygeal pilonidal disease. *Br J Surg* 92, 1081–1084, <https://doi.org/10.1002/bjs.5074> (2005).
- Clothier, P. R. & Haywood, I. R. The natural history of the post anal (pilonidal) sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 66, 201–203 (1984).
- Stevert, H. *et al.* The influence of lifestyle (smoking and body mass index) on wound healing and long-term recurrence rate in 534 primary pilonidal sinus patients. *Int J Colorectal Dis* 28, 1555–1562, <https://doi.org/10.1007/s00384-013-1731-8> (2013).
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS medicine* 6, e1000097, <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097> (2009).
- Al-Hassan, H. K. B. & Neglén, I. M. P. Primary closure or secondary granulation after excision of pilonidal sinus. *Acta Chir Scand* 156, 695–699 (1990).
- Al-Salamah, S. M., Hussain, M. I. & Mirza, S. M. Excision with or without primary closure for pilonidal sinus disease. *J Pak Med Assoc* 57, 388–391 (2007).
- Biter, L. U. *et al.* The use of negative-pressure wound therapy in pilonidal sinus disease: a randomized controlled trial comparing negative-pressure wound therapy versus standard open wound care after surgical excision. *Dis Colon Rectum* 57, 1406–1411, <https://doi.org/10.1097/DCR.0b000000000000240> (2014).
- Calikoglu, I. *et al.* Phenol Injection Versus Excision With Open Healing in Pilonidal Disease: A Prospective Randomized Trial. *Dis Colon Rectum* 60, 161–169, <https://doi.org/10.1097/DCR.0b0000000000000717> (2017).
- Duxbury, M. S., Blake, S. M., Dashfield, A. & Lambert, A. W. A randomised trial of knife versus diathermy in pilonidal disease. *Ann R Coll Surg Engl* 85, 405–407, <https://doi.org/10.1308/003588403322520799> (2003).
- Fazeli, M. S., Adel, M. G. & Lebaschi, A. H. Comparison of outcomes in Z-plasty and delayed healing by secondary intention of the wound after excision of the sacral pilonidal sinus: results of a randomized, clinical trial. *Dis Colon Rectum* 49, 1831–1836, <https://doi.org/10.1007/s10350-006-0726-8> (2006).
- Ghannam, W. M. & Hafez, D. M. Laser hair removal as adjunct to surgery for pilonidal sinus: our initial experience. *J Cutan Aesthet Surg* 4, 192–195, <https://doi.org/10.4103/0974-2077.91251> (2011).
- Gupta, P. J. Comparative study between radiofrequency sinus excision and open excision in sacro-coccygeal pilonidal sinus disease. *Dig Surg* 22, 459–463, <https://doi.org/10.1159/000092034> (2005).
- Gupta, P. J. Radiofrequency sinus excision: better alternative to marsupialization technique in sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *J Natl Med Assoc* 97, 998–1002 (2005).
- Gupta, P. A comparison of two operations for pilonidal sinus disease. *Nig J Surg Res* 6, 41–45 (2004).
- Holzer, B. *et al.* Efficacy and tolerance of a new gentamicin collagen fleece (Septocoll) after surgical treatment of a pilonidal sinus. *Colorectal Dis* 5, 222–227 (2003).
- Hosseini, S. V. *et al.* The comparison between drainage, delayed excision and primary closure with excision and secondary healing in management of pilonidal abscess. *Int J Surg* 4, 228–231, <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2005.12.005> (2006).
- Jamal, A., Shamim, M., Hashmi, F. & Qureshi, M. I. Open excision with secondary healing versus rhomboid excision with Limberg transposition flap in the management of sacrococcygeal pilonidal disease. *J Pak Med Assoc* 59, 157–160 (2009).
- Kareem, T. S. Surgical treatment of chronic sacrococcygeal pilonidal sinus. *Open method versus primary closure. Saudi Med J* 27, 1534–1537 (2006).
- Kaser, S. A., Zengaffinen, R., Uhlmann, M., Glaser, C. & Maurer, C. A. Primary wound closure with a Limberg flap vs. secondary wound healing after excision of a pilonidal sinus: a multicentre randomised controlled study. *Int J Colorectal Dis* 30, 97–103, <https://doi.org/10.1007/s00384-014-2057-x> (2015).
- Keshvari, A. *et al.* Karydakts flap versus excision-only technique in pilonidal disease. *J Surg Res* 198, 260–266, <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.05.039> (2015).
- Khatoon, S. *et al.* Pilonidal sinus: Excision with primary midline closure versus open method. *J Llaquat Univ. Med. Health Sci.* 9, 9–11 (2010).
- Khawaja, H. T., Bryan, S. & Weaver, P. C. Treatment of natal cleft sinus: a prospective clinical and economic evaluation. *BMJ (Clinical research ed.)* 304, 1282–1283 (1992).
- Kronborg, O., Christensen, K. & Zimmermann-Nielsen, C. Chronic pilonidal disease: a randomized trial with a complete 3-year follow-up. *Br J Surg* 72, 303–304 (1985).
- Lundhus, E. & Gottrup, F. Outcome at three to five years of primary closure of perianal and pilonidal abscess. A randomised, double-blind clinical trial with a complete three-year followup of one compared with four days' treatment with ampicillin and metronidazole. *Eur J Surg* 159, 555–558 (1993).
- Mohamed, H. A., Kadry, I. & Adly, S. Comparison between three therapeutic modalities for non-complicated pilonidal sinus disease. *Surgeon* 3, 73–77 (2005).
- Ortiz Hurtado, H., Marti Rague, J. & Stiges Creus, A. Pilonidal sinus. Comparison of 3 surgical techniques. *Chir. Esp.* 31, 413–418 (1977).
- Rao, M. M., Zewislak, W., Kennedy, R. & Gilliland, R. A prospective randomised study comparing two treatment modalities for chronic pilonidal sinus with a 5-year follow-up. *Int J Colorectal Dis* 25, 395–400, <https://doi.org/10.1007/s00384-009-0804-1> (2010).
- Shah, S. T. A., Tahir, M., Nasir, M., Paracha, S. A. & Wahab, K. Outcome of open versus closed surgical technique for treatment of chronic pilonidal sinus: a randomized controlled trial. *Khyber Med Univ J* 5, 146–151 (2013).

33. Shah, A., Waheed, A. & Malik, A. Recurrence rates in pilonidal sinus surgery: Comparison of two techniques (Karydakjs Versus Conventional Open Excision). *Pak. J. Med. Health Sci.* 3, 91–95 (2009).
34. Shelkh, M. R., Malik, K. A. & Rehmann, S. Outcome of surgery for pilonidal sinus: Karydakjs versus open procedure. *Pak J Surg* 23 (2007).
35. Sondanaa, K., Nesvik, L., Andersen, E. & Soreide, J. A. Recurrent pilonidal sinus after excision with closed or open treatment final result of a randomised trial. *Eur J Surg* 162, 237–240 (1996).
36. Spyridakts, M., Christodoulidis, G., Chatzitheofliou, C., Symeonidis, D. & Tepetes, K. The role of the platelet-rich plasma in accelerating the wound-healing process and recovery in patients being operated for pilonidal sinus disease: preliminary results. *World J Surg* 33, 1764–1769, <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0046-y> (2009).
37. Testini, M. *et al.* Treatment of chronic pilonidal sinus with local anaesthesia: a randomized trial of closed compared with open technique. *Colorectal Dis.* 3, 427–430 (2001).
38. Viciano, V. *et al.* Effect of hydrocolloid dressings on healing by second intention after excision of pilonidal sinus. *Eur J Surg* 166, 229–232 (2000).
39. Argov, S., Golz, A. & Barzilai, A. Single stage operation for pilonidal sinus. *HAREFUAH* 99, 420–421 (1980).
40. Arnous, J., Denis, J. & Dubois, N. Treatment of pilonidal sinus by “en bloc excision”. *Gastroenterol Clin Biol* 1, 945–949 (1977).
41. Anderson, R. E., Lukas, G., Skullman, S. & Hugander, A. Local administration of antibiotics by gentamicin-collagen sponge does not improve wound healing or reduce recurrence rate after pilonidal excision with primary suture: a prospective randomized controlled trial. *World J Surg* 34, 3042–3048, <https://doi.org/10.1007/s00268-010-0763-2> (2010).
42. Aysan, E., Basak, F., Kinaci, E. & Sevinc, M. Efficacy of local adrenalin injection during sacrococcygeal pilonidal sinus excision. *Eur Surg Res* 36, 256–258, <https://doi.org/10.1159/000078861> (2004).
43. Dass, T. A., Zaz, M., Rather, A. & Bari, S. Elliptical excision with midline primary closure versus rhomboid excision with limberg flap reconstruction in sacrococcygeal pilonidal disease: a prospective, randomized study. *Indian J Surg* 74, 305–308, <https://doi.org/10.1007/s12262-011-0400-9> (2012).
44. Galal Elshazly, W. & Said, K. Clinical trial comparing excision and primary closure with modified Limberg flap in the treatment of uncomplicated sacrococcygeal pilonidal disease. *Alexandria Journal of Medicine* 48, 13–18, <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2011.10.002> (2012).
45. Enshaet, A. & Motarefi, S. Comparison of two surgical methods, primary closure and rotational flap, in patients with chronic pilonidal sinus. *Glob J Health Sci* 6, 18–22, <https://doi.org/10.5539/ghs.v6n7p18> (2014).
46. Ertan, T. *et al.* Does technique alter quality of life after pilonidal sinus surgery? *Am J Surg* 190, 388–392, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2004.06.068> (2005).
47. Fuzun, M. *et al.* Which technique for treatment of pilonidal sinus—open or closed? *Dis Colon Rectum* 37, 1148–1150 (1994).
48. Gencosmanoglu, R. & Inceoglu, R. Modified lay-open (incision, curettage, partial lateral wall excision and marsupialization) versus total excision with primary closure in the treatment of chronic sacrococcygeal pilonidal sinus: a prospective, randomized clinical trial with a complete two-year follow-up. *Int J Colorectal Dis* 20, 415–422, <https://doi.org/10.1007/s00384-004-0710-5> (2005).
49. Khan, P. S., Hayat, H. & Hayat, G. Limberg flap versus primary closure in the treatment of primary sacrococcygeal pilonidal disease: a randomized clinical trial. *Indian J Surg* 75, 192–194, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0430-y> (2013).
50. Lorant, T., Ribbe, L., Mahteme, H., Gustafsson, U. M. & Graf, W. Sinus excision and primary closure versus laying open in pilonidal disease: a prospective randomized trial. *Dis Colon Rectum* 54, 300–305, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31820246bf> (2011).
51. Milone, M., Musella, M., Salvatore, G., Leongito, M. & Milone, F. Effectiveness of a drain in surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal disease. Results of a randomized and controlled clinical trial on 803 consecutive patients. *Int J Colorectal Dis* 26, 1601–1607, <https://doi.org/10.1007/s00384-011-1242-4> (2011).
52. Milone, M. *et al.* Intradermal absorbable sutures to close pilonidal sinus wounds: a safe closure method? *Surg Today* 44, 1638–1642, <https://doi.org/10.1007/s00595-013-0741-z> (2014).
53. Morrison, P. D. Is Z-plasty closure reasonable in pilonidal disease? *Ir J Med Sci* 154, 110–112 (1985).
54. Muzi, M. G. *et al.* Randomized comparison of Limberg flap versus modified primary closure for the treatment of pilonidal disease. *Am J Surg* 200, 9–14, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2009.05.036> (2010).
55. Nursal, T. Z. *et al.* Prospective randomized controlled trial comparing V-Y advancement flap with primary suture methods in pilonidal disease. *Am J Surg* 199, 170–177, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2008.12.030> (2010).
56. Okus, A., Sevinc, B., Karahan, O. & Eryilmaz, M. A. Comparison of Limberg flap and tension-free primary closure during pilonidal sinus surgery. *World J Surg* 36, 431–435, <https://doi.org/10.1007/s00268-011-1333-y> (2012).
57. Othman, I. Skin glue improves outcome after excision and primary closure of sacrococcygeal pilonidal disease. *Indian J Surg* 72, 470–474, <https://doi.org/10.1007/s12262-010-0170-9> (2010).
58. Perpelitsa, G. F. & Dulnov, A. I. Use of lasers in the surgical treatment of suppurative pilonidal cysts. *Klin Khir*, 68 (1990).
59. Polat, N., Albayrak, D., Ibiş, A. C. & Altan, A. Comparison between karydakjs flap repair and primary closure for surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus. *Trakya Universitesi Tıp Fakültesi Derg.* 25, 87–94 (2008).
60. Pomazkin, V. I. & Mansurov, I. V. Choice of operation for treatment of patients with pilonidal sinus. *Vestn Khir Im I I Grek* 167, 85–87 (2008).
61. Roshdy, H., Ali, Y., Askar, W., Awad, I. & Farid, M. Rhomboid flap versus primary closure after excision of sacrococcygeal pilonidal sinus (a prospective randomized study). *Egypt J Surg* 29, 146–152 (2010).
62. Sakr, M. F. & Moussa, M. A prospective controlled randomized trial comparing Karydakjs technique and midline closure in patients with recurrent chronic pilonidal sinus. *Surg. Chronicles* 16, 84–90 (2011).
63. Sakr, M., Habib, M. & Shaheed, A. A. Assessment of Karydakjs technique as compared with midline closure for the management of chronic pilonidal sinus. *J. Pelvic Med. Surg.* 12, 201–206, <https://doi.org/10.1097/01.spw.0000217399.78641.43> (2006).
64. Sevinc, B. *et al.* Randomized prospective comparison of midline and off-midline closure techniques in pilonidal sinus surgery. *Surgery* 159, 749–754, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.09.024> (2016).
65. Shabbir, F. *et al.* Modified Limberg's flap versus primary closure for treatment of pilonidal sinus disease: a comparative study. *J Pak Med Assoc* 64, 1270–1273 (2014).
66. Sondanaa, K. *et al.* The role of cefoxitin prophylaxis in chronic pilonidal sinus treated with excision and primary suture. *J Am Coll Surg* 180, 157–160 (1995).
67. Sondanaa, K. *et al.* Influence of failure of primary wound healing on subsequent recurrence of pilonidal sinus. combined prospective study and randomised controlled trial. *Eur J Surg* 168, 614–618 (2002).
68. Sondanaa, K., Andersen, E. & Soreide, J. A. Morbidity and short term results in a randomised trial of open compared with closed treatment of chronic pilonidal sinus. *Eur J Surg* 158, 351–355 (1992).
69. Sondanaa, K., Nesvik, L., Andersen, E., Natas, O. & Soreide, J. A. Bacteriology and complications of chronic pilonidal sinus treated with excision and primary suture. *Int J Colorectal Dis* 10, 161–166 (1995).
70. Terzi, C., Canda, A. E., Unek, T., Dalgic, E. & Fuzun, M. What is the role of mechanical bowel preparation in patients with pilonidal sinus undergoing surgery? Prospective, randomized, surgeon-blinded trial. *World J Surg* 29, 1465–1471, <https://doi.org/10.1007/s00268-005-0007-z> (2005).
71. Vogel, P. & Lenz, J. Treatment of pilonidal sinus with excision and primary suture using a local, resorbable antibiotic carrier. *Results of a prospective randomized study.* *Chirurg* 63, 748–753 (1992).

72. Yetim, I., Ozkan, O. V., Dervisoglu, A., Erzurumlu, K. & Canbolant, E. Effect of gentamicin-absorbed collagen in wound healing in pilonidal sinus surgery: a prospective randomized study. *J Int Med Res* 38, 1029–1033 (2010).
73. Youssef, T. E. A. S. & Farid, M. Tension-free primary closure compared with modified Limberg flap for pilonidal sinus disease: a prospective balanced randomized study. *RR anglaiblich niedrig bei 100% FUP* 34, 85–89 (2015).
74. Aaser, P. & Gruner, O. P. Pilonidal cysts. Excision and intracutaneous absorbable primary suture. *Tidsskr Nor Lægeforen* 112, 206–207 (1992).
75. Abou-Zikry, A. S., Guindi, A. & Hashem, M. Pilonidal sinus and cysts (sacro-coccygeal sinus); report of 22 cases treated by excision and primary suture. *J Egypt Med Assoc.* 37, 696–705 (1954).
76. Bruscianno, L. *et al.* D-shape asymmetric excision of sacrococcygeal pilonidal sinus with primary closure, suction drain, and subcuticular skin closure: an analysis of risks factors for long-term recurrence. *Surg Innov* 22, 143–148, <https://doi.org/10.1177/1553350614535856> (2015).
77. Ball, I. *et al.* Effectiveness of Limberg and Karydakjs flap in recurrent pilonidal sinus disease. *Clinics (Sao Paulo)* 70, 350–355, [https://doi.org/10.6061/clinics/2015\(05\)08](https://doi.org/10.6061/clinics/2015(05)08) (2015).
78. Bessa, S. S. Comparison of short-term results between the modified Karydakjs flap and the modified Limberg flap in the management of pilonidal sinus disease: a randomized controlled study. *Dis Colon Rectum* 56, 491–498, <https://doi.org/10.1097/DCR.0b013e31828006f7> (2013).
79. Boereboom, C. L., Watson, N. F. A., Liptrot, S. A. & Lund, J. N. A. randomised trial of fibrin glue vs surgery for pilonidal sinus disease: results and long term follow up. *ij bassam diss* 12, 1280–1283, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2010.02336.x> (2010).
80. Can, M. F., Sevinc, M. M., Hanceriogullari, O., Yilmaz, M. & Yagci, G. Multicenter prospective randomized trial comparing modified Limberg flap transposition and Karydakjs flap reconstruction in patients with sacrococcygeal pilonidal disease. *Am J Surg* 200, 318–327, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2009.08.042> (2010).
81. Demircan, F. *et al.* The effect of laser epilation on recurrence and satisfaction in patients with sacrococcygeal pilonidal disease: a prospective randomized controlled trial. *Int J Clin Exp Med* 8, 2929–2933 (2015).
82. Ersoy, E. *et al.* Comparison of the short-term results after Limberg and Karydakjs procedures for pilonidal disease: randomized prospective analysis of 100 patients. *Colorectal Dis* 11, 705–710, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01646.x> (2009).
83. Guner, A. *et al.* Limberg flap versus Bascom cleft lift techniques for sacrococcygeal pilonidal sinus: prospective, randomized trial. *World J Surg* 37, 2074–2080, <https://doi.org/10.1007/s00268-013-2111-9> (2013).
84. Guer, A. *et al.* Is routine cavity drainage necessary in Karydakjs flap operation? A prospective, randomized trial. *Dis Colon Rectum* 48, 1797–1799, <https://doi.org/10.1007/s10350-005-0108-7> (2005).
85. Milone, M., Fernandez, L. M., Musella, M. & Milone, F. Safety and Efficacy of Minimally Invasive Video-Assisted Ablation of Pilonidal Sinus: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Surg* 151, 547–553, <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2015.5233> (2016).
86. Nordon, I. M., Senapati, A. & Cripps, N. P. A prospective randomized controlled trial of simple Bascom's technique versus Bascom's cleft closure for the treatment of chronic pilonidal disease. *Am J Surg* 197, 189–192, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2008.01.020> (2009).
87. Sahin, A., Olcuoğlu, E., Seker, D. & Kulacoglu, H. The effect of using methylene blue in surgical treatments of pilonidal disease: a prospective randomized study. *European Surgery* 46, 148–154, <https://doi.org/10.1007/s10353-014-0276-6> (2014).
88. Sevinc, B. *et al.* Randomized prospective comparison of midline and off-midline closure techniques in pilonidal sinus surgery. *Surgery*, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.09.024> (2015).
89. Sozen, S., Emir, S., Guzel, K. & Ozdemir, C. S. Are postoperative drains necessary with the Karydakjs flap for treatment of pilonidal sinus? (Can fibrin glue be replaced to drains?) A prospective randomized trial. *Ir J Med Sci* 180, 479–482, <https://doi.org/10.1007/s11845-010-0549-4> (2011).
90. Tokac, M., Dumlu, E. G., Aydin, M. S., Yalcin, A. & Kilic, M. Comparison of modified Limberg flap and karydakjs flap operations in pilonidal sinus surgery: prospective randomized study. *Int Surg* 100, 870–877, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-14-00213.1> (2015).
91. Abdelrazeq, A. S., Rahman, M., Botterill, I. D. & Alexander, D. J. Short-term and long-term outcomes of the cleft lift procedure in the management of nonacute pilonidal disorders. *Dis Colon Rectum* 51, 1100–1106, <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9262-z> (2008).
92. Abdul-Ghani, A. K., Abdul-Ghani, A. N. & Ingham Clark, C. L. Day-care surgery for pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 88, 656–658, <https://doi.org/10.1308/003588406X149255> (2006).
93. Colak, T., Turkmenoglu, O., Dag, A., Akca, T. & Aydin, S. A randomized clinical study evaluating the need for drainage after Limberg flap for pilonidal sinus. *J Surg Res* 158, 127–131, <https://doi.org/10.1016/j.jss.2008.11.005> (2010).
94. Das, K. *et al.* Diathermy versus scalpel in Limberg flap in pilonidal sinus surgery. A prospective randomized trial. *Ann Ital Chir* 85, 148–152 (2014).
95. Erdem, E., Sungurtekin, U. & Nessar, M. Are postoperative drains necessary with the Limberg flap for treatment of pilonidal sinus? *Dis Colon Rectum* 41, 1427–1431 (1998).
96. Karakayali, F. *et al.* Unroofing and marsupialization vs. rhomboid excision and Limberg flap in pilonidal disease: a prospective, randomized, clinical trial. *Dis Colon Rectum* 52, 496–502, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31819a3ec0> (2009).
97. Kirikli, C. *et al.* The effects of drainage on the rates of early wound complications and recurrences after Limberg flap reconstruction in patients with pilonidal disease. *Tech Coloproctol* 15, 425–429, <https://doi.org/10.1007/s10151-011-0782-5> (2011).
98. Saydam, M. *et al.* Comparison of modified Limberg flap transposition and lateral advancement flap transposition with Burrow's triangle in the treatment of pilonidal sinus disease. *Am J Surg* 210, 772–777, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2015.03.031> (2015).
99. Sungurtekin, H., Sungurtekin, U. & Erdem, E. Local anesthesia and midazolam versus spinal anesthesia in ambulatory pilonidal surgery. *J Clin Anesth* 15, 201–205 (2003).
100. Yabanoglu, H., Karagulle, E., Belli, S. & Turk, E. Results of modified Dufourmental rhomboid flap in patients with extensive Sacrococcygeal pilonidal disease. *Acta Chir Belg* 114, 52–57 (2014).
101. Yetisir, F., Kaya, O. & Baran, I. The comparison of marsupialization and Limberg flap in the treatment of pilonidal disease. *Turk. J. Surg.* 21, 184–190 (2005).
102. Zorlu, M. *et al.* Early results with the Mutaf technique: a novel off-midline approach in pilonidal sinus surgery. *IIWRITING* 90, 265–271, <https://doi.org/10.4174/ast.2016.90.5.265> (2016).
103. Abu Galala, K. H., Salam, I. M. A., El Ashaal, Y. I., Chandran, V. P. & Sim, A. J. W. Excision of pilonidal sinus and primary closure by a rhomboid flap transposition. *Asian Journal of Surgery* 19, 305–308 (1996).
104. Afsarlar, C. E. *et al.* Treatment of adolescent pilonidal disease with a new modification to the Limberg flap: symmetrically rotated rhomboid excision and lateralization of the Limberg flap technique. *J Pediatr Surg* 48, 1744–1749, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2013.01.029> (2013).
105. Malik, G. A., Choudary, T. H. & Wahab, A. Pilonidal Sinus; Prevalence and comparison of excision and primary closure with lay open procedure. *Professional Med J* 16, 297–298 (2009).
106. Acarturk, T. O., Parsak, C. K., Sakman, G. & Demircan, O. Superior gluteal artery perforator flap in the reconstruction of pilonidal sinus. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 63, 133–139, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2008.07.017> (2010).
107. Awad, M. M. & Saad, K. M. Does closure of chronic pilonidal sinus still remain a matter of debate after bilateral rotation flap? (N-shaped closure technique). *daten nachfragen* 39, 157–162 (2006).

108. Abramson, D. J. A simple marsupialization technic for treatment of pilonidal sinus: long-term follow up. *Ann Surg* 151, 261–267 (1960).
109. Abramson, D. J. An open, semiprimary closure operation for pilonidal sinuses, using local anesthesia. *Dis Colon Rectum* 13, 215–219 (1970).
110. Al-Naami, M. Y. Outpatient pilonidal sinotomy complemented with good wound and surrounding skin care. *Saudi Med J* 26, 285–288 (2005).
111. Awad, M. M. *et al.* A scoring system as a method to evaluate pilonidal sinus disease to make an easy decision for its management. *Daten nachtragen* 42, 43–48, <https://doi.org/10.4103/0970-0358.53011> (2009).
112. Baier, P. K., Baumgartner, U., Furtwangler, A., Holzinger, F. & Schoffel, U. Therapy of the pilonidal sinus—Primary wound closure or open wound after excision. *Zentralbl Chir* 127, 310–314, <https://doi.org/10.1055/s-2002-31557> (2002).
113. Baldelli, C. M. *et al.* A short course of granulocyte-colony-stimulating factor to accelerate wound repair in patients undergoing surgery for sacrococcygeal pilonidal cyst: proof of concept. *Cytotherapy* 14, 1101–1109, <https://doi.org/10.3109/14653249.2012.697147> (2012).
114. Blanco, V., Basile, C. & Tortorella, M. Sacrococcygeal pilonidal sinus disease. Treatment by “open” and “closed” technique: personal experience. *G Chir* 24, 145–147 (2003).
115. Blake P. *et al.* Tratamiento quirurgico del quiste pilonidal. *Revista chilena de cirugia* (1997).
116. Blanco, G., Giordano, M. & Torelli, I. Surgical treatment of pilonidal sinus with open surgical technique. *Minerva Chir* 58, 181–187 (2003).
117. Bracho Bracho, J. & Lira Soto, N. M. Enfermedad pilonidal: tecnica cerrada Vs. tecnica abierta con anestesia local. *Boletín médico de postgrado* (1996).
118. Breidenbach, L. & Wilson, H. L. P. Cysts and Sinuses. *Ann Surg* 102, 455–463 (1935).
119. Brust, J. C. & Sarner, J. B. Pilonidal cyst. *N Y State J Med* 48, 2138–2144 (1948).
120. Butter, A., Hanson, M., VanHouwelingen, L., Merritt, N. & Seabrook, J. Hair epilation versus surgical excision as primary management of pilonidal disease in the pediatric population. *Can J Surg* 58, 209–211 (2015).
121. Carstensen, E. & Keichel, F. Etiology and therapy of pilonidal sinus. *Chirurg* 34, 303–308 (1963).
122. Castronovo, G., Ciulla, A., Urso, G., Tomasello, G. & Damiani, S. Pilonidal sinus: an retrospective analysis of 205 cases. *Ann Ital Chir* 74, 559–563 (2003).
123. Chiedozzi, L. C., Al-Rayyes, F. A., Salem, M. M., Al-Haddi, F. H. & Al-Bidewi, A. A. Management of pilonidal sinus. *Saudi Med J* 23, 786–788 (2002).
124. Cimarelli, S. & Magnano, G. Treatment of pilonidal sinus. *Our experience. Minerva Chir* 44, 1131–1134 (1989).
125. Close, A. S. Pilonidal cysts: an analysis of surgical failures. *Ann Surg* 141, 523–526 (1955).
126. Coda, A. & Ferri, F. Sinus pilonidali: Removal and primary suture with aspirative draining. *Chirurgia* 3, 433–437 (1990).
127. Dahmann, S., Lebo, P. B. & Meyer-Marcotty, M. V. Comparison of Treatments for an Infected Pilonidal Sinus: Differences in Scar Quality and Outcome Between Secondary Wound Healing and Limberg Flap in a Prospective Study. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 48, 111–119, <https://doi.org/10.1055/s-0041-111322> (2016).
128. Falco, M. *et al.* Surgical treatment of sinus pilonidali by Dufourmentel's flap technique. *Il Giornale di chirurgia* 28, 93–97 (2007).
129. DeRosario, J. L. & Khare, U. Pilonidal disease—a surgical enigma. *Can Med Assoc J* 93, 1262–1267 (1965).
130. Destito, C., Romagnoli, A., Pucello, D., Mercuri, M. & Marin, A. W. Pilonidal sinus: long term results of excision and closure technic. *Review of the literature. G Chir* 18, 441–446 (1997).
131. Doll, D. *et al.* Methylene Blue halves the long-term recurrence rate in acute pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 23, 181–187, <https://doi.org/10.1007/s00384-007-0393-9> (2008).
132. Doll, D. *et al.* Timeline of recurrence after primary and secondary pilonidal sinus surgery. *Dis Colon Rectum* 50, 1928–1934, <https://doi.org/10.1007/s10350-007-9031-4> (2007).
133. Doll, D., Matevosian, E., Hoenemann, C. & Hoffmann, S. Incision and drainage preceding definite surgery achieves lower 20-year long-term recurrence rate in 583 primary pilonidal sinus surgery patients. *patienten info* 11, 60–64, <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2012.08007.x> (2013).
134. Donati, A. *et al.* Heterologous lyophilized collagen in the secondary healing of pilonidal fistulae. *Minerva Chir* 48, 141–145 (1993).
135. Dorman, R. M. & Bass, K. D. Novel use of porcine urinary bladder matrix for pediatric pilonidal wound care: preliminary experience. *Pediatr Surg Int* 32, 997–1002, <https://doi.org/10.1007/s00383-016-3915-0> (2016).
136. Dudink, R., Veldkamp, J., Nienhuijs, S. & Heemskerk, J. Secondary healing versus midline closure and modified Bascom natal cleft lift for pilonidal sinus disease. *Scand J Surg* 100, 110–113 (2011).
137. Dwight, R. W. & Maloy, J. K. Pilonidal sinus; experience with 449 cases. *N Engl J Med* 249, 926–930, <https://doi.org/10.1056/NEJM195312032492303> (1953).
138. Eftalha, M. & Abcartan, H. The dilemma of pilonidal disease: surgical treatment. *Dis Colon Rectum* 20, 279–286 (1977).
139. Elchfuss, H. P., Schontag, H. & Pfeiffer, M. A new surgical procedure for treating sacrococcygeal fistulas and cysts. *Aktuel Chir* 17, 138–140 (1982).
140. Elbanna, H. G. *et al.* Novel Approach of Treatment of Pilonidal Sinus Disease With Thrombin Gelatin Matrix as a Sealant. *Dis Colon Rectum* 59, 775–780, <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000604> (2016).
141. Fahmi, G. T. *et al.* Five-year Follow-up and Recurrence Rates Following Surgery for Acute and Chronic Pilonidal Disease: A Survey of 421 Cases. *Wounds* 28, 20–26 (2016).
142. Felgenbaum, H. A. Excision of acute pilonidal cyst abscess; a preliminary report. *Am J Surg* 94, 636–637 (1957).
143. Fitzpatrick, E. B. *et al.* Pilonidal disease in a military population: how far have we really come? *Am J Surg* 207, 907–914, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2013.07.038> (2014).
144. Fox, P. F. Pilonidal Cysts and Sinuses in Identical Twins. *Journal of the American Medical Association (JAMA)* 125, 120 (1944).
145. Garcia, J. C. & Dupuis, F. Surgical treatment of pilonidal disease. A new simplified technic. *J Chir (Paris)* 120, 347–350 (1983).
146. Gendy, A. S. *et al.* A comparison of the cleft lift procedure vs wide excision and packing for the treatment of pilonidal disease in adolescents. *J Pediatr Surg* 46, 1256–1259, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2011.03.062> (2011).
147. Gerhard, H. On the understanding and treating coccygeal fistulae. *Z Aertzt Fortbildg (Jena)* 57, 841–843 (1963).
148. Goiz, A., Argov, S. & Barzilat, A. Pilonidal sinus disease: comparison among various methods of treatment and a survey of 160 patients. *Curr Surg* 37, 77–85 (1980).
149. Goodall, P. The aetiology and treatment of pilonidal sinus. A review of 163 patients. *Br J Surg* 49, 212–218 (1961).
150. Grandjean, J. P. & Al Nashawati, G. Pilonidal disease treated by wide excision and controlled cicatrization. A report on 73 patients. *Lyon Chir* 92, 292–295 (1996).
151. Gupta, P. J. Radio surgery in pilonidal sinus: a new approach for the old problem. *Acta Chir Belg* 105, 183–186 (2005).
152. Guyuron, B., Dinner, M. I. & Dowden, R. V. Excision and grafting in treatment of recurrent pilonidal sinus disease. *Surg Gynecol Obstet* 156, 201–204 (1983).
153. Hell, E., Zimmermann, G. & Boeckj, O. Pilonidal disorder (pilonidal cyst) and its treatment. *Med Welt* 6, 230–232 (1971).
154. Hemati, H. R., Ghorbani, R. & Nayeri Tarshizi, E. Recurrence rate in the pilonidal sinus after excision with or without primary closure. *Koomesh* 15, 78–82 (2013).
155. Hoeffert, P. W. & Healy, M. J. Jr. Pilonidal sinus and cyst: an analysis of the results of surgical therapy in 229 consecutive cases. *Bull N Y Acad Med* 28, 612 (1952).

156. Holmebakk, T. & Nesbakken, A. Surgery for pilonidal disease. *Scand J Surg* 94, 43–46 (2005).
157. Hosseini, M., Heidari, A. & Jafarnejad, B. Comparison of Three Surgical Methods in Treatment of Patients with Pilonidal Sinus: Modified Excision and Repair/Wide Excision/Wide Excision and Flap in RASOUL, OMID and SADR Hospitals (2004–2007). *Indian J Surg* 75, 395–400, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0713-3> (2013).
158. Houston, H. E. One-stage cure of infected pilonidal cysts. *Am Surg* 43, 517–519 (1977).
159. Hughes, L. E. & Harding, K. G. Radical surgery for pilonidal sinus. *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 65, 64–65 (1983).
160. Iesalnieks, I., Furst, A., Rentsch, M. & Jauch, K. W. Primary midline closure after excision of a pilonidal sinus is associated with a high recurrence rate. *Chirurg* 74, 461–468, <https://doi.org/10.1007/s00104-003-0616-8> (2003).
161. Iesalnieks, I., Deimel, S. & Schlitt, H. J. Karydakts flap for recurrent pilonidal disease. *World J Surg* 37, 1115–1120, <https://doi.org/10.1007/s00268-013-1950-8> (2013).
162. Jordan, M. H. & Meinecke, H. M. Ambulatory surgery for pilonidal disease. *Am Surg* 45, 360–363 (1979).
163. Kasim, K., Abdhahmid, N. M., Badwan, B. R. & Allowbany, A. Is There a Relation Between Natal Cleft Depth and Post-Operative Morbidity After Different Methods of Excision of Sacro-Coccygeal Pilonidal Sinus? *Indian J Surg* 77, 201–205, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0762-7> (2015).
164. Kement, M., Oncel, M., Kurt, N. & Kaptanoglu, L. Sinus excision for the treatment of limited chronic pilonidal disease: results after a medium-term follow-up. *Dis Colon Rectum* 49, 1758–1762, <https://doi.org/10.1007/s10350-006-0676-1> (2006).
165. Khodakaram, K., Stark, J., Hoglund, I. & Andersson, R. E. Minimal Excision and Primary Suture is a Cost-Efficient Definitive Treatment for Pilonidal Disease with Low Morbidity: A Population-Based Interventional and a Cross-Sectional Cohort Study. *World J Surg*. <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3828-z> (2016).
166. Kleckner, M. S. Pilonidal Sinus: Its surgical management. *Trans Am Proctol Soc* 36, 166 (1936).
167. Kletman, A. Pilonidal cyst; follow-up studies on 481 patients. *US Armed Forces Med J* 3, 575–580 (1952).
168. Kooistra, H. P. Pilonidal sinuses. Review of the literature and report of three hundred fifty cases. *Am J Surg* LV 1, 3–17 (1942).
169. Lamke, L. O., Larsson, J. & Nylen, B. Results of different types of operation for pilonidal sinus. *Acta Chir Scand* 140, 321–324 (1974).
170. Larsen, B. B. Comparative results-in operations for pilonidal cysts. *Arch Surg* 56, 516–521 (1948).
171. Lawrence, K. B. & Baker, W. J. The marsupialization operation for pilonidal sinus; a comparison with other surgical methods in 359 cases. *N Engl J Med* 245, 134–139, <https://doi.org/10.1056/NEJM195107262450403> (1951).
172. Leak, K., Wildgerow, A. & Johnson, S. Pilonidal sinus (Jeep's disease): An improved model of care. *Wounds UK* 7, 72–77 (2011).
173. Thompson, J. P. S. & Lee, J. Radical surgery for pilonidal sinus. *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 65, 64–65 (1983).
174. Leoni, G. *et al.* Sinus pilonidalis. Critical review of our experience. *Chirurgia* 11, 93–96 (1998).
175. Luksh, J. R., Kindelan, T., Marmon, L. M., Pennington, M. & Norwood, C. Laser epilation is a safe and effective therapy for teenagers with pilonidal disease. *J Pediatr Surg* 44, 282–285, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2008.10.057> (2009).
176. Lynch, J. B., Laing, A. J. & Regan, P. J. Vacuum-assisted closure therapy: a new treatment option for recurrent pilonidal sinus disease. *Report of three cases. Dis Colon Rectum* 47, 929–932, <https://doi.org/10.1007/s10350-004-0522-2> (2004).
177. Macfee, W. F. Pilonidal Cysts and Sinuses: A Method of Wound Closure: Review of 230 Cases. *Ann Surg* 116, 687–699 (1942).
178. Matheshelmer, J. L. An ambulant method for the treatment of pilonidal disease. *Am J Surg* 69, 230–231 (1945).
179. Matter, I., Kunin, J., Schein, M. & Eldar, S. Total excision versus non-resectional methods in the treatment of acute and chronic pilonidal disease. *Br J Surg* 82, 752–753 (1995).
180. McGuinness, J. G., Winter, D. C. & O'Connell, P. R. Vacuum-assisted closure of a complex pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 46, 274–276, <https://doi.org/10.1097/01.DCR.0000049220.07412.0B> (2003).
181. McKirdie, M. Pilonidal Sinus. *Ann Surg* 107, 389–399 (1938).
182. Meier, H. P. Recurrence in sacral dermoid (sinusitis pilonidalis sacralis). *Helv Chir Acta* 49, 645–649 (1983).
183. Menzel, T., Dorner, A. & Cramer, J. Excision and open wound treatment of pilonidal sinus. Rate of recurrence and duration of work incapacity. *Dtsch Med Wochenschr* 122, 1447–1451, <https://doi.org/10.1055/s-2008-1047784> (1997).
184. Morden, P., Drongowski, R. A., Geiger, J. D., Hirschl, R. B. & Tettelbaum, D. H. Comparison of Karydakts versus midline excision for treatment of pilonidal sinus disease. *Pediatr Surg Int* 21, 793–796, <https://doi.org/10.1007/s00383-005-1543-1> (2005).
185. Mueller, X., Rothenbuehler, J. M. & Frede, K. E. Sacrococcygeal cysts. Is Lord Millar's procedure an alternative to exeresis? *J Chir* 128, 487–490 (1991).
186. Mustafi, N. & Engels, P. Post-surgical wound management of pilonidal cysts with a haemoglobin spray: a case series. *J Wound Care* 25, 191–198, <https://doi.org/10.12968/jowc.2016.25.4.191> (2016).
187. Nahas, S. C. *et al.* Results of the surgical treatment of non-complicated pilonidal disease. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo* 52, 287–290 (1997).
188. Nasr, A. & Elm, S. H. A pediatric surgeon's 35-year experience with pilonidal disease in a Canadian children's hospital. *Can J Surg* 54, 39–42 (2011).
189. Notaras, M. J. A review of three popular methods of treatment of postanal (pilonidal) sinus disease. *Br J Surg* 57, 886–890 (1970).
190. Obiedman, M. & Vaticon, D. Pilonidal sinus: a high-incidence disease among adolescents. *etiology, hair, recurrence, incidence* 6, 21–36, <https://doi.org/10.1515/IJAMH.1993.6.1.21> (1993).
191. Ommer, A. *et al.* Pilonidal Sinus—Primary Closure also in Case of Abscess? *Zentralbl Chir* 129, 216–219, <https://doi.org/10.1055/s-2004-822742> (2004).
192. Oram, Y., Kahraman, F., Karıncaoglu, Y. & Koyuncu, E. Evaluation of 60 patients with pilonidal sinus treated with laser epilation after surgery. *Dermatol Surg* 36, 88–91, <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2009.01387.x> (2010).
193. Ortiz, H. H., Marti, J. & Sitges, A. Pilonidal sinus: a claim for simple track incision. *Dis Colon Rectum* 20, 325–328 (1977).
194. Oueldat, D., Dtrani, R. A., Assi, M., Shams, T. B. & Jurjus, A. A. 25 years' experience in the management of pilonidal sinus disease. *Open Journal of Gastroenterology* 4, 5 (2014).
195. Patti, R. *et al.* Use of fibrin glue in the treatment of pilonidal sinus disease: a pilot study. *G Chir* 27, 331–334 (2006).
196. Pazdirak, F., Kouda, M., Jech, Z., Frajer, L. & J., J. H. *Pilonidal sinus - diagnosis at the intersection of general and plastic surgery*. 93, 545–548 (2014).
197. Perruchoud, C., Vuilleumier, H. & Givel, J. C. Pilonidal sinus: how to choose between excision and open granulation versus excision and primary closure? Study of a series of 141 patients operated on from 1991 to 1995. *Swiss Surg* 8, 255–258 (2002).
198. Petersen, S. *et al.* Short-term results of Karydakts flap for pilonidal sinus disease. *Tech. Coloproctol.* 11, 235–240 (2007).
199. Rabie, M. E. *et al.* Sacrococcygeal pilonidal disease: sinotomy versus excisional surgery, a retrospective study. *ANZ J Surg* 77, 177–180, <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2006.04002.x> (2007).
200. Riedler, L., Wetmann, S. & Steiner, E. Operative therapy of the pilonidal sinus; 115 controlled patients. *Zentralbl Chir* 103, 1410–1415 (1978).
201. Robertson, H. R. Pilonidal surgery. *Med J Aust* 1, 375–376 (1981).
202. Rogers, H. & Dwight, R. W. Pilonidal Sinus: Observations on One Hundred Forty Cases Treated by Cautery Excision. *Ann Surg* 107, 400–418 (1938).
203. Rosato, L., Fornero, G., Luc, A. R. & Clerico, G. The radical treatment of sacrococcygeal pilonidal cysts. *Minerva Chir* 52, 1277–1279 (1997).

204. Rouch, J. D. *et al.* Short- and Long-term Results of Unroofing and Marsupialization for Adolescent Pilonidal Disease. *JAMA Surg* 151, 877–879, <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2016.0850> (2016).
205. Ruf, G. Pilonidal sinus. *Coloproctology* 28, 315–321, <https://doi.org/10.1007/s00053-006-6024-z> (2006).
206. Sakr, M. F., Hamed, H. H., Ramadan, M. A., Kantoush, H. E. & Al-Torky, H. M. Pilonidal sinus in Kuwait: Analysis of 801 consecutive patients. (2012).
207. Sasse, K. C., Brandt, J., Lim, D. C. & Ackerman, E. Accelerated healing of complex open pilonidal wounds using MatrisTem extracellular matrix xenograft: nine cases. *J Surg Case Rep* 2013, <https://doi.org/10.1093/scr/rjt025> (2013).
208. Schmitt, J. C. *et al.* Pilonidal cysts. 161 operated cases. *Ann Chir* 31, 973–979 (1977).
209. Selem, M. I. & Al-Hashemy, A. M. Management of pilonidal sinus using fibrin glue: a new concept and preliminary experience. *Colorectal Dis* 7, 319–322, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2005.00808.x> (2005).
210. Shafiq, A. Electrocauterization in the treatment of pilonidal sinus. *Int Surg* 81, 83–84 (1996).
211. Shinde, P. & Toshikhane, H. Pilonidal sinus (Nadi vrana): A case study. *Int J Ayurveda Res* 1, 181–182, <https://doi.org/10.4103/0974-7788.72492> (2010).
212. Shpitz, B., Kaufman, Z., Kantarovsky, A., Retna, A. & Dinbar, A. Definitive management of acute pilonidal abscess by loop diathermy excision. *Dis Colon Rectum* 33, 441–442 (1990).
213. Soll, C., Hahnloser, D., Dindo, D., Clavien, P. A. & Hetzer, F. A novel approach for treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus: less is more. *Int J Colorectal Dis* 23, 177–180, <https://doi.org/10.1007/s00384-007-0377-9> (2008).
214. Soll, C. *et al.* Sinusotomy for primary pilonidal sinus: less is more. *Surgery* 150, 996–1001, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2011.06.019> (2011).
215. Solla, J. A. & Rothenberger, D. A. Chronic pilonidal disease. An assessment of 150 cases. *Dis Colon Rectum* 33, 758–761 (1990).
216. Sondena, K., Nesvik, I., Andersen, E., Pollard, M. L. & Soreide, J. A. Recurrent pilonidal sinus: Etiology and treatment. *Dig. Surg.* 12, 117–120, <https://doi.org/10.1159/000172329> (1995).
217. Speter, C., Zmora, O., Nadler, R., Shinhar, D. & Bilik, R. Minimal incision as a promising technique for resection of pilonidal sinus in children. *J Pediatr Surg.* <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.03.040> (2017).
218. Spivak, H., Brooks, V. L., Nussbaum, M. & Friedman, I. Treatment of chronic pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 39, 1136–1139 (1996).
219. Stansby, G. & Greatorex, R. Phenol treatment of pilonidal sinuses of the natal cleft. *Br J Surg* 76, 729–730 (1989).
220. Stelzmueller, I. *et al.* Group Milleri Streptococci in perianal infections. *Colorectal disease: the official journal of the Association of Coloproctology of Great Britain and Ireland* 12, e121–127 (2010).
221. Sturmiolo, G., Carditello, A., Bonavita, G., Bartolotta, M. & Saitta, E. Evaluation of the results of different types of surgical intervention for pilonidal fistula. *Minerva Chir* 39, 1161–1164 (1984).
222. Swenson, S. A. H. H. N. & Groesbeck, H. P. Pilonidal Sinus - Clinical Experiences with the Rogers Operation in thirty-five consecutive cases. *Am J Surg* 66, 49–57 (1944).
223. Tetrick, J. E. Limited excision of pilonidal cyst and sinus. *Ohio State Med J* 67, 135–138 (1971).
224. Thomas, D. Pilonidal sinus: a review of the literature and a report of 100 cases. *Med J Aust* 2, 184–188 (1968).
225. Thomason, T. H. Cysts and sinuses of sacrococcygeal region. *Am Surg* 32, 80 (1934).
226. Val-Bernal, J. F., González-Vela, M. C., Hermosa, S., Garljo, M. F. & González-López, M. A. Pilonidal sinus associated with cellular blue nevus. A previously unrecognized association. *J. Cutaneous Pathol.* 34, 942–945, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0560.2007.00753.x> (2007).
227. Vaughn, C. J. & Lalikos, J. E. The use of a cellular dermal regeneration template for recalcitrant pilonidal disease. *J Wound Care* 20, 275–277, <https://doi.org/10.12968/jowc.2011.20.6.275> (2011).
228. Walfisch, S., Mnitentag, H., Baruchin, A. M. & Sagl, A. Nd: YAG and CO<sub>2</sub> Lasers for the Treatment of Pilonidal Sinuses: Advantages over Traditional Techniques. *Medical Laser Application* 19, 155–159 (2004).
229. Wang, C., Yao, Y. & Cao, Y. The integrative method “suture dragging and simplified vacuum assisted therapy” for complex pilonidal sinus disease. *Case Rep Surg* 2014, 425497, <https://doi.org/10.1155/2014/425497> (2014).
230. Weckner, W. & Zorner, M. Treatment of pilonidal sinus. *Z Aerztl Fortbildg (Jena)* 75, 903–906 (1981).
231. Williams, A. C. Skin grafting in the treatment of extensive pilonidal disease and anal fistula. *Am Surg* 17, 1137–1144 (1951).
232. Yamashita, Y., Nagae, H. & Hashimoto, I. Ambulatory Surgery for Pilonidal Sinus: Tract Excision and Open Treatment Followed by At-Home Irrigation. *J Med Invest* 63, 216–218, <https://doi.org/10.2152/jmi.63.216> (2016).
233. Zagory, J. A., Golden, J., Holoyda, K., Demeter, N. & Nguyen, N. X. Excision and Primary Closure May Be the Better Option in the Surgical Management of Pilonidal Disease in the Pediatric Population. *Am Surg* 82, 964–967 (2016).
234. Zieger, K. Complications after surgery for pilonidal cyst. An introduction to a new debate on a “costly” disease. *Ugeskr Laeger* 161, 6056–6058 (1999).
235. Abbasi, H. R. H., Hosseini, S. V., Yarmohammadi, H. & Bolandparvaz, S. Comparison between two methods of excision and primary closure of pilonidal sinus. *Electrocautery increases recurrence* 9, 143–146 (2007).
236. Abu Galala, K. H. *et al.* Treatment of pilonidal sinus by primary closure with a transposed rhomboid flap compared with deep suturing: a prospective randomised clinical trial. *Eur J Surg* 165, 468–472 (1999).
237. Akinci, O. F., Coskun, A., Ozgonul, A. & Terzi, A. Surgical treatment of complicated pilonidal disease: limited separate elliptical excision with primary closure. *Colorectal Dis* 8, 704–709, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2006.01022.x> (2006).
238. Albahadli, M. A. & Awazi, L. G. Pilonidal Sinus Excision Using Carbon Dioxide Laser 10600 nm. *Iraqi J Laser* 14, 33–40 (2015).
239. Aldean, I., Shankar, P. J., Mathew, J., Safarani, N. & Haboubi, N. Y. Simple excision and primary closure of pilonidal sinus: a simple modification of conventional technique with excellent results. *Colorectal Dis* 7, 81–85, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2004.00736.x> (2005).
240. Al-Jaberi, T. M. Excision and simple primary closure of chronic pilonidal sinus. *Eur J Surg* 167, 133–135 (2001).
241. Almajid, F. M., Alabdralnabi, A. A. & Almulhim, K. A. The risk of recurrence of Pilonidal disease after surgical management. *Saudi Med J* 38, 70–74, <https://doi.org/10.15537/smj.2017.1.15892> (2017).
242. Alptekin, H. *et al.* Specimen index may be a predictive factor for recurrence after primary closure of pilonidal disease. *J Korean Surg Soc* 83, 367–373, <https://doi.org/10.4174/jks.2012.83.6.367> (2012).
243. Angermann, P. & Beiter, E. C. Pilonidal cyst. A sequence treated with excision and primary suture. *Ugeskr Laeger* 146, 24–26 (1984).
244. Arda, I. S., Guney, L. H., Sevmis, S. & Hicsonmez, A. High body mass index as a possible risk factor for pilonidal sinus disease in adolescents. *World J Surg* 29, 469–471, <https://doi.org/10.1007/s00268-004-7533-y> (2005).
245. Aydede, H., Erhan, Y., Sakarya, A. & Kumkumoglu, Y. Comparison of three methods in surgical treatment of pilonidal disease. *ANZ J Surg* 71, 362–364 (2001).
246. Badawy, E. A. & Kanawati, M. N. Effect of hair removal by Nd:YAG laser on the recurrence of pilonidal sinus. *J Eur Acad Dermatol Venerol* 23, 883–886, <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2009.03147.x> (2009).
247. Bear, N. E. & Woldman, V. F. Treatment of pilonidal cysts. *Wis Med J* 44, 1166–1169 (1945).
248. Beardley, J. M. Treatment of pilonidal cyst and sinus. *AMA Arch Surg* 68, 608–611 (1954).
249. Bellis, C. J. Pilonidal cyst; treatment by a uniformly successful method. *dressing verband! rö xrt* 13, 334–337 (1950).
250. Benfatto, G. *et al.* Drainage useful in the excision and closure “per primam” of pilonidal sinus technical notes. *Chir Ital* 55, 621–624 (2003).

251. Bentvegna, S. S. & Procaro, P. Primary closure of pilonidal cystectomy. *Am Surg* 43, 214–216 (1977).
252. Bhusan, T. V. Surgical treatment of chronic sacrococcygeal pilonidal sinus. *Open method versus primary closure. Saudi Med J* 28, 815 (2007).
253. Biffoni, M. *et al.* Pilonidal sinus. Outpatient treatment with local anesthesia. *G Chir* 30, 173–176 (2009).
254. Bissett, I. P. & Isbister, W. H. The management of patients with pilonidal disease—a comparative study. *Aust N Z J Surg* 57, 939–942 (1987).
255. Bouq, Y. A., Fazili, F. M., Fawzi, H. A. G. & Parvez, T. Surgical management of pilonidal disease: Our experience. *JK Pract.* 11, 21–26 (2004).
256. Bowers, W. F. & Williamson, W. S. Pilonidal sinus, preliminary report on a fresh approach. *AMA Arch Surg* 73, 931–935 (1956).
257. Braungart, S., Powis, M., Sutcliffe, J. R. & Sugarman, I. D. Improving outcomes in pilonidal sinus disease. *J Pediatr Surg* 51, 282–284, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.10.076> (2016).
258. Brearley, R. Treatment of pilonidal sinus. *Br Med J* 2, 1256 (1959).
259. Britton, D. C., Marks, C. G., Ritchie, J. K. & Thompson, H. R. The treatment of pilonidal sinus at St Mark's Hospital. *Proc R Soc Med* 70, 478–480 (1977).
260. Bunke, H. J., Schultheis, A., Meyer, G. & Dusel, W. Surgical revision of the pilonidal sinus with single shot antibiotics. *Chirurg* 66, 220–223 (1995).
261. Çağlayan, K. *et al.* The effect of different surgical methods on complications and on the quality of life in pilonidal sinus disease. *Turk J Surg.* 27, 94–97, <https://doi.org/10.5097/1300-0705.UCD.950-11.03> (2011).
262. Çağlayan, K. *et al.* Investigation of Patient Dependent Factors Effecting Complications and Recurrence in Pilonidal Sinus Disease. *Kolon Rektum Hast Derg* 21, 103–108 (2011).
263. Can, M. F., Sevinc, M. M. & Yilmaz, M. Comparison of Karydakıs flap reconstruction versus primary midline closure in sacrococcygeal pilonidal disease: results of 200 military service members. *Surg Today* 39, 580–586, <https://doi.org/10.1007/s00595-008-3926-0> (2009).
264. Christensen, K., Kronborg, O., Zimmermann-Nielsen, C. & Olsen, H. Incision or primary suture in acute pilonidal abscesses. A prospective randomized study. *Ugeskr Laeger* 147, 3479–3481 (1985).
265. Cianci, F. & Marinaccio, F. Treatment of pilonidal sinus by radical excision and primary closure. *Our experience. Minerva Chir* 39, 1111–1115 (1984).
266. Ciccolo, A. *et al.* Treatment of pilonidal disease in short-stay surgery: personal method. *Ann Ital Chir* 75, 603–605 (2004).
267. Cihan, A. *et al.* Modified Limberg flap reconstruction compares favourably with primary repair for pilonidal sinus surgery. *ANZ J Surg* 74, 238–242, <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2004.02951.x> (2004).
268. Comarr, A. E. Pilonidal cysts and/or sinuses: primary closure with the wirebutton retention technic. *Am J Surg* 97, 328–330 (1959).
269. Corsi, P. R., Corsi, R. D. C. C., Moura, L. F. R. A. D., Guerreiro, T. D. T. & Vasconcelos, L. P. D. Tratamento cirurgico do cisto pilonidal atraves de ressecao e fechamento primario com retalhos cutaneos. *Revista brasileira de colo-proctologia* (2004).
270. Cortese, M., Benedetti Valentini, G. & Giacomini, S. Personal experience in the treatment of pilonidal sinus. *Minerva Chir* 40, 1137–1139 (1985).
271. Courtney, S. P. & Merlín, M. J. The use of fusidic acid gel in pilonidal abscess treatment: cure, recurrence and failure rates. *Ann R Coll Surg Engl* 68, 170–171 (1986).
272. Cruz, J. & Ram, M. D. Sacrococcygeal pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 14, 356–359 (1971).
273. Dalenback, J., Magnusson, O., Wedel, N. & Rimback, G. Prospective follow-up after ambulatory plain midline excision of pilonidal sinus and primary suture under local anaesthesia—efficient, sufficient, and persistent. *Colorectal Dis* 6, 488–493, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2004.00693.x> (2004).
274. de Quinta Frutosa, R. *et al.* Enfermedad pilonidal. Tratamiento por exéresis en bloque con cierre primario. *Cir Esp* 68, 570–572 (2000).
275. Del Papa, M., Mobili, M., Attardo, S., Paolucci, G. & Braccioni, U. Radical excision and primary suture of pilonidal sinus: our experience. *Ann Ital Chir* 63, 507–509, discussion 509–510 (1992).
276. Denkers, D. & Girona, J. Der abszedierte Sinus pilonidalis der Steißbeinregion - Möglichkeiten der chirurgischen Versorgung. *coloproctology* 18, 257–259 (1996).
277. Diana, G., Muscarella, F., Pepe, D. & Speciale, A. Primary closure in the treatment of pilonidal sinus. Evaluation of immediate and remote results. *MINERVA CHIR.* 41, 765–767 (1986).
278. Doll, D. *et al.* Does gentamycin affect long term recurrence rate in pilonidal sinus surgery? *European Surgery* 43, 236–243, <https://doi.org/10.1007/s10353-011-0615-9> (2011).
279. Duchateau, J., De Mol, J., Bostoen, H. & Allegaert, W. Pilonidal sinus. Excision—marsupialization—phenolization? *Acta Chir Belg* 85, 325–328 (1985).
280. El-Shaar, W. M. The modified gluteal sliding plication closure in the treatment of chronic pilonidal sinus. *Int J Colorectal Dis* 25, 887–894, <https://doi.org/10.1007/s00384-010-0911-z> (2010).
281. Emir, S., Topuz, O., Kanat, B. H. & Ballı, I. Sinotomy technique versus surgical excision with primary closure technique in pilonidal sinus disease. *Bosn J Basic Med Sci* 14, 263–267, <https://doi.org/10.17305/bjbm.2014.4.139> (2014).
282. Evangelou, G. & Tiniakos, G. Treatment of pilonidal sinus disease based on pathological observations. *Int Surg* 59, 493–496 (1974).
283. Favre, R. & Delacroix, P. Apropos of 1,110 Cases of Pilonidal Disease of Coccy-Perineal Localization. *Mem Acad Chir (Paris)* 90, 669–676 (1964).
284. Ferguson, L. K. Pilonidal Cysts: Treatment by Excision and Primary Suture in Ambulatory Patients. *Ann Surg* 101, 469–477 (1935).
285. Ferguson, L. K. M. P. M. Pilonidal Cysts: Excision and primary suture in ambulatory patients. *Am J Surg* 36, 270–277 (1937).
286. Filingeri, V. & Gravante, G. Radiofrequency sinus excision. *Dig Surg.* 23, 125, <https://doi.org/10.1159/000094136> (2006).
287. Finestone, E. O. Technic of excision and primary closure of pilonidal sinus. *N Y State J Med* 52, 1291–1294 (1952).
288. Frostad, H. Sacral dermoid cysts. Especially with a view to their treatment. *Acta chir scand* 93, 23 (1946).
289. Galati, G., Sterpetti, A. V. & Tartaglia, E. Therapeutic approaches to patients with pilonidal sinus based on specific clinical characteristic. *Eur J Plast Surg* 35, 595–598 (2012).
290. Ghannam, W., Ghazy, H., Saed, B. & Farid, M. Limited excision and primary closure for pilonidal sinus. *Egypt J Surg* 28, 43–47 (2009).
291. Gilani, S. N. *et al.* Excision and primary closure of pilonidal sinus disease: worthwhile option with an acceptable recurrence rate. *Ir J Med Sci.* 180, 173–176, <https://doi.org/10.1007/s11845-010-0532-0> (2011).
292. Gipponi, M., Reboa, G., Testa, T., Giannini, G. & Strada, P. Tension-free primary closure with autologous platelet gel versus Vivostat- for the definitive treatment of chronic sacrococcygeal pilonidal disease. *In Vivo* 24, 583–589 (2010).
293. Goldman, B. *Combined therapy for pilonidal (sacrococcygeal) cyst and sinus; roentgen epilation of operative field prior to surgical excision with primary closure* 18, 903–909 (1952).
294. Goswitz, J. T. Sacrococcygeal Pilonidal Sinus Disease. Treatment and Long-Term Follow-up in a Military Hospital Serving Combat-Ready Units. *Arch Surg* 90, 890–892 (1965).
295. Grubnik, V. V. & Balchar, G. A. The use of a laser in the surgical treatment of an epithelial coccygeal cyst. *RJm.KChir.* 23–25 (1993).
296. Hamilton, J. E. & Cattanch, L. M. Comparative study of chemotherapies in the surgery of pilonidal sinus. *Am J Surg* 74, 449–454 (1947).
297. Hamilton, J. E., Stephens, G. & Clausug, C. E. Pilonidal Sinus: Excision and Primary Closure. *Surgery* 54, 597–603 (1963).

298. Heifetz, C. J. Pilonidal disease; a study of fifty consecutive cases treated successfully by excision and primary closure. *Am J Surg* 96, 405–410 (1958).
299. Holm, J. & Hulten, L. Simple primary closure for pilonidal disease. *Acta Chir Scand* 136, 537–540 (1970).
300. Hurwitz, E. S. Subphrenic abscess following primary closure for pilonidal sinus; report of a case. *N Engl J Med* 237, 398, <https://doi.org/10.1056/NEJM194709112371104> (1947).
301. Inan, A., Surgit, O., Sen, M., Bozer, M. & Dener, C. One day surgery for pilonidal disease. *Bratisl Lek Listy* 112, 572–574 (2011).
302. Jandik, J. *Sinus pilonidalis - possibilities of surgical treatment*. 93, 496–501 (2014).
303. Jarufe, C. *et al.* Enfermedad pilonidal crónica sacrococcígea. *Revista chilena de cirugía* 51, 66–71 (1999).
304. Kam, B. H. A simple surgical method of treating pilonidal sinus. *Arch Chir Neerl* 28, 43–53 (1976).
305. Karaman, K. *et al.* S-shaped wide excision with primary closure for extensive chronic pilonidal sinus disease. *Case Rep Surg* 2014, 451869, <https://doi.org/10.1155/2014/451869> (2014).
306. Karimi, E. Surgical treatment of pilonidal sinus. *Ann Chir* 34, 507–510 (1980).
307. Kathel, P., Gupta, A., Gupta, A. & Shju, K. S. A Case Report of Pilonidal Sinus Managed By Primary Closure and Review of Literature. *Sch J Med Case Rep* 2, 532–535 (2014).
308. Kaya, B., Uctum, Y., Simsek, A. & Kutanis, R. Primary closure in the treatment of pilonidal disease. An easy and effective method. *Kolon Rektum Hast Derg* 20, 59–65 (2010).
309. Khaira, H. S. & Brown, J. H. Excision and primary suture of pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 77, 242–244 (1995).
310. Khanzada, T. W. & Samad, A. Recurrence after excision and primary closure of pilonidal sinus. *Pak J. Med. Sci.* 23, 375–379 (2007).
311. Kling, W., Knoch, H. G. & Holland-Moritz, A. Sinus pilonidalis. *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung* 78, 711–714 (1984).
312. Kopp, J. A. Primary Closure of Pilonidal Sinus, Using a Muscle Fascia Graft. *Arch Chir Neerl* 16, 151–160 (1964).
313. Küçükartallar, T. T., Küçükartallar, A. & Vatansov, C. *et al.* The comparison of the results of different operation techniques for pilonidal sinus disease. *Genel Tip Derg* 17, 95–97 (2007).
314. Laforet, E. G. Pilonidal sinus; a method of treatment by primary closure. *Am J Surg* 93, 873–875 (1957).
315. Larkin, L. C. Pilonidal cyst; analysis of 100 consecutive cases, emphasizing treatment by radical excision, primary closure and penicillin therapy. *Surg Gynecol Obstet* 82, 694–704 (1946).
316. Larsen, B. B. Pilonidal cysts and sinuses; a technic for excision and primary closure. *Ann Surg* 123, 1090–1100 (1946).
317. Lee, S. L., Tejlirian, T. & Abbas, M. A. Current management of adolescent pilonidal disease. *J Pediatr Surg* 43, 1124–1127, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2008.02.042> (2008).
318. Lee, H. C., Ho, Y. H., Seow, C. F., Eu, K. W. & Nyam, D. Pilonidal disease in Singapore: clinical features and management. *Aust NZ J Surg* 70, 196–198 (2000).
319. Liboni, N. S. & Fregiani, C. H. T. G. Preliminary results from 28 cases of pilonidal cyst treated by excision and primary closure of the wound, reinforced with support suturing. *Einstein* 5, 148–152 (2007).
320. Limongelli, P. *et al.* D-shape asymmetric and symmetric excision with primary closure in the treatment of sacrococcygeal pilonidal disease. *Am J Surg* 207, 882–889, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2013.06.013> (2014).
321. Mahdy, T. Surgical treatment of the pilonidal disease: primary closure or flap reconstruction after excision. *Dis Colon Rectum* 51, 1816–1822, <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9436-8> (2008).
322. Maniscalco, L., Speranza, G. & Maniscalco, A. The pilonidal sinus: Which management? *Chirurgia* 14, 81–83 (2001).
323. Mecchia, P., Tonizzo, C. A. & Flaminia, M. Pilonidal cysts and fistulas: radical excision “en bloc” and closure “per primam”. *Minerva Chir* 50, 553–556 (1995).
324. Mentas, O. *et al.* Management of pilonidal sinus disease with oblique excision and primary closure: results of 493 patients. *Dis Colon Rectum* 49, 104–108, <https://doi.org/10.1007/s10350-005-0226-2> (2006).
325. Michotey, G., Brandone, H. & Hélaire, R. Apropos of a Series of 20 Cases of So-Called Pilonidal Sacrococcygeal Cysts. *Mars Chir* 15, 383–389 (1963).
326. Miller, J. M., Ginsberg, M., Lipin, R. J. & Long, P. H. Streptokinase and streptodornase in the treatment of pilonidal cysts. *US Armed Forces Med J* 2, 1423–1429 (1951).
327. Milone, M. *et al.* Pilonidal sinus surgery: could we predict postoperative complications? part 2, <https://doi.org/10.1111/twj.12310> (2014).
328. Miodinovic, M., Horzic, M. & Bunoza, D. The treatment of pilonidal disease of the sacrococcygeal region by the method of limited excision and open wound healing. *Acta Med Croatica* 54, 27–31 (2000).
329. Muller, X. M., Rothenbuhler, J. M. & Frede, K. E. Sacro-coccygeal cyst: surgical techniques and results. *Helv. Chir Acta* 58, 889–892 (1992).
330. Muzi, M. G., Milite, G., Nigro, C., Cadeddu, F. & Farinon, A. M. A modification of primary closure for the treatment of pilonidal disease in day-care setting. *Colorectal Dis* 11, 84–88, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01534.x> (2009).
331. Muzi, M. G. *et al.* Long-term results of pilonidal sinus disease with modified primary closure: new technique on 450 patients. *Am Surg* 80, 484–488 (2014).
332. Novotny, G. M. E. and Primary Closure of Pilonidal Sinus. A Critical Review of Forty-Five Cases. *Med Serv J Can* 20, 352–354 (1964).
333. Obeld, S. A. A new technique for treatment of pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 31, 879–885 (1988).
334. Onder, A. *et al.* Pilonidal sinus disease: risk factors for postoperative complications and recurrence. *Int Surg* 97, 224–229, <https://doi.org/10.9738/CC86.1> (2012).
335. Orhalmi, J., Sotona, O., Dusek, T. & Ferko, A. *Pilonidal sinus - possibilities surgical treatment*. 93, 491–495 (2014).
336. Osmanoglu, G. & Yetisir, E. Limberg flap is better for the surgical treatment of pilonidal sinus. Results of a 767 patients series with an at least five years follow-up period. *Chirurgia (Bucur)* 106, 491–494 (2011).
337. Palmieri, B., Gozli, G. & Rossi, A. Pilonidal cysts: the state of the art and the authors' personal experiences. *Minerva Chir* 49, 377–382 (1994).
338. Pezzangora, V., Averno, V. & Barina, R. Treatment of fistulized pilonidal sinuses by phenol injection. *Chir Ital* 32, 848–854 (1980).
339. Powell, B. C., Webb, C. B., Ewing, J. A. & Smith, D. E. Gluteal Fascial Advancement for Pilonidal Cyst Disease: A 10-year Review. *Am Surg* 82, 622–625 (2016).
340. Pozzi, C. & Tritapepe, R. Healing of the operative wound after radical removal of the Sinus pilonidalis. *MINERVA CHIR.* 44, 2329–2332 (1989).
341. Qadir, H., Nazir, A., Aslam, M. & Rasool, I. Primary repair without drain after limited excision of pilonidal sinus. *Pak. J. Med. Health Sci.* 3, 242 (2009).
342. Rainsbury, R. M. & Southam, J. A. Radical surgery for pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 64, 339–341 (1982).
343. Rossi, P. *et al.* The pilonidal sinus: its surgical treatment, our experience and a review of the literature. *G Chir* 14, 120–123 (1993).
344. Ross, R. L. Recurrent pilonidal cyst and sinus; a plan of preoperative preparation, operation and postoperative care. *Calif Med* 85, 183–186 (1956).
345. Russell, J. L. A method of excision and primary closure of pilonidal cysts and sinuses. *Can Med Assoc J* 60, 267–270 (1949).
346. Sakr, M. F. E., Sakr, M. E. & Hamed, H. M. *et al.* Management of 634 Consecutive Patients with Chronic Pilonidal Sinus: A Nine-Year Experience of a Single Institute. *mehr RR Im Text* 3, 145–154 (2012).
347. Sarles, J. C., Sastre, B. & Detecourt, P. Treatment of pilonidal cyst with radical excision and primary closure. *Gastroenterol Clin Biol* 1, 929–932 (1977).

348. Saylam, B., Balli, D. N., Duzgun, A. P., Ozer, M. V. & Coskun, F. Which surgical procedure offers the best treatment for pilonidal disease? *Langenbecks Arch Surg* 396, 651–658, <https://doi.org/10.1007/s00423-011-0768-9> (2011).
349. Schonk, J. W. Some aspects of the treatment of the pilonidal sinus. *Arch Chir Neerl* 23, 297–302 (1971).
350. Serour, F., Somekh, E., Krutman, B. & Gorenstein, A. Excision with primary closure and suction drainage for pilonidal sinus in adolescent patients. *Pediatr Surg Int* 18, 159–161, <https://doi.org/10.1007/s003830100683> (2002).
351. Shons, A. R. & Mountjoy, J. R. Pilonidal disease: the case for excision with primary closure. *Dis Colon Rectum* 14, 353–355 (1971).
352. Sias, F., Lichert, S., Secci, L., Loi, R. & Daniele, G. M. Ambulatory treatment of pilonidal sinus. *Chirurgia* 7, 639–642 (1994).
353. Siddiqui, S. S. & Khan, M. A. Pilonidal sinus: Following the Aristotelian middle! *Pak. J. Med. Sci.* 24, 845–848 (2008).
354. Smith, C. M., Jones, A., Dass, D., Murthi, G. & Lindley, R. Early experience of the use of fibrin sealant in the management of children with pilonidal sinus disease. *J Pediatr Surg* 50, 320–322, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.11.022> (2015).
355. Stewart, T. J. & Bell, M. The treatment of pilonidal sinus by phenol injection. *Ulster Med J* 38, 167–171 (1969).
356. Sutalo, N. *et al.* The influence of drainage in the treatment of chronic pilonidal sinus disease using midline closure. *Psychiatr Danub* 27, 593–595 (2015).
357. Talu, M. Y., Talu, O. & User, Y. *et al.* Oblique excision with primary closure for the treatment of pilonidal sinus. *Eur J Plast Surg* 19, 200–203 (1996).
358. Tejirian, T., Lee, J. J. & Abbas, M. A. Is wide local excision for pilonidal disease still justified? *Am Surg* 73, 1075–1078 (2007).
359. Toccaceli, S., Persico Stella, L., Dianzani, M., Dandolo, R. & Negro, P. Treatment of pilonidal sinus with primary closure. A twenty-year experience. *Chir Ital* 60, 433–438 (2008).
360. Tocchi, A. *et al.* Ambulatory closed surgery for the treatment of pilonidal sinus. *G Chir* 22, 303–307 (2001).
361. Toydemir, T., Peşluk, O., Ermeç, E. D. & Turhan, A. N. Comparison of the clinical outcomes of karydakjs flap versus primary closure procedures in the surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Med. J. Bakirkoy* 8, 78–81, <https://doi.org/10.5350/BTDMJB201208206> (2012).
362. Tritapepe, R. & Di Padova, C. Excision and primary closure of pilonidal sinus using a drain for antiseptic wound flushing. *Am J Surg* 183, 209–211 (2002).
363. Turner, F. P. & O'Neill, J. W. Treatment of pilonidal sinus by primary closure, a seven-year study. *AMA Arch Surg* 78, 398–405 (1959).
364. Verbeek, H. O. & Bender, J. Results of treatment of pilonidal sinus by block excision and primary suture. *Arch Chir Neerl* 26, 311–318 (1974).
365. Virgilio, G., Mendicino, F. & Costanzo, A. Sinus pilonidali. *Brief review of literature and contribution to surgical therapy* 27, 1–40 (1975).
366. Vitale, A., Barberis, G., Maida, P. & Salzano, A. Use of biological glue in the surgical treatment of sacrococcygeal fistulas. *G. Chir* 13, 271–272 (1992).
367. Wani, M., Shah, M., Wani, K. & Malik, A. Excision and primary closure of sacrococcygeal pilonidal sinus using suction drain. *International Surgery Journal*, 837–840, <https://doi.org/10.18203/2349-2902.isj20161158> (2016).
368. Washer, J. D., Smith, D. E., Carman, M. E. & Blackhurst, D. W. Gluteal fascial advancement: an innovative, effective method for treating pilonidal disease. *Am Surg* 76, 154–156 (2010).
369. Watters, N. & Macdonald, I. B. Marsupialization of pilonidal sinus and abscess: a report of 50 cases. *Can Med Assoc J* 79, 236–240 (1958).
370. Weeder, S. D. Pilonidal Cyst, its etiology and treatment. *Ann Surg* 98, 385–393 (1933).
371. Williams, R. S. A simple technique for successful primary closure after excision of pilonidal sinus disease. *Ann R Coll Surg Engl* 72, 313–314, discussion 314–315 (1990).
372. Yildiz, T., Ilce, Z. & Kucuk, A. Modified Limberg flap technique in the treatment of pilonidal sinus disease in teenagers. *J Pediatr Surg* 49, 1610–1613, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.06.011> (2014).
373. Ziegler, H. R., Murphey, D. R. Jr. & Meek, E. M. Pilonidal cyst and sinus; a new method of excision with primary closure. *Surgery* 20, 690–703 (1946).
374. Karip, A. B. *et al.* Effect of Triclosan-Coated Suture and Antibiotic Prophylaxis on Infection and Recurrence after Karydakjs Flap Repair for Pilonidal Disease: A Randomized Parallel-Arm Double-Blinded Clinical Trial. *Surg Infect (Larchmt)* 17, 583–588, <https://doi.org/10.1089/sur.2015.207> (2016).
375. Brezin, D. L., Brezin, C. & Lawrence, J. Pilonidal cyst. *Am J Surg* 60, 264–266 (1943).
376. Bulus, H. & Coskun, A. Is Asymmetric excision primary closure at treatment of pilonidal sinus disease an appropriate choice? *J. Clin. Anal. Med.* 2, 79–81, <https://doi.org/10.4328/jcam.279> (2011).
377. Casten, D. F., Tan, B. Y. & Ayuyao, A. A technique of radical excision of pilonidal disease with primary closure. *Surgery* 73, 109–114 (1973).
378. Ciftci, F., Abdurrahman, I., Tosun, M. & Bas, G. A new approach: oblique excision and primary closure in the management of acute pilonidal disease. *Int J Clin Exp Med* 7, 5706–5710 (2014).
379. De Nardi, B., Gazzetta, P. G., Fiorentini, G. & Guarnieri, G. The cleft lift procedure for complex pilonidal disease. *European Surgery* 48, 250–257, <https://doi.org/10.1007/s10353-016-0428-y> (2016).
380. Docimo, L. *et al.* Primary closure of decentered wounds in surgical treatment of pilonidal sinus. *Chirurgia* 11, 239–244 (1998).
381. Eichfuss, H. P., Eichen, R., Koch, G. & Eckert, P. Primary closure of the sinus pilonidali. *Chirurgia* 49, 124–126 (1978).
382. Greenberg, R., Kashtan, H., Skornik, Y. & Werbin, N. Treatment of pilonidal sinus disease using fibrin glue as a sealant. *Tech Coloproctol* 8, 95–98, <https://doi.org/10.1007/s10151-004-0063-7> (2004).
383. Ibrahim, A. M. R. R. Oblique excision and primary closure of pilonidal sinus (sacrococcygeal). *Trends Med. Res.* 7, 62–69, <https://doi.org/10.3923/tmr.2012.62.69> (2012).
384. Kim, J. K., Jeong, J. C., Lee, J. B., Jung, K. H. & Bae, B. K. S-plasty for pilonidal disease: modified primary closure reducing tension. *J Korean Surg Soc* 82, 63–69, <https://doi.org/10.4174/jks.2012.82.2.63> (2012).
385. Kitchen, P. R. Pilonidal sinus experience with the Karydakjs flap. *Br J Surg* 83, 1452–1455 (1996).
386. Maghsoudi, H., Nezami, N. & Ghamari, A. A. Ambulatory treatment of chronic pilonidal sinuses with lateral incision and primary suture. *Can J Surg* 54, 78–82, <https://doi.org/10.1503/cjs.026309> (2011).
387. Marzouk, D. M., Abou-Zeid, A. A., Antoniou, A., Hagi, A. & Benziger, H. Sinus excision, release of coccyctaneous attachments and dermal-subcuticular closure (XRD procedure): a novel technique in flattening the natal cleft in pilonidal sinus treatment. *Ann R Coll Surg Engl* 90, 371–376, <https://doi.org/10.1308/003588408X285955> (2008).
388. Saber, A. Modified off-midline closure of pilonidal sinus disease. *N Am J Med Sci* 6, 210–214, <https://doi.org/10.4103/1947-2714.132936> (2014).
389. Senapati, A., Cripps, N. P., Flashman, K. & Thompson, M. R. Cleft closure for the treatment of pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 13, 333–336, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2009.02148.x> (2011).
390. Zimmerman, C. E. Outpatient excision and primary closure of pilonidal cysts and sinuses. *Am J Surg* 136, 640–642 (1978).
391. Yildiz, M. K. *et al.* Karydakjs flap procedure in patients with sacrococcygeal pilonidal sinus disease: experience of a single centre in Istanbul. *Scientific World Journal* 2013, 807027, <https://doi.org/10.1155/2013/807027> (2013).
392. Arslan, K. *et al.* Which flap method should be preferred for the treatment of pilonidal sinus? A prospective randomized study. *Tech Coloproctol* 18, 29–37, <https://doi.org/10.1007/s10151-013-0982-2> (2014).

393. Ates, M., Dirican, A., Sarac, M., Aslan, A. & Colak, C. Short and long-term results of the Karydakjs flap versus the Limberg flap for treating pilonidal sinus disease: a prospective randomized study. *Am J Surg* 202, 568–573, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2010.10.021> (2011).
394. Akincl, O. F., Coskun, A. & Uzunkoç, A. Simple and effective surgical treatment of pilonidal sinus: asymmetric excision and primary closure using suction drain and subcuticular skin closure. *Dis Colon Rectum* 43, 701–706, discussion 706–707 (2000).
395. Al-Khayat, H. *et al.* Risk factors for wound complication in pilonidal sinus procedures. *J Am Coll Surg* 205, 439–444, <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.04.034> (2007).
396. Anderson, J. H., Yip, C. O., Nagabhushan, J. S. & Connelly, S. J. Day-case Karydakjs flap for pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 51, 134–138, <https://doi.org/10.1007/s10350-007-9150-y> (2008).
397. Anyanwu, A. C., Hossain, S., Williams, A. & Montgomery, A. C. Karydakjs operation for sacrococcygeal pilonidal sinus disease: experience in a district general hospital. *Ann R Coll Surg Engl* 80, 197–199 (1998).
398. Bannura, C. *et al.* Ambulatory karydakjs procedure for sacrococcygeal pilonidal disease. *Revista Chilena de Cirugía* 61, 256–260 (2009).
399. Guillermo Bannura, C. Sacrococcygeal pilonidal disease. risks factors and surgical options. *Revista Chilena de Cirugía* 63, 527–533 (2011).
400. Bascom, J. & Bascom, T. Failed pilonidal surgery: new paradigm and new operation leading to cures. *Arch Surg* 137, 1146–1150, discussion 1151 (2002).
401. Bascom, J. & Bascom, T. Utility of the cleft lift procedure in refractory pilonidal disease. *Am J Surg* 193, 606–609; discussion 609, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2007.01.008> (2007).
402. Bascom, J. U. Repeat pilonidal operations. *Am J Surg* 154, 118–122 (1987).
403. Bertelsen, C. A. Cleft-lift operation for pilonidal sinuses under tumescent local anesthesia: a prospective cohort study of peri- and postoperative pain. *Dis Colon Rectum* 54, 895–900, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31820e852> (2011).
404. Bertelsen, C. A. & Jorgensen, L. N. Bascom's operation for pilonidal fistula. *Ugeskr Laeger* 170, 2313–2317 (2008).
405. Bessa, S. S. Results of the lateral advancing flap operation (modified Karydakjs procedure) for the management of pilonidal sinus disease. *Dis Colon Rectum* 50, 1935–1940, <https://doi.org/10.1007/s10350-007-9049-7> (2007).
406. Bannura, G. Karydakjs operation for sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Rev Chil Cir* 57, 340–344 (2005).
407. Bostanoglu, S., Sakcak, I., Aysar, F. M., Cosgun, E. & Hamamci, E. O. Comparison of Karydakjs technique with Limberg Flap Procedure in Pilonidal Sinus Disease: Advantages of Karydakjs technique. *Pak J. Med. Sci.* 26, 773–777 (2010).
408. Buczacki, S., Drage, M., Wells, A. & Guy, R. Sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 11, 657, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2009.01818.x> (2009).
409. Cripps, N., Evans, J., Nordon, I. & Senapati, A. Sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 11, 105–106 (2008).
410. Guner, A., Cekic, A. B., Boz, A., Turkyilmaz, S. & Kucuktuclu, U. A proposed staging system for chronic symptomatic pilonidal sinus disease and results in patients treated with stage-based approach. *BMC Surg* 16, 18, <https://doi.org/10.1186/s12893-016-0134-5> (2016).
411. Guner, A., Ozkan, O. F., Kece, C., Kesici, S. & Kucuktuclu, U. Modification of the Bascom cleft lift procedure for chronic pilonidal sinus: results in 141 patients. *Colorectal Dis* 15, e402–406, <https://doi.org/10.1111/codi.12243> (2013).
412. Iesalnieks, I., Delmel, S., Zulfke, C. & Schlitt, H. J. Smoking increases the risk of pre- and postoperative complications in patients with pilonidal disease. *patienten info* 11, 1001–1005, <https://doi.org/10.1111/ddg.12140> (2013).
413. Immerman, S. C. Treatment of pilonidal disease using the Bascom 'Cleft-Lift' procedure. *Am Surg* 80, E49–50 (2014).
414. Khan, M. L., Jawed, M., Bhura, S., Shalkh, U. & Arif, A. To evaluate the outcome of sacrococcygeal pilonidal sinus excision using karydakjs technique. *Med. Forum Monthly* 25, 57–59 (2014).
415. Iribarren, B. *et al.* Comparison between Limberg and Karydakjs flap for wound closure after pilonidal cyst resection. *Revista Chilena de Cirugía* 67, 399–406, <https://doi.org/10.4067/S0718-40262015000400009> (2015).
416. Kanat, B. H. *et al.* Comparison of early surgery (unroofing-curettage) and elective surgery (Karydakjs flap technique) in pilonidal sinus abscess cases. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 20, 366–370, <https://doi.org/10.5505/ttes.2014.62547> (2014).
417. Karaca, T. *et al.* Comparison of short-term results of modified Karydakjs flap and modified Limberg flap for pilonidal sinus surgery. *Int J Surg* 10, 601–606, <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2012.10.001> (2012).
418. Karydakjs, G. E. New approach to the problem of pilonidal sinus. *Lancet* 2, 1414–1415 (1973).
419. Karydakjs, G. E. Easy and successful treatment of pilonidal sinus after explanation of its causative process. *Aust N Z J Surg* 62, 385–389 (1992).
420. Keshava, A., Young, C. J., Rickard, M. J. & Sinclair, G. Karydakjs flap repair for sacrococcygeal pilonidal sinus disease: how important is technique? *ANZ J Surg* 77, 181–183, <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2006.04003.x> (2007).
421. Keshvari, A., Fazeli, M. S., Kazemian, A., Meisami, A. & Nouri-Taromloo, M. K. Prospective evaluation of outcome of karydakjs flap for sacrococcygeal pilonidal disease. *Tehran Uni. Med. J.* 72, 823–830 (2015).
422. Keshvari, A., Keramati, M. R., Fazeli, M. S., Kazemian, A. & Nouritaromloo, M. K. Risk factors for complications and recurrence after the Karydakjs flap. *J Surg Res* 204, 55–60, <https://doi.org/10.1016/j.jrs.2016.04.035> (2016).
423. Kitchen, P. R. B. Pilonidal sinus: Excision and primary closure with a lateralised wound - the Karydakjs operation. *AUST. NEW ZEALAND J. SURG.* 52, 302–305 (1982).
424. Kulacoglu, H., Dener, C., Tumer, H. & Aktimur, R. Total subcutaneous fistulectomy combined with Karydakjs flap for sacrococcygeal pilonidal disease with secondary perianal opening. *Colorectal Dis* 8, 120–123, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2005.00872.x> (2006).
425. Kumar, N. A. & Sutradhar, P. Karydakjs procedure for sacrococcygeal pilonidal sinus disease: Our experience. *daten nachtragen* 47, 402–406, <https://doi.org/10.4103/0970-0358.146615> (2014).
426. Larsson, J. C., Allaga, F. D., Granero, L. & Cornet, M. Tratamiento de la Enfermedad Pilonidal Crónica. Comparación de 3 Técnicas Quirúrgicas. *Rev Argent Coloproct* 25, 64–70 (2014).
427. Martínez Sanz, N., Pena Ros, E., Sanchez Cifuentes, A., Benavides Buleje, J. A. & Albarracín Marín-Blazquez, A. Modified Karydakjs procedure for giant pilonidal sinus. *Chir Esp* 94, 609–611, <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2016.05.001> (2016).
428. Melkonian, T. *et al.* Short-and long-term results with Karydakjs technique for sacrococcygeal pilonidal disease. *Revista Chilena de Cirugía* 65, 25–29 (2013).
429. Mohamed, S. J., Kristensen, B. B., Lindgaard, L. & Bisgaard, T. Acceptable effect of multimodal analgesic treatment after a Bascom cleft lift operation. *Dan Med J* 62, A4985 (2015).
430. Moran, D. C., Kavanagh, D. O., Adhmed, I. & Regan, M. C. Excision and primary closure using the Karydakjs flap for the treatment of pilonidal disease: outcomes from a single institution. *World J Surg* 35, 1803–1808, <https://doi.org/10.1007/s00268-011-1138-z> (2011).
431. Ortega, P. M. *et al.* Is the cleft lift procedure for non-acute sacrococcygeal pilonidal disease a definitive treatment? Long-term outcomes in 74 patients. *Surg Today* 44, 2318–2323, <https://doi.org/10.1007/s00595-014-0923-3> (2014).
432. Patel, H., Lee, M., Bloom, I. & Allen-Mersh, T. G. Prolonged delay in healing after surgical treatment of pilonidal sinus is avoidable. *Colorectal Dis* 1, 107–110, <https://doi.org/10.1046/j.1463-1318.1999.00030.x> (1999).
433. Pliskin, T. *et al.* Orifice location guided excision and flap procedures for treatment of sacrococcygeal pilonidal disease. *Adv. Clin. Exp. Med.* 20, 481–488 (2011).

434. Ramzan, D. M., Khalid Mirza, D. M. & Arif Ali, D. M. Pilonidal Sinus; Experience with Modified Karydakts Procedure Using Subcuticular Skin Closure. *The Professional Medical Journal* 23, 1499–1504, <https://doi.org/10.17957/tpmj/16.3602> (2016).
435. Rushfeldt, C., Bernstein, A., Norderval, S. & Reshaug, A. Introducing an asymmetric cleft lift technique as a uniform procedure for pilonidal sinus surgery. *Scand J Surg* 97, 77–81 (2008).
436. Sakr, M., El-Hammadi, H., Moussa, M., Arafa, S. & Rasheed, M. The effect of obesity on the results of Karydakts technique for the management of chronic pilonidal sinus. *Int J Colorectal Dis* 18, 36–39, <https://doi.org/10.1007/s00384-002-0407-6> (2003).
437. Senapati, A., Cripps, N. P., Flashman, K. & Thompson, M. R. Cleft Closure for the Treatment of Pilonidal Sinus Disease. *Colorectal Dis.* (2009).
438. Sit, M., Aktas, G. & Yilmaz, E. E. Comparison of the three surgical flap techniques in pilonidal sinus surgery. *Am Surg* 79, 1263–1268 (2013).
439. Sözen, S. *et al.* Comparison between Karydakts flap repair and Limberg flap for surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus (short term results). *Turk. J. Surg* 26, 153–156, <https://doi.org/10.5097/1300-0705.UCD.609-10.01> (2010).
440. Tezel, E., Bostanci, H., Anadol, A. Z. & Kurukahvecioglu, O. Cleft lift procedure for sacrococcygeal pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 52, 135–139, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31819734f8> (2009).
441. Theodoropoulos, G. E., Vlahos, K., Lazaris, A. C., Tahteris, E. & Panoussopoulos, D. Modified Bascom's asymmetric midgluteal cleft closure technique for recurrent pilonidal disease: early experience in a military hospital. *Dis Colon Rectum* 46, 1286–1291, <https://doi.org/10.1097/01.DCR.0000084409.63183.5B> (2003).
442. Altinli, E., Koksul, N., Onur, E., Celik, A. & Sumer, A. Impact of fibrin sealant on Limberg flap technique results of a randomized controlled trial. *Tech Coloproctol* 11, 22–25, <https://doi.org/10.1007/s10151-007-0320-7> (2007).
443. Cihan, A. *et al.* Superiority of asymmetric modified Limberg flap for surgical treatment of pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 49, 244–249, <https://doi.org/10.1007/s10350-005-0253-z> (2006).
444. Aithal, S. K., Rajan, C. S. & Reddy, N. Limberg flap for sacrococcygeal pilonidal sinus a safe and sound procedure. *Indian J Surg* 75, 298–301, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0489-5> (2013).
445. Akan, K. *et al.* Comparison of surgical Limberg flap technique and crystallized phenol application in the treatment of pilonidal sinus disease: a retrospective study. *Ulus Cerrahi Derg* 29, 162–166, <https://doi.org/10.5152/UCD.2013.2457> (2013).
446. Akin, M. *et al.* Rhomboid excision and Limberg flap for managing pilonidal sinus long-term results in 411 patients. *Colorectal Dis* 10, 945–948, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01563.x> (2008).
447. Akin, M. *et al.* Comparison of the classic Limberg flap and modified Limberg flap in the treatment of pilonidal sinus disease: a retrospective analysis of 416 patients. *Surg Today* 40, 757–762, <https://doi.org/10.1007/s00595-008-4098-7> (2010).
448. Al-Hafni, M. B. *et al.* Rhomboid flap - A primary cure for pilonidal sinus. *Kuwait Med. J.* 42, 282–285 (2010).
449. Altıntoprak, F. *et al.* Comparison of the Limberg flap with the V-Y flap technique in the treatment of pilonidal disease. *J Korean Surg Soc* 85, 63–67, <https://doi.org/10.4174/jks.2013.85.2.63> (2013).
450. Altıntoprak, F. *et al.* Retrospective review of pilonidal sinus patients with early discharge after Limberg flap procedure. *Int Surg* 99, 28–34, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-13-00150.1> (2014).
451. Ardelit, M. *et al.* Sequential intervention with primary excision and Limberg plastic surgery procedure for treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus: Results of a pilot study. *Chirurg* 86, 771–775, <https://doi.org/10.1007/s00104-014-2963-z> (2015).
452. Azab, A. S., Kamal, M. S., Saad, R. A., Abou al Atta, K. A. & Ali, N. A. Radical cure of pilonidal sinus by a transposition rhomboid flap. *Br J Surg* 71, 154–155 (1984).
453. Azab, A. S., Kamal, M. S. & el Bassioni, F. The rationale of using the rhomboid fasciocutaneous transposition flap for the radical cure of pilonidal sinus. *J Dermatol Surg Oncol* 12, 1295–1299 (1986).
454. Arumugam, P. J., Chandrasekaran, T. V., Morgan, A. R., Beynon, J. & Carr, N. D. The rhomboid flap for pilonidal disease. *Colorectal Dis* 5, 218–221 (2003).
455. Aslam, M. N., Shoail, S. & Choudhry, A. M. Use of Limberg flap for pilonidal sinus—a viable option. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 21, 31–33 (2009).
456. Azizi, R., Alemrajabi, M., Naderan, M. & Shoar, S. Efficacy of modified Limberg flap in surgical treatment of infected pilonidal abscess: a case-control study. *European Surgery* 46, 144–147, <https://doi.org/10.1007/s10353-014-0273-9> (2014).
457. Bayhan, Z. *et al.* Crystallized phenol application and modified Limberg flap procedure in treatment of pilonidal sinus disease: A comparative retrospective study. *Asian J Surg* 39, 172–177, <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2015.12.007> (2016).
458. Behdad, A. & Hosseini, M. Z-plasty for the treatment of residual cavity after pilonidal sinus excision. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran* 14, 317–319 (2001).
459. Bose, B. & Candy, J. Radical cure of pilonidal sinus by Z-plasty. *Am J Surg* 120, 783–786 (1970).
460. Bozkurt, M. K. & Tezel, E. Management of pilonidal sinus with the Limberg flap. *Dis Colon Rectum* 41, 775–777 (1998).
461. Casula, G., Ucheddu, A. & Figus, M. Long term results of the Z-plasty method in the treatment of pilonidal sinus. *Minerva Chir* 38, 617–620 (1983).
462. Cervelli, V. *et al.* Plastic surgery by the Limberg-Dufourmental method in the treatment of a pilonidal sinus. The anatomical considerations and an emblematic case. *Minerva Chir* 52, 659–662 (1997).
463. Cubukcu, A. *et al.* The role of obesity on the recurrence of pilonidal sinus disease in patients, who were treated by excision and Limberg flap transposition. *Int J Colorectal Dis* 15, 173–175 (2000).
464. Daphan, C., Tekelioglu, M. H. & Sayilgan, C. Limberg flap repair for pilonidal sinus disease. *Dis Colon Rectum* 47, 233–237 (2004).
465. Darwish, A. M. & Hassanian, A. Reconstruction following excision of sacrococcygeal pilonidal sinus with a perforator-based fasciocutaneous Limberg flap. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 63, 1176–1180, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2009.05.051> (2010).
466. Do Amaral Braga, J. Jr. & Haertel Gomes, N. Intergluteal dermoid cyst. *REV. BRAS. MED.* 30, 543–545 (1973).
467. Dogra, S. & Rao, P. P. Z-Plasty a Rational and Effective Technique for Pilonidal Sinus. *Hellenic Journal of Surgery* 86, 208–211 (2014).
468. El-Khadrawy, O., Hashish, M., Ismail, K. & Shalaby, H. Outcome of the rhomboid flap for recurrent pilonidal disease. *World J Surg* 33, 1064–1068, <https://doi.org/10.1007/s00268-009-9920-x> (2009).
469. El-Tawil, S. & Carapetti, E. Use of a double rhomboid transposition flap in the treatment of extensive complex pilonidal sinus disease. *Colorectal Dis* 11, 313–317, <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01596.x> (2009).
470. Eryilmaz, R., Sahin, M., Alimoglu, O. & Dasiran, F. Surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus with the Limberg transposition flap. *Surgery* 134, 745–749, [https://doi.org/10.1016/s0039-6060\(03\)00163-6](https://doi.org/10.1016/s0039-6060(03)00163-6) (2003).
471. Fahim, M. *et al.* Limberg FLAP Reconstruction for Pilonidal Sinus Disease: An Experience. *Ann. Pak. Inst. Med. Sci.* 9, 215–218 (2013).
472. Faux, W., Pillai, S. C. & Gold, D. M. Limberg flap for pilonidal disease: the “no-protractor” approach, 3 steps to success. *Tech Coloproctol* 9, 153–155, <https://doi.org/10.1007/s10151-005-0216-3> (2005).
473. Ferreira Montero, V., Garcia Fabian, A. P., Martinez Laganga, A. & Perez Ruiz, L. Rhombic plastia in the form of an ‘L’ for treating pilonidal cysts. *Ctr. Esp.* 31, 153–158 (1977).
474. Friedl, P. G., Rappold, E. M. & Jager, C. Effective and minimally painful surgery of pilonidal sinus - asymmetric transposition flap according to Dufourmental. *patienten Info* 9, 333–335, <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2011.07662.x> (2011).
475. Gwynn, B. R. Use of the rhomboid flap in pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 68, 40–41 (1986).
476. Hasse, F. M., Rademacher, C., Bingham, K. & Lohlein, D. The Dufourmental flap-plasty for treatment of chronic pilonidal sinus. *Chirurg* 69, 663–666 (1998).

477. Hegele, A., Strombach, F. J. & Schonbach, F. Reconstructive surgical therapy of infected pilonidal sinus. *Chirurg* 74, 749–752, <https://doi.org/10.1007/s00104-003-0657-z> (2003).
478. Jaschke, C. W., Mahrlein, R. & Mangold, G. Results of the Limberg transposition flap in the treatment of pilonidal sinus. *Zentralbl Chir* 127, 712–715, <https://doi.org/10.1055/s-2002-33579> (2002).
479. Jimenez Romero, C., Alcalde, M., Martin, F., Pulido, A. & Rico, P. Treatment of pilonidal sinus by excision and rhomboid flap. *Int J Colorectal Dis* 5, 200–202 (1990).
480. Johnson, H. A. On treatment of pilonidal sinus and cysts by conservative excision and W-plasty closure. *Plast Reconstr Surg* 62, 107–108 (1978).
481. Jonas, J., Blatch, S. & Bahr, R. Surgery of pilonidal sinus using the Limberg flap. *Zentralbl Chir* 125, 976–981, <https://doi.org/10.1055/s-2000-10076> (2000).
482. Kapan, M., Kapan, S., Pekmezci, S. & Durgun, V. Sacrococcygeal pilonidal sinus disease with Limberg flap repair. *Tech Coloproctol* 6, 27–32, <https://doi.org/10.1007/s101510200005> (2002).
483. Kapp, T., Zadnikar, M., Hahnloser, D., Soll, C. & Hetzer, F. H. New concept in the treatment of the pilonidal sinus. *Praxis (Bern 1994)* 96, 1171–1176, <https://doi.org/10.1024/1661-8157.96.31.1171> (2007).
484. Karaca, A. S., Ali, R., Capar, M. & Karaca, S. Comparison of Limberg flap and excision and primary closure of pilonidal sinus disease, in terms of quality of life and complications. *J Korean Surg Soc* 85, 236–239, <https://doi.org/10.4174/jks.2013.85.5.236> (2013).
485. Karakas, B. R. *et al.* Is the lateralization distance important in terms in patients undergoing the modified Limberg flap procedure for treatment of pilonidal sinus? *Tech Coloproctol*. (2014).
486. Karakas, B. R. Comparison of Z-plasty, limberg flap, and asymmetric modified Limberg flap techniques for the pilonidal sinus treatment: review of literature. *Acta Chir Iugosi* 60, 31–37 (2013).
487. Katsoulis, I. E., Hibberts, E. & Carapeti, E. A. Outcome of treatment of primary and recurrent pilonidal sinuses with the Limberg flap. *Surgeon* 4(7–10), 62 (2006).
488. Kaya, B. *et al.* Modified Limberg transposition flap in the treatment of pilonidal sinus disease. *Tech Coloproctol* 16, 55–59, <https://doi.org/10.1007/s10151-011-0799-9> (2012).
489. Kicka, M., Toporcer, T. & Radonak, J. *Pilonidal sinus—a classical plastic procedure according to Limberg (Limberg flap procedure) or its modified version?* 90, 482–487 (2011).
490. Kushwaha, R., El-Tewll, S., Hibberts, E., Katsoulis, I. E. & Carapeti, E. Treatment of complex primary and recurrent pilonidal sinus with a Rhomboid Transposition Flap. *Br J Surg* 93, 1–104 (2006).
491. Lahooti, M., Taheri, P. A., Nezami, B. G. & Asasa, S. Sacrococcygeal pilonidal sinus treated by a new fascio-cutaneous flap. *Dis Colon Rectum* 51, 588–592, <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9211-x> (2008).
492. Lamke, L. O., Larsson, J. & Nylen, B. Treatment of pilonidal sinus by radical excision and reconstruction by rotation flap surgery of Z-plasty technique. *Scand J Plast Reconstr Surg* 13, 351–353 (1979).
493. Lauterbach, H. H. & Konrad, U. Zweiphasenkonzept zur Therapie des infizierten Sinus pilonidalis. *Chir Praxis* 55, 623–628 (1999).
494. Lieto, E. *et al.* Dufourmental rhomboid flap in the radical treatment of primary and recurrent sacrococcygeal pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 53, 1061–1068, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e3181defd25> (2010).
495. Lodha, S. C. Treatment of pilonidal sinus by 'Z' plasty. *J Indian Med Assoc* 62, 307–309 (1974).
496. Madbouy, K. M. Day-case Limberg flap for recurrent pilonidal sinus: does obesity complicate the issue? *Am Surg* 76, 995–999 (2010).
497. Mansoor, A. & Dickson, D. Z-plasty for treatment of disease of the pilonidal sinus. *Surg Gynecol Obstet* 155, 409–411 (1982).
498. Manterola, C., Barroso, M., Araya, J. C. & Fonseca, L. Pilonidal disease: 25 cases treated by the Dufourmental technique. *Dis Colon Rectum* 34, 649–652 (1991).
499. McDermott, F. T. Pilonidal sinus treated by Z-plasty. *Aust N Z J Surg* 37, 64–69 (1967).
500. Mentés, O., Bağcı, M., Bilgin, T., Özgül, O. & Özdemir, M. Limberg flap procedure for pilonidal sinus disease: results of 353 patients. *Langenbecks Arch Surg* 393, 185–189, <https://doi.org/10.1007/s00423-007-0227-9> (2008).
501. Mentés, B. B. *et al.* Modified Limberg transposition flap for sacrococcygeal pilonidal sinus. *Surg Today* 34, 419–423, <https://doi.org/10.1007/s00595-003-2725-x> (2004).
502. Middleton, M. D. Treatment of pilonidal sinus by Z-plasty. *Br J Surg* 55, 516–518 (1968).
503. Millito, G., Cortese, F. & Casciani, C. U. Rhomboid flap procedure for pilonidal sinus: results from 67 cases. *Int J Colorectal Dis* 13, 113–115 (1998).
504. Millito, G. *et al.* Modified Limberg's transposition flap for pilonidal sinus. Long term follow up of 216 cases. *Ann Ital Chir* 78, 227–231 (2007).
505. Misiakos, E. P. *et al.* Limberg flap reconstruction for the treatment of pilonidal sinus disease. *Chirurgia (Bucur)* 101, 513–517 (2006).
506. Monro, R. S. & McDermott, F. T. The Elimination of Causal Factors in Pilonidal Sinus Treated by Z-Plasty. *Br J Surg* 52, 177–181 (1965).
507. Moosavi, S. R., Kharazmi, P. & Vaghardoost, R. Surgical treatment of pilonidal sinus with a fasciocutaneous rotation flap based on an inferior pedicle. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 40, 281–283, <https://doi.org/10.1080/02844310600869811> (2006).
508. Müller, K. *et al.* Prospective analysis of cosmesis, morbidity, and patient satisfaction following Limberg flap for the treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 54, 487–494 (2011).
509. Mutaf, M., Temel, M. & Koc, M. N. A New Surgical Technique for Closure of Pilonidal Sinus Defects: Triangular Closure Technique. *Med Sci Monit* 23, 1033–1042 (2017).
510. Naveen, N., Kumar, M. K., Babu, K. R. & Dhanraj, P. Tandem rhomboid flap repair: a new technique in treatment of extensive pilonidal disease of the natal cleft. *J Clin Diagn Res* 8, ND03–04, <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/9283.4824> (2014).
511. Ömer, Y., Hayrettin, D., Murat, C., Mustafa, Y. & Evren, D. Comparison of modified limberg flap and modified elliptical rotation flap for pilonidal sinus surgery: a retrospective cohort study. *Int J Surg* 16, 74–77, <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.02.024> (2015).
512. Öz, B. *et al.* A comparison of surgical outcome of fasciocutaneous V-Y advancement flap and Limberg transposition flap for recurrent sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Asian J Surg*, 6, <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2015.10.002> (2015).
513. Özgültekin, R. *et al.* Therapy of pilonidal sinus with the Limberg transposition flap. *Chirurg* 66, 192–195 (1995).
514. Rabbani, S. *et al.* Rhomboid excision with limberg transposition flap in the management of sacrococcygeal pilonidal sinus - a reliable surgical technique. *Pakistan J of Medical and Health Sci* 8 (2014).
515. Rao, J., Deora, H. & Mandla, R. A Retrospective Study of 40 Cases of Pilonidal Sinus with Excision of Tract and Z-plasty as Treatment of Choice for Both Primary and Recurrent Cases. *Indian J Surg* 77, 691–693, <https://doi.org/10.1007/s12262-013-0983-4> (2013).
516. Raza, M. W. *et al.* Limberg flap for pilonidal sinus. *J Rawal Med coll* 16, 132–134 (2012).
517. Rojas Gortioyia, G. R. Pilonidal sinuses. Treatment using the L.L.L. plasty. *Cir. Plast. Ibero-Latinoam.* 7, 245–252 (1981).
518. Romero, C. J., Alcalde, M., Martin, F., Pulido, A. & Rico, P. Treatment of pilonidal sinus by excision and rhomboid flap. *Int J Colorectal Dis* 5, 200–202, <https://doi.org/10.1007/BF00303275> (1990).
519. Roth, R. F. & Moorman, W. L. Treatment of pilonidal sinus and cyst by conservative excision and W-plasty closure. *Plast Reconstr Surg* 60, 412–415 (1977).

520. Sablani, P., Le Treut, Y. P., Bouloudrine, G., Mallet, B. & Bricot, R. Le traitement de la maladie pilonidale par la technique d'exérèse-plastie "LLL". A propos de 27 cas. *Annales de gastroentérologie et d'hépatologie* 21, 287–290 (1985).
521. Sabuncuoglu, M. Z. et al. Eyedrop-shaped, modified Limberg transposition flap in the treatment of pilonidal sinus disease. *Asian J Surg* 38, 161–167, <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2015.03.007> (2015).
522. Sellés, R. et al. Complete excision and marsupialization of chronic pilonidal sacrococcygeal sinus: The ideal technique? *Cir. Esp.* 72, 92–94, [https://doi.org/10.1016/S0009-739X\(02\)72016-2](https://doi.org/10.1016/S0009-739X(02)72016-2) (2002).
523. Shabir, F., Khan, B. A. & Mian, M. A. Rhomboid excision with Limberg flap a novel treatment for sacrococcygeal pilonidal sinus. *Pak. J. Med. Health Sci.* 8, 687–690 (2014).
524. Sharma, P. P. Multiple Z-plasty in pilonidal sinus—a new technique under local anesthesia. *World J Surg* 30, 2261–2265, <https://doi.org/10.1007/s00268-005-0632-6> (2006).
525. Singh, R. & Pavithran, N. M. Adipo-fascio-cutaneous flaps in the treatment of pilonidal sinus: experience with 50 cases. *Asian J Surg* 28, 198–201, [https://doi.org/10.1016/S1015-9584\(09\)60343-2](https://doi.org/10.1016/S1015-9584(09)60343-2) (2005).
526. Spychala, A. & Murawa, D. The Limberg flap procedure in the treatment of pilonidal cyst disease of the sacrum - initial report. *Poľ Przegł Chir* 86, 257–262, <https://doi.org/10.2478/pjs-2014-0046> (2014).
527. Tardu, A., Haslak, A., Özçinar, B. & Başak, E. Comparison of Limberg and Dufourmental flap in surgical treatment of pilonidal sinus disease. *Türk. J. Surg.* 27, 35–40, <https://doi.org/10.5097/1300-0705.UCD.659-11.04>
528. Tekin, A. Pilonidal sinus: experience with the Limberg flap. *Colorectal Dis* 1, 29–33, <https://doi.org/10.1046/j.1463-1318.1999.00007.x> (1999).
529. Topgul, K., Ozdemir, E., Kılıç, K., Gokbayir, H. & Ferahkose, Z. Long-term results of limberg flap procedure for treatment of pilonidal sinus: a report of 200 cases. *Dis Colon Rectum* 46, 1545–1548, <https://doi.org/10.1097/01.DCR.0000089114.56612.06> (2003).
530. Toubanakis, G. Treatment of pilonidal sinus disease with the Z-plasty procedure (modified). *Am Surg* 52, 611–612 (1986).
531. Tschudi, J. & Ris, H. B. Morbidity of Z-plasty in the treatment of pilonidal sinus. *Chirurg* 59, 486–490 (1988).
532. Unalp, H. R., Derici, H., Kameer, E., Nazlı, O. & Onal, M. A. Lower recurrence rate for Limberg vs. V-Y flap for pilonidal sinus. *Dis Colon Rectum* 50, 1436–1444, <https://doi.org/10.1007/s10350-007-0276-8> (2007).
533. Urhan, M. K., Kucukel, E., Topgul, K., Ozer, I. & Sart, S. Rhomboid excision and Limberg flap for managing pilonidal sinus: results of 102 cases. *Dis Colon Rectum* 45, 656–659 (2002).
534. Wroński, K., Boclan, R. & Pakula, D. Surgical treatment of pilonidal sinus by means of Z-plasty - Case report and literature review. *Prz. Dermatol.* 97, 329–334 (2010).
535. Yamout, S. Z. et al. Early experience with the use of rhomboid excision and Limberg flap in 16 adolescents with pilonidal disease. *J Pediatr Surg* 44, 1586–1590, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2008.11.033> (2009).
536. Yeo, M. S., Shim, T. W., Cheong, W. K., Leong, A. P. & Lee, S. J. Simultaneous laser depilation and perforator-based fasciocutaneous limberg flap for pilonidal sinus reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 63, e798–800, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2010.06.032> (2010).
537. Yildar, M., Cavdar, F. & Yildiz, M. K. The evaluation of a modified Dufourmental flap after S-type excision for pilonidal sinus disease. *Scientific World Journal* 2013, 459147, <https://doi.org/10.1155/2013/459147> (2013).
538. Yildar, M. & Cavdar, F. Comparison of the Limberg flap and bilateral gluteus maximus advancing flap following oblique excision for the treatment of pilonidal sinus disease. *Surg Today* 44, 1828–1833, <https://doi.org/10.1007/s00595-013-0764-5> (2014).
539. Yilmaz, S., Kirmilcioglu, V. & Katz, D. Role of simple V-Y advancement flap in the treatment of complicated pilonidal sinus. *Eur J Surg* 166, 269 (2000).
540. Yoldas, T. et al. Recurrent pilonidal sinus: lay open or flap closure, does it differ? *Int Surg* 98, 319–323, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-13-00081.1> (2013).
541. Sood, S. C., Green, J. R. & Parul, R. Results of various operations for sacrococcygeal pilonidal disease. *Plast Reconstr Surg* 56, 559–566 (1975).
542. Berkem, H. et al. V-Y advancement flap closures for complicated pilonidal sinus disease. *Int J Colorectal Dis* 20, 343–348, <https://doi.org/10.1007/s00384-004-0699-9> (2005).
543. Awad, M. M., Saad, K. M., Tolba, A. M. & Gharib, O. H. A simple novel technique for closure of simple and complex pilonidal sinus with either simple (tongue-shaped) or bilobed rotation flap. *daten nachtragen* 44, 47–50 (2007).
544. Ay, A., Aytelkin, O. & Aytelkin, A. Interdigitating Fasciocutaneous Gluteal V-Y Advancement Flaps for Reconstruction of Sacral Defects. *Ann. Plast. Surg.* 50, 636–638, <https://doi.org/10.1097/01.sap.0000054241.94281.d2> (2003).
545. Basterzi, Y. et al. Reconstruction of extensive pilonidal sinus defects with the use of S-GAP flaps. *Ann Plast Surg* 61, 197–200, <https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e3181587a06> (2008).
546. Behan, F. C., Rozen, W. M. & Tan, S. Yin-Yang flaps: the mathematics of two keystone island flaps for reconstructing increasingly large defects. *ANZ J. Surg.* 81, 574–575 (2011).
547. Boyce, D. E. & Shokrollahi, K. Reconstructive surgery. *BMJ (Clinical research ed.)* 332, 710–712, <https://doi.org/10.1136/bmj.332.7543.710> (2006).
548. Cherry, J. K. Primary closure of pilonidal sinus. *Surg Gynecol Obstet* 126, 1263–1269 (1968).
549. Demiryilmaz, I. et al. Application of fasciocutaneous V-Y advancement flap in primary and recurrent sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Med Sci Monit* 20, 1263–1266, <https://doi.org/10.12659/MSM.890752> (2014).
550. Dilek, O. N. & Bekerecioglu, M. Role of simple V-Y advancement flap in the treatment of complicated pilonidal sinus. *eur J Surg* 164, 961–964 (1998).
551. Dizen, H., Yoldas, O., Yildiz, M., Cilekar, M. & Dilektasli, E. Modified elliptical rotation flap for sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *ANZ J Surg* 84, 769–771, <https://doi.org/10.1111/ans.12818> (2014).
552. Dwight, R. W. Pilonidal sinus; an evaluation of plastic closure using flaps of gluteal muscle. *AMA Arch Surg* 64, 438–442 (1952).
553. Dylek, O. N. & Bekerecioglu, M. Role of simple V-Y advancement flap in the treatment of complicated pilonidal sinus. *Eur J Surg* 164, 961–964 (1998).
554. Ekiç, B. & Gokce, O. A new flap technique to treat pilonidal sinus. *Tech Coloproctol* 13, 205–209, <https://doi.org/10.1007/s10151-009-0500-8> (2009).
555. Elalfy, K., Emile, S., Lotfy, A., Youssef, M. & Elfek, H. Bilateral gluteal advancement flap for treatment of recurrent sacrococcygeal pilonidal disease: A prospective cohort study. *Int J Surg* 29, 1–8, <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2016.03.006> (2016).
556. El-Khatib, H. A. & Al-Basti, H. B. A perforator-based bilobed fasciocutaneous flap: an additional tool for primary reconstruction following wide excision of sacrococcygeal pilonidal disease. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 62, 494–498, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2007.11.043> (2009).
557. Elshahat, A. The versatility of the hatchet flap in soft tissue reconstruction and a proposed new classification. *Eur J Plast Surg* 35, 351–357, <https://doi.org/10.1007/s00238-011-0615-9> (2012).
558. Ersen, B., Kahveci, R., Akşu, I. & Tunali, O. Multiple perforator preserving SGAP flap for the reconstruction of sacral wounds. *Eur J Plast Surg* <https://doi.org/10.1007/s00238-015-1157-3> (2015).
559. Eryilmaz, R., Okan, I., Coskun, A., Bas, G. & Sahin, M. Surgical treatment of complicated pilonidal sinus with a fasciocutaneous V-Y advancement flap. *Dis Colon Rectum* 52, 2036–2040, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e3181be537> (2009).
560. Fjermers, H. Pilonidal cysts; treatment by Holman's operation. *Acta Chir Scand* 113, 374–379 (1957).
561. Garrido, A., Ali, R., Ramakrishnan, V., Spyrou, G. & Stanley, P. R. Reconstruction of the natal cleft with a perforator-based flap. *Br J Plast Surg* 55, 671–674 (2002).

562. Geuenich, A. & Hannekum, A. Primary closure of pilonidal sinus through a slide-swung operation. *Chirurg* 52, 114–117 (1981).
563. Gordon, K. J. & Hunt, T. M. Osteomyelitis as a complication of a pilonidal sinus. *Int J Colorectal Dis* 31, 155–156, <https://doi.org/10.1007/s00384-015-2184-z> (2016).
564. Ho Quoc, C. et al. Reconstruction fessière esthétique fiabilisée par une artère perforante glutéale. *Annales de chirurgie plastique et esthétique* 58, 347–351, <https://doi.org/10.1016/j.amplas.2012.10.008> (2013).
565. Hobbs, A. F. An operative technique for the treatment of pilonidal sinus. *Aust N Z J Surg* 36, 337–342 (1967).
566. Josvay, J., Sashegyi, M., Kelemen, B. & Donath, A. Clinical experience with the hatchet-shaped gluteus maximus musculocutaneous flap. *Ann Plast Surg* 55, 179–182 (2005).
567. Kajisa, T., Usami, Y. & Kikuchi, F. Lumbar adipofascial turnover flap for reconstruction of pilonidal sinus; A case report. *Jpn. J. Plast. Surg.* 52, 1357–1361 (2009).
568. Krand, O., Yalt, T., Berber, I., Kara, V. M. & Telloğlu, G. Management of pilonidal sinus disease with oblique excision and bilateral gluteus maximus fascia advancing flap: result of 278 patients. *Dis Colon Rectum* 52, 1172–1177, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e31819ef582> (2009).
569. Kauer, O. et al. Utilización del colgajo romboidal simple en el tratamiento quirúrgico de la enfermedad pilonidal. *Revista chilena de cirugía* 51, 623–626 (1999).
570. Kayaalp, C., Olmez, A., Aydın, C. & Plakın, T. Tumescant local anesthesia for excision and flap procedures in treatment of pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 52, 1780–1783, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e3181b553bb> (2009).
571. Khatri, V. P., Espinosa, M. H. & Amin, A. K. Management of recurrent pilonidal sinus by simple V-Y fasciocutaneous flap. *Dis Colon Rectum* 37, 1232–1235 (1994).
572. Lasheen, A. E., Saad, K. & Raslan, M. Crossed triangular flaps technique for surgical treatment of chronic pilonidal sinus disease. *Arch Surg* 143, 503–505, <https://doi.org/10.1001/archsurg.143.5.503> (2008).
573. Lin, C. T., Chen, S. Y., Chen, S. G., Tzeng, Y. S. & Chang, S. C. Parasacral Perforator Flaps for Reconstruction of Sacral Pressure Sores. *Ann Plast Surg* 75, 62–65 (2015).
574. Lodhi, F. B., Ijaz, S. & Shafo, M. Pilonidal sinus: use of Limberg flap in the treatment. *Professional Med J* 13, 435–439 (2006).
575. Mackowski, A. & Levitt, M. Outcomes of the house advancement flap for pilonidal sinus. *ANZ J Surg*, <https://doi.org/10.1111/ans.13077> (2015).
576. Mathur, B. S., Tan, S. S., Bhat, F. A. & Rozen, W. M. The transverse lumbar perforator flap: An anatomic and clinical study. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 69, 770–776, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2016.03.023> (2016).
577. AlNajjar, M. J. A.-H. & AlNajjar, S. H. A. Elliptical Rotation Flap for Complicated Pilonidal Sinus. *Iraqi JMS* 13, 56–63 (2015).
578. Nelson, R. & Lalonde, D. Treatment of the chronic pilonidal sinus wound with a local perforator-assisted transposition flap. *Plast Reconstr Surg* 122, 47e–49e, <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e31817746c8> (2008).
579. Nessar, G., Kayaalp, C. & Seven, C. Elliptical rotation flap for pilonidal sinus. *Am J Surg* 187, 300–303, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2003.11.012> (2004).
580. Onishi, K. & Maruyama, Y. Sacral adipofascial turn-over flap for the excisional defect of pilonidal sinus. *Plast Reconstr Surg* 108, 2006–2010 (2001).
581. Ozdemir, H., Unal Ozdemir, Z., Tayfun Sahtiner, I. & Senol, M. Whole natal cleft excision and flap: an alternative surgical method in extensive sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Acta Chir Belg* 114, 266–270 (2014).
582. Ozmen, S., Kandal, S., Flindikcioglu, F. & Mentek, B. Superior gluteal artery perforator flap: An alternative in the treatment of complicated pilonidal sinus. *I(17)*, 176–178 (2006).
583. Perez-Gurri, J. A., Temple, W. J. & Ketcham, A. S. Gluteus maximus myocutaneous flap for the treatment of recalcitrant pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 27, 262–264 (1984).
584. Polat, C. et al. Is oval flap reconstruction a good modification for treating pilonidal sinuses? *Am J Surg* 201, 192–196, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2010.01.025> (2011).
585. Rosen, W. & Davidson, J. S. Gluteus maximus musculocutaneous flap for the treatment of recalcitrant pilonidal disease. *Ann Plast Surg* 37, 293–297 (1996).
586. Sahasrabudhe, P., Panse, N., Waghmare, C. & Waykole, P. V-y advancement flap technique in resurfacing postexcisional defect in cases with pilonidal sinus disease-study of 25 cases. *Indian J Surg* 74, 364–370, <https://doi.org/10.1007/s12262-011-0403-6> (2012).
587. Saray, A., Dirlik, M., Caglikulekci, M. & Turkmenoglu, O. Gluteal V-Y advancement fasciocutaneous flap for treatment of chronic pilonidal sinus disease. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 36, 80–84 (2002).
588. Schoeller, T., Wechsberger, G., Otto, A. & Papp, C. Definite surgical treatment of complicated recurrent pilonidal disease with a modified fasciocutaneous V-Y advancement flap. *Surgery* 121, 258–263 (1997).
589. Schoeller, T., Wechsberger, G., Otto, A. & Papp, C. Pilonidal sinus: experience with the Karydakjs flap. *Br J Surg* 84, 890–891 (1997).
590. Schrögenderfer, K. F. et al. Prospective evaluation of a single-sided innervated gluteal artery perforator flap for reconstruction for extensive and recurrent pilonidal sinus disease: functional, aesthetic, and patient-reported long-term outcomes. *World J Surg* 36, 2230–2236 (2012).
591. Stroosma, O. C. Gluteal fascioplasty as a method of primary closure in the treatment of pilonidal sinus. *Arch Chir Neerl* 30, 61–64 (1978).
592. Sungur, N. et al. V-Y rotation advancement fasciocutaneous flap for excisional defects of pilonidal sinus. *Plast Reconstr Surg* 117, 2448–2454, <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000219170.74059.94> (2006).
593. Trooskijn, S. Z. Pilonidal cyst: wide excision and primary closure with an advancement flap. *J Med Soc N J* 82, 367–370 (1985).
594. Tuncbilek, G., Nasir, S., Ozkan, O., Kayikcioglu, A. & Mavilli, E. Partially de-epithelialised and buried V-Y advancement flap for reconstruction of sacrococcygeal and ischial defects. *Scand J Plast. Reconstr. Surg Hand Surg* 38, 94–99 (2004).
595. Turan, A., Isler, C., Bas, S. C., Genc, B. & Ozsoy, Z. A new flap for reconstruction of pilonidal sinus: lumbar adipofascial turnover flap. *Ann Plast Surg* 58, 411–415, <https://doi.org/10.1097/01.sap.0000243999.36577.3f> (2007).
596. Turner, F. P. Pilonidal sinus: primary closure with equal musculofascial flaps and removable far-and-near sutures; analysis of fifty-nine consecutive cases. *Ann Surg* 140, 687–694 (1954).
597. Venus, M. R. & Tittley, O. G. The use of the Limberg flap for reconstruction of pilonidal sinus excision wounds. *Surgeon* 5, 127 (2007). author reply 127.
598. Venus, M. R. & Tittley, O. G. Outcomes in the repair of pilonidal sinus disease excision wounds using a parasacral perforator flap. *Ann R Coll Surg Engl* 94, 12–16, <https://doi.org/10.1308/003588412X13171221499748> (2012).
599. Windhofer, C., Michlits, W., Gruber, S. & Papp, C. Reconstruction in the buttock region using the local fasciocutaneous infragluteal (FCI) flap. *hair syndrome* 63, 126–132 (2010).
600. Yazar, M. et al. Cosmetic closure of pilonidal sinus defects with bilateral transpositional adipofascial flaps. *J Plast Surg Hand Surg* 47, 292–296, <https://doi.org/10.3109/2000656X.2013.765884> (2013).
601. Yucel, E. T. L. T. & Yilmaz, O. C. "Hag Excision an Flap" Procedure: a Novel Modification for Off-Midline Closure After Pilonidal Sinus Excision. *Indian J Surg* (2015).
602. Yuksel, B. C., Berkem, H., Ozel, H. & Hengirmen, S. A new surgical method of pilonidal sinus treatment: a bilaterally parallel elliptic fascio-cutaneous advancement flap technique. *Bratisl Lek Listy* 113, 728–731 (2012).
603. Aldemir, M., Kara, I. H., Erten, G. & Tacyildiz, I. Effectiveness of collagenase in the treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus disease. *Surg Today* 33, 106–109, <https://doi.org/10.1007/s005950300022> (2003).

604. Oncel, M. *et al.* Excision and marsupialization versus sinus excision for the treatment of limited chronic pilonidal disease: a prospective, randomized trial. *Tech Coloproctol* 6, 165–169, <https://doi.org/10.1007/s101510200037> (2002).
605. Abramson, D. J. Excision and delayed closure of pilonidal sinuses. *Surg Gynecol Obstet* 144, 205–207 (1977).
606. Abramson, D. J. Outpatient management of pilonidal sinuses: excision and semiprimary closure technic. *Mill Med* 143, 753–757 (1978).
607. Abramson, D. J. & Cox, P. A. The marsupialization operation for pilonidal cysts and sinuses under local anesthesia with lidocaine; an ambulatory method of treatment. *Ann Surg* 139, 341–349 (1954).
608. Arauz, S., Yamaguchi, N., Schmidt Goffi, F. & Zanoto, A. Surgical treatment of sacrococcygeal pilonidal disease: a comparative study between marsupialization and incision plus curettage techniques. *Rev Col Bras Cir* 29, 659–662 (2002).
609. Brockbank, M. J. Pilonidal Cyst. *Am J Surg* 68, 4 (1945).
610. Cavanagh, C. R. & Schnug, G. E. Definitive Treatment of the Pilonidal Abscess. *Northwest Med* 63, 449–451 (1964).
611. Cavanagh, C. R., Schnug, G. E., Givrin, G. W. & McGonigle, D. J. Definitive marsupialization of the acute pilonidal abscess. *Am Surg* 36, 650–651 (1970).
612. Gonzalo Inostroza, L. *et al.* Pilonidal cyst abscess: Definitive treatment in a single time during the acute, short-term results. *Revista Chilena de Cirugía* 63, 54–58 (2011).
613. Licheri, S. *et al.* Radical treatment of acute pilonidal abscess by marsupialization. *G Chir* 25, 414–416 (2004).
614. Neumetster, C. A. A modification of the marsupialization operation for pilonidal disease. *tract coag max voltage* 56, 730–732 (1963).
615. Ozbalk, G. S., Tuncal, S., Bayraktar, K., Tasova, V. & Ali Akkus, M. Is gentamicin-impregnated collagen sponge to be recommended in pilonidal sinus patient treated with marsupialization? A prospective randomized study. *Ann Ital Chir* 85, 576–582 (2014).
616. Perez Oberreuter, G. *et al.* Técnica de marsupialización en quiste pilonidal: 7 años de experiencia. *Revista chilena de cirugía* 50 (1998).
617. Sahsamani, G. *et al.* Semi-closed surgical technique for treatment of pilonidal sinus disease. *Ann Med Surg (Lond)* 15, 47–51, <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2017.02.004> (2017).
618. Struëlke, D. G., Krediet, R. T., de Glas-Vos, J. W., Boeschoten, E. W. & Arisz, L. Experiences with acute peritoneal dialysis in adults. *Ned Tijdschr Geneesk* 128, 751–755 (1984).
619. Van Ess, L. J. Surgical management of pilonidal disease. *Am J Proctol* 16, 389–393 (1965).
620. Yıldırım, D., Sunamak, O., Pergel, A. & Mounla, M. Combined single step definitive treatment in acute pilonidal sinus abscess. *Surg Sci* 1, 24–26 (2010).
621. Zambouras, D. H. & Karavas, N. Operative Behandlung des Sakraldermoides durch eine neue modifizierte Marsupialisationsmethode. *Chirurg* 7, 330–331 (1971).
622. Zimmerman, K. unknown. *Am J Surg* 86, 569 (1953).
623. Vahedian, J., Nabavizadeh, E., Nakhaee, N., Vahedian, M. & Sadehpour, A. Comparison between drainage and curettage in the treatment of acute pilonidal abscess. *Saudi Med J* 26, 553–555 (2005).
624. Al Homoud, S. J., Habib, Z. S., Abdul Jabbar, A. S. & Isbister, W. H. Management of sacrococcygeal pilonidal disease. *Saudi. Med. J.* 22, 762–764 (2001).
625. Arik, M. K. & Borazan, E. Phenol application combined with minimally invasive surgery for pilonidal sinus treatment. *Anatolian J. Clin. Invest.* 5, 165–168 (2011).
626. Balsamo, F., Borges, A. M. P. & Formiga, G. J. S. Pilonidal sinus: Surgical treatment results with incision and curettage. *Rev. Bras. Coloproctologia* 29, 325–328 (2009).
627. Biegeleisen, H. I. Sclerotherapy for pilonidal cyst. *Am J Surg* 64, 622–625 (1939).
628. Boulay, J. & Prudent, J. Continuous drainage by thread applied to treatment of pilonidal disease. *Annales de Gastroenterologie et d'Hépatologie* 16, 317–323 (1980).
629. Crile, G. Jr. A definitive ambulatory treatment for infected pilonidal cysts. *Surgery* 24, 677–679 (1948).
630. Elsey, E. & Lund, J. N. Fibrin glue in the treatment for pilonidal sinus: high patient satisfaction and rapid return to normal activities. *Tech Coloproctol* 17, 101–104, <https://doi.org/10.1007/s10151-012-0956-9> (2013).
631. Gage, A. A. & Dutta, P. Cryosurgery for pilonidal disease. *Am J Surg* 133, 249–254 (1977).
632. Garg, P., Garg, M., Gupta, V., Mehta, S. K. & Lakhtaria, P. Laying open (deroofing) and curettage under local anesthesia for pilonidal disease: An outpatient procedure. *World J Gastrointest Surg* 7, 214–218, <https://doi.org/10.4240/wjgs.v7.i9.214> (2015).
633. Gidwani, A. L., Murugan, K., Nasir, A. & Brown, R. Incise and lay open: an effective procedure for coccygeal pilonidal sinus disease. *Ir J Med Sci* 179, 207–210, <https://doi.org/10.1007/s11845-009-0450-1> (2010).
634. Gul, V. O. *et al.* Minimally Invasive Surgical Approach to Complicated Recurrent Pilonidal Sinus. *Case Rep Surg* 2015, 759316, <https://doi.org/10.1155/2015/759316> (2015).
635. Gupta, P. J. Radiofrequency incision and lay open technique of pilonidal sinus (clinical practice paper on modified technique). *Kobe J Med Sci* 49, 75–82 (2003).
636. Isbister, W. H. & Prasad, J. Pilonidal disease. *Aust N Z J Surg* 65, 561–563 (1995).
637. Jain, V. & Jain, A. Use of lasers for the management of refractory cases of hidradenitis suppurativa and pilonidal sinus. *J Cutan Aesthet Surg* 5, 190–192, <https://doi.org/10.4103/0974-2077.101377> (2012).
638. Jensen, S. L. & Harling, H. Prognosis after simple incision and drainage for a first-episode acute pilonidal abscess. *Br J Surg* 75, 60–61 (1988).
639. Kepenekci, I., Demirkan, A., Celasın, H. & Geçim, I. E. Unroofing and curettage for the treatment of acute and chronic pilonidal disease. *World J Surg* 34, 153–157, <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0245-6> (2010).
640. Klin, B., Heller, O. N. & Kaplan, I. The use of the CO<sub>2</sub> laser in pilonidal sinus disease: preliminary results of an ambulatory prospective study. *J Clin Laser Med Surg* 8, 31–37 (1990).
641. Korb, J. H. Infected pilonidal cysts; a simplified method of treatment. *Mill Surg* 108, 29–34 (1951).
642. Lewin, R. A. Pilonidal Sinus in Infancy. *Pediatrics* 35, 795–797 (1965).
643. Martino, J. J., Banerjee, S., Brown, S. H. & Waldron, J. E. Human dermal tissue allograft use in treating chronic pilonidal sinus. *Comm Med* 74, 393–398 (2010).
644. Mikkelsen, K. Pilonidal sinus. A follow-up study of out-patients treated by simple incision. *Ugeskr Laeger* 137, 789–791 (1975).
645. Miller, R. J. Pilonidal disease. A logical approach. *Postgrad Med* 41, 382–385 (1967).
646. O'Connor, J. J. Surgery plus freezing as a technique for treating pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 22, 306–307 (1979).
647. Olmez, A., Kayaalp, C. & Aydın, C. Treatment of pilonidal disease by combination of pit excision and phenol application. *Tech Coloproctol* 17, 201–206, <https://doi.org/10.1007/s10151-012-0903-9> (2013).
648. Qayyum, I., Bai, D. & Tsorlides, S. S. Loop drainage after debridement (LDAD): minimally invasive treatment for pilonidal cyst. *Tech Coloproctol* 20, 591–594, <https://doi.org/10.1007/s10151-016-1469-8> (2016).
649. Shafiroff, B. G. & Doublet, H. The conservative treatment of pilonidal cyst. *N Y State J Med* 46, 891–893 (1946).
650. Shirah, B. & Shirah, H. The Effect of Hydrogen Peroxide on the Healing of the Laid Open Wound in the Treatment of Chronic Sacrococcygeal Pilonidal Sinus: A Retrospective Database Analysis of 500 Patients. *International Journal of Surgery and Medicine* 2, 17, <https://doi.org/10.5455/ijsm.woundhealing> (2016).
651. Sozen, S. O., Sozen, V. & Das, V. *et al.* Day-Care Surgery for Pilonidal Sinus Using Sinotomy Technique and Fibrin Glue Injection. *Arch Clin Exp Surg* 1, 138–141 (2012).

652. Thomson, J. P. & Lee, J. Radical Surgery for pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 65, 64 (1983).
653. Thorlakson, R. H. An Unusual Type of Pilonidal Sinus: Report of a Case. *Dis Colon Rectum* 6, 345–351 (1963).
654. Yalcin, S. & Ergul, E. A single-surgeon, single-institute experience of 59 sinotomies for sacrococcygeal pilonidal disease under local anesthesia. *Braşti Lek Listy* 111, 284–285 (2010).
655. Bascom, J. Pilonidal disease: long-term results of follicle removal. *Dis Colon Rectum* 26, 800–807 (1983).
656. Bascom, J. Pilonidal disease: origin from follicles of hairs and results of follicle removal as treatment. *Surgery* 87, 567–572 (1980).
657. Cherian, T. K. A simple out-patient treatment for pilonidal sinus (Millar-Lord method). *INDIAN J. SURG.* 42, 119–122 (1980).
658. Colov, E. P. & Bertelsen, C. A. Short convalescence and minimal pain after out-patient Bascom's pit-pick operation. *Danish medical bulletin* 58, A4348 (2011).
659. Di Castro, A., Guerra, F., Levi Sandri, G. B. & Ettorre, G. M. Minimally invasive surgery for the treatment of pilonidal disease. The Gips procedure on 2347 patients. *Int J Surg* 36, 201–205, <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2016.10.040> (2016).
660. Edwards, M. H. Pilonidal sinus: a 5-year appraisal of the Millar-Lord treatment. *Br J Surg* 64, 867–868 (1977).
661. Chen, C. L., Fitzpatrick, L. & Kamel, H. Who uses the emergency department for dermatologic care? A statewide analysis. *Journal of the American Academy of Dermatology* 71, 308–313, <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2014.03.013> (2014).
662. Froidevaux, A. & Marti, M. C. Sacro coccygeal cysts. Results of a new series of 51 cases. *Lyon Chir* 73, 269–271 (1977).
663. Gips, M., Mellki, Y., Salem, L., Well, R. & Sulkes, J. Minimal surgery for pilonidal disease using trephines: description of a new technique and long-term outcomes in 1,358 patients. *Dis Colon Rectum* 51, 1656–1662, discussion 1662–1653, <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9329-x> (2008).
664. Iesalnieks, I., Deimel, S., Kienle, K., Schlitt, H. J. & Zulke, C. Pit-picking surgery for pilonidal disease. *Chirurg* 82, 927–931, <https://doi.org/10.1007/s00104-011-2077-9> (2011).
665. Iesalnieks, I., Deimel, S. & Schlitt, H. J. "Pit picking" surgery for patients with pilonidal disease: mid-term results and risk factors. *Chirurg* 86, 482–485, <https://doi.org/10.1007/s00104-014-2776-0> (2015).
666. Jensen, S. L. & Nielsen, O. V. Lord-Millar brush method in ambulatory treatment of pilonidal cysts. *Ugeskr Laeger* 150, 98–100 (1988).
667. Khodakaram, K., Stark, J., Hoglund, I. & Andersson, R. E. Minimal Excision and Primary Suture is a Cost-Efficient Definitive Treatment for Pilonidal Disease with Low Morbidity: A Population-Based Interventional and a Cross-Sectional Cohort Study. *World J Surg* 41, 1295–1302, <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3828-z> (2017).
668. Klalber, C., Staub, A., Ackermann, D. & Akovbiantz, A. The Lord-Millar operation of pilonidal sinus. *HELV. CHIR. ACTA* 49, 221–222 (1982).
669. Lord, P. H. & Millar, D. M. Pilonidal Sinus: A Simple Treatment. *Br J Surg* 52, 298–300 (1965).
670. Lund, J. N. & Leveson, S. H. Fibrin glue in the treatment of pilonidal sinus: results of a pilot study. *Dis Colon Rectum* 48, 1094–1096, <https://doi.org/10.1007/s10350-004-0905-4> (2005).
671. Majeski, J. & Stroud, J. Sacrococcygeal pilonidal disease. *Int Surg* 96, 144–147 (2011).
672. Millar, D. M. & Lord, P. H. The treatment of acute postanal pilonidal abscess. *Br J Surg* 54, 598–599 (1967).
673. Mosquera, D. A. & Quayle, J. B. Bascom's operation for pilonidal sinus. *J R Soc Med* 88, 45P–46P (1995).
674. Neola, B., Capasso, S., Caruso, L., Falato, A. & Ferulano, G. P. Scarless outpatient ablation of pilonidal sinus: a pilot study of a new minimally invasive treatment. part 2, <https://doi.org/10.1111/bwj.12350> (2014).
675. Parvalz, A. & Kennedy, R. Bascom's procedure in the day-surgical management of symptomatic pilonidal sinus. *Br J Surg* 88, 155–156 (2001).
676. Petersen, S. Skin preserving pit excision, so-called pit picking. *Pilonidal Sinus Journal* 3, 7 (2017).
677. Petrovic, J., Dimitrijevic, I. & Krivokapic, Z. Minor vs complete excision of pilonidal sinus—early postoperative period. *Acta Chir Jugosl* 59, 81–85 (2012).
678. Senapati, A., Cripps, N. P. & Thompson, M. R. Bascom's operation in the day-surgical management of symptomatic pilonidal sinus. *Br J Surg* 87, 1067–1070, <https://doi.org/10.1046/j.1365-2168.2000.01472.x> (2000).
679. Smart, P. J., Dungerwalla, M. & Heriot, A. G. Bascom's Simple Pilonidal Sinus Surgery: Simpler with Ultrasound Guidance. *Journal of Medical Ultrasound* 21, 97–99, <https://doi.org/10.1016/j.jmu.2013.04.001> (2013).
680. Zorcolo, L., Capra, F., Scintu, F. & Casula, G. Surgical treatment of pilonidal disease. Results with the Bascom's technique. *Minerva Chir* 59, 387–395 (2004).
681. Postlethwait, R. W. Extensive Pilonidal Cyst - Case Report. *Am J Surg* 64, 416–418 (1944).
682. Pyrtle, L. J. & Bartus, S. A. Excision of Pilonidal Cyst with Simplified Partial Wound Closure. *Surg Gynecol Obstet* 118, 605–608 (1964).
683. Rahoma, A. H. Pilonidal sinus: Why does it recur. *Malays. J. Med. Health Sci* 5, 69–77 (2009).
684. Anderson, A. W. Hair extracted from an ulcer. *Boston Med Surg J* 36, 74 (1847).
685. Javed, M. A. *et al.* Comparison of conventional incision and drainage for pilonidal abscess versus novel endoscopic pilonidal abscess treatment (EPAT). *Tech Coloproctol* 20, 871–873, <https://doi.org/10.1007/s10151-016-1546-z> (2016).
686. Klass, A. A. The so-called pilo-nidal sinus. *Hair clothes breaking shoulder etc* 75, 737–742 (1956).
687. Aksoy, H. M., Aksoy, B. & Egemen, D. Effectiveness of topical use of natural polyphenols for the treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus disease: a retrospective study including 192 patients. *Eur J Dermatol* 20, 476–481, <https://doi.org/10.1684/ejd.2010.0978> (2010).
688. Aygen, E., Arslan, K., Dogru, O., Basbug, M. & Camci, C. Crystallized phenol in nonoperative treatment of previously operated, recurrent pilonidal disease. *Dis Colon Rectum* 53, 932–935, <https://doi.org/10.1007/DCR.0b013e3181d8283b> (2010).
689. Dag, A., Colak, T., Turkmenoglu, O., Sozutek, A. & Gundogdu, R. Phenol procedure for pilonidal sinus disease and risk factors for treatment failure. *Surgery* 151, 113–117, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2011.07.015> (2012).
690. Dogru, O., Camci, C., Aygen, E., Girgin, M. & Topuz, O. Pilonidal sinus treated with crystallized phenol: an eight-year experience. *Dis Colon Rectum* 47, 1934–1938 (2004).
691. Girgin, M. & Kanat, B. H. The results of a one-time crystallized phenol application for pilonidal sinus disease. *Indian J Surg* 76, 17–20, <https://doi.org/10.1007/s12262-012-0548-y> (2014).
692. Girgin, M. *et al.* Minimally invasive treatment of pilonidal disease: crystallized phenol and laser depilation. *Int Surg* 97, 288–292, <https://doi.org/10.9738/CCI30.1> (2012).
693. Gulpinar, K., Pampal, A., Ozis, S. E. & Kuzu, M. A. Non-operative therapy for pilonidal sinus in adolescence: crystallised phenol application, 'report of a case'. *BMJ Case Rep* 2013, <https://doi.org/10.1136/bcr-2012-008382> (2013).
694. Hegge, H. G., Vos, G. A., Patka, P. & Hoitsma, H. F. Treatment of complicated or infected pilonidal sinus disease by local application of phenol. *Surgery* 102, 52–54 (1987).
695. Kayaalp, C., Olmez, A., Aydin, C., Piskin, T. & Kahraman, L. Investigation of a one-time phenol application for pilonidal disease. *Med Princ Pract* 19, 212–215, <https://doi.org/10.1159/000285291> (2010).
696. Kaymakcioglu, N. *et al.* Treatment of pilonidal sinus by phenol application and factors affecting the recurrence. *Tech Coloproctol* 9, 21–24, <https://doi.org/10.1007/s10151-005-0187-4> (2005).
697. Kaly, S. B. & Graham, W. J. Treatment of pilonidal sinus by phenol injection. *Ulster Med J* 58, 56–59 (1989).
698. Maurice, B. A. & Greenwood, R. K. A Conservative Treatment of Pilonidal Sinus. *Br J Surg* 51, 510–512 (1964).
699. Owen Smith, M. S. *Phenol irrigation for pilonidal sinus*. 121, 79–86 (1975).

700. Rignault, D., Paillet, J. L., Bon, J. C., Chauvet, J. & Emanl, A. Clinical aspects of pilonidal sinus: a study of 572 cases. *Gastroenterol Clin Biol* 1, 925–929 (1977).
701. Rignault, D., Paillet, J. L., Brillac, J., Essioux, H. & Bon, J. C. Nonsurgical treatment of pilonidal fistulas by the curettage-phenolization method. *Gastroenterol Clin Biol* 1, 941–944 (1977).
702. Sakcak, I., Avasar, F. M. & Cosgun, E. Comparison of the application of low concentration and 80% phenol solution in pilonidal sinus disease. *JRSM Short Rep.* 1, 5 (2010).
703. Schneider, I. H., Thaler, K. & Kocklerling, F. Treatment of pilonidal sinuses by phenol injections. *Int J Colorectal Dis* 9, 200–202 (1994).
704. Stephens, F. O. & Sloane, D. R. Management of pilonidal sinus—a modern approach. *Med J Aust* 1, 395–396 (1968).
705. Vara-Thorbeck, R., Mekjnassi, K. & Berchid, S. Phenol treatment of pilonidal sinuses. *Zentralbl Chir* 115, 777–780 (1990).
706. Yilmaz, M. E., Yilmaz, O. & Uyar, M. E. *et al.* Crystalline Phenol Practices and Clinical Results in our Patients with Pilonidal Sinus. *J Universal Surg* 3, 1–4 (2015).
707. Benedetto, A. V. & Lewis, A. T. Pilonidal sinus disease treated by depilation using an 800 nm diode laser and review of the literature. *Dermatol Surg* 31, 587–591 (2005).
708. Downs, A. M. & Palmer, J. Laser hair removal for recurrent pilonidal sinus disease. *J Cosmet Laser Ther* 4, 91 (2002).
709. Kandamany, N. & Mahaffey, P. J. The importance of hair control and personal hygiene in preventing recurrent pilonidal sinus disease. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 61, 986–987, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2007.11.065> (2008).
710. Koch, D., Pratsou, P., Szczecinska, W., Lanigan, S. & Abdullah, A. The diverse application of laser hair removal therapy: a tertiary laser unit's experience with less common indications and a literature overview. *tabs!!* 30, 453–467, <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1464-5> (2015).
711. Landa, N., Aller, O., Landa-Gundin, N., Torrontegui, J. & Azplazu, J. L. Successful treatment of recurrent pilonidal sinus with laser epilation. *Dermatol Surg* 31, 726–728 (2005).
712. Lavelle, M., Jafri, Z. & Town, G. Recurrent pilonidal sinus treated with epilation using a ruby laser. *J Cosmet Laser Ther* 4, 45–47, <https://doi.org/10.1080/147641702320602564> (2002).
713. Lindholt, C. S., Lindholt, J. S. & Lindholt, J. Nd-YAG laser treatment in a patient with complicated pilonidal cysts. *BMJ Case Rep* 2009, <https://doi.org/10.1136/bcr.07.2008.0552> (2009).
714. Lindholt-Jensen, C. S., Lindholt, J. S. & Beyer, M. Nd-YAG laser treatment of primary and recurrent pilonidal sinus. *Lasers Med Sci* 27, 505–508 (2012).
715. Odüll, J. & Gault, D. Laser depilation of the natal cleft—an aid to healing the pilonidal sinus. *Ann R Coll Surg Engl* 84, 29–32 (2002).
716. Piccolo, D. *et al.* Unconventional use of intense pulsed light. *Biomed Res Int.* 2014, 618206 (2014).
717. Sadick, N. S. & Yee-Levin, J. Laser and light treatments for pilonidal cysts. *Cutis* 78, 125–128 (2006).
718. Saraceno, R., Teoli, M., Casciello, C. & Chimenti, S. Methyl aminolaevullinate photodynamic therapy for the treatment of hidradenitis suppurativa and pilonidal cysts. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 25, 164–165, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2009.00428.x> (2009).
719. Shafigh, Y., Beheshti, A., Charkhchian, M. & Rad, F. S. Successful treatment of pilonidal disease by intense pulsed light device. *Adv Clin Exp Med* 23, 277–282 (2014).
720. Armstrong, J. H. & Barcia, P. J. Pilonidal sinus disease. The conservative approach. *Arch Surg* 129, 914–917, discussion 917–919 (1994).
721. Berger, H. The medical treatment of pilonidal disease. *N Y State J Med* 49, 1313 (1949).
722. Borde, C. M. & Bruck, H. G. The indications for split thickness skin grafting in recurrent pilonidal sinus. *Wiener Klinische Wochenschrift* 85, 624–628 (1973).
723. Chia, C. L., Tay, V. W. & Mantoo, S. K. Endoscopic pilonidal sinus treatment in the Asian population. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 25, e95–97, <https://doi.org/10.1097/SLE.0000000000000131> (2015).
724. Conroy, F. J., Kandamany, N. & Mahaffey, P. J. Laser depilation and hygiene: preventing recurrent pilonidal sinus disease. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 61, 1069–1072, <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2007.06.022> (2008).
725. Dwivedi, A. P. Management of pilonidal sinus by Kshar Sutra, a minimally invasive treatment. *Int J Ayurveda Res* 1, 122–123, <https://doi.org/10.4103/0974-7788.64408> (2010).
726. Encabo, B. *et al.* Pilonidal sinus: clinical and ultrasonographic response to topical resorcinol 15. *Br J Dermatol* 175, 1103–1104, <https://doi.org/10.1111/bjd.14872> (2016).
727. Felt, H. L. The use of thorium X in treatment of pilonidal cyst: a preliminary report. *Dis Colon Rectum* 3, 61–64 (1960).
728. Flannery, B. P. & Kidd, H. A. A review of pilonidal sinus lesions and a method of treatment. *Postgrad Med J* 43, 353–358 (1967).
729. Hemanta, P., Kumar, R. R. & Rao, M. M. Ksharasutra therapy - a minimal invasive parasurgical method in the treatment of sacrococcygeal pilonidal sinus (Nadi vrana): Result of a pilot study. *Intern. J. Res. Ayurveda Pharm.* 3, 668–670, <https://doi.org/10.7897/2277-4343.03518> (2012).
730. Hirshowitz, B., Mahler, D. & Kaufmann-Friedmann, K. Treatment of pilonidal sinus. *Surg Gynecol Obstet* 131, 119–122 (1970).
731. Hussain, Z. I., Aghahosseini, A. & Alexander, D. Converting emergency pilonidal abscess into an elective procedure. *Dis Colon Rectum* 55, 640–645, <https://doi.org/10.1097/DCR.0b013e31824b9527> (2012).
732. Isik, A. *et al.* The use of fibrin glue without surgery in the treatment of pilonidal sinus disease. *Int J Clin Exp Med* 7, 1047–1051 (2014).
733. Jain, Y. *et al.* Endoscopic pilonidal abscess treatment: a novel approach for the treatment of pilonidal abscess. *Ann R Coll Surg Engl.* 1–3, <https://doi.org/10.1308/rcsann.2016.0260> (2016).
734. Lewis, A. T. & Benedetto, A. V. Lasers in dermatology: Unapproved treatments. *Clin. Dermatol.* 20, 700–714, [https://doi.org/10.1016/S0738-081X\(02\)00292-4](https://doi.org/10.1016/S0738-081X(02)00292-4) (2002).
735. Lu, J. G., Wang, C., Cao, Y. Q. & Yao, Y. B. Thread-dragging and pad pressure therapy in traditional Chinese medicine for treatment of pilonidal sinus: a case report. *Zhong Xi Yi Jie He Xue Bao* 9, 36–37 (2011).
736. Melnero, P. *et al.* Endoscopic pilonidal sinus treatment (EPSiT): a prospective multicentre trial. *Colorectal Dis*, <https://doi.org/10.1111/codi.13322> (2016).
737. Melnero, P., Mori, L. & Gasloli, G. Endoscopic pilonidal sinus treatment (E.P.S.I.T.). *Tech Coloproctol* 18, 389–392, <https://doi.org/10.1007/s10151-013-1016-9> (2014).
738. Mendes, C. R. S., Ferreira, L. S. M., Sapucaia, R. A. & Lima, M. A. Endoscopic pilonidal sinus treatment (E.P.S.I.T.): a minimally invasive approach. *Journal of Coloproctology* 35, 72–75, <https://doi.org/10.1016/j.jcol.2015.01.007> (2015).
739. Milone, M. *et al.* Video-assisted ablation of pilonidal sinus: a new minimally invasive treatment—a pilot study. *Surgery* 155, 562–566, <https://doi.org/10.1016/j.surg.2013.08.021> (2014).
740. Milone, M., Bianco, P., Musella, M. & Milone, F. A technical modification of video-assisted ablation for recurrent pilonidal sinus. *Colorectal Dis* 16, O404–406, <https://doi.org/10.1111/codi.12770> (2014).
741. Rao, A. C. Cutting seton for pilonidal disease: a new approach. *Tech Coloproctol* 10, 242–244, <https://doi.org/10.1007/s10151-006-0287-9> (2006).
742. Sangamesh, H., Chandrakanth, H. & Vijaykumar, B. A case discussion on pilonidal sinus: Case report. *Intern. J. Res. Ayurveda Pharm.* 3, 746–747, <https://doi.org/10.7897/2277-4343.03535> (2012).
743. Williams, D. W. Free graft repair in pilonidal sinus. *Postgrad Med J* 30, 430–433 (1954).

744. Ypsilantis, E., Carapeti, E. & Chan, S. The use of topical 10% metronidazole in the treatment of non-healing pilonidal sinus wounds after surgery. *Int J Colorectal Dis.* <https://doi.org/10.1007/s00384-015-2269-8> (2015).
745. Ishida, H. Five cases of pilonidal sinus (Japanese). *J. Clin. Surg.* 28, 1597–1599 (1973).
746. Rains, A. J. Treatment of pilonidal sinus by excision and primary closure. *Br Med J* 2, 171–173 (1959).
747. Agren, M. S. *et al.* A randomized, double-blind, placebo-controlled multicenter trial evaluating topical zinc oxide for acute open wounds following pilonidal disease excision. *Wound Repair Regen* 14, 526–535, <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2006.00159.x> (2006).
748. Aldaqal, S. M., Kensarah, A. A., Alhabboubi, M. & Ashy, A. A. A new technique in management of pilonidal sinus, a university teaching hospital experience. *Int Surg* 98, 304–306, <https://doi.org/10.9738/INTSURG-D-13-00064.1> (2013).
749. Weeks, R. B. Y. & Weeks, G. G. Sacrococcygeal Cysts - Report of 200 cases in an army hospital. *Am J Surg* 60, 260–263 (1943).
750. Hopping, R. A. Pilonidal disease, review of the literature with comments on the etiology, differential diagnosis and treatment of the disease. *Am J Surg* 88, 780–788 (1954).
751. Doll, D. Pilonidal Disease Surgery Needs More Off-Midline Closure Education. *World J Surg.* <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3809-2> (2016).
752. Higgins, J. & Thompson, S. G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in medicine* 21, 1539–1558 (2002).
753. Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J. & Altman, D. G. Measuring inconsistency in meta-analyses. *Bmj* 327, 557–560, <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557> (2003).

### Acknowledgements

The authors thank Dr. Eric Milner (Biomedical Science Writers, LLC [www.biomedicalsciencewriters.com](http://www.biomedicalsciencewriters.com)) for language editing the manuscript.

### Author Contributions

V.S., M.M.L., M.D., K.W., D.D. acquired the data. V.S., M.M.L., P.K., M.S., D.D. performed statistical analysis and calculations. V.S., M.M.L., P.K., M.S., M.D., K.W., B.S., D.D. interpreted the data and edited the manuscript. V.S., M.M.L., P.K., B.S., D.D. wrote the manuscript. V.S., M.M.L., P.K., M.S., D.D. designed the graphics.

### Additional Information

**Supplementary information** accompanies this paper at <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20143-4>.

**Competing Interests:** The authors declare that they have no competing interests.

**Publisher's note:** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

 **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2018

## **12 Lebenslauf**