

Aus der Klinik für Allgemeine Chirurgie, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. Schilling

Das Popliteaaneurysma-

Therapie und Langzeitverlauf

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2010

vorgelegt von Kathrin Schwartz
geb. am 04.09.1984

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung/Summary	- 5 -
1.1 Zusammenfassung	- 5 -
1.2 Summary.....	- 7 -
2.1 Allgemeines	- 8 -
2.2 Definition	- 8 -
2.3 Epidemiologie.....	- 9 -
2.4 Formen, Ätiologie und Pathophysiologie	- 9 -
2.5 Häufige Begleiterkrankungen/Komorbidität	- 12 -
2.6 Klinik (Symptomatik und Komplikationen)	- 12 -
2.7 Diagnosestellung	- 13 -
2.7.1 Anamnese und körperliche Untersuchung	- 13 -
2.7.2 Doppler- und Duplexsonographie.....	- 15 -
2.7.3 Angiographie	- 16 -
2.8 Therapie	- 16 -
2.8.1 Operationsindikation.....	- 17 -
2.8.2 Operative Therapie	- 17 -
2.8.3 Interventionelle Therapie	- 17 -
2.8.4 Konservative Therapie	- 18 -
2.9 Eigene Fragestellung	- 19 -
3 Material und Methodik	- 21 -
3.1 Patientenkollektiv.....	- 21 -
3.2 Erhobene Daten.....	- 22 -
3.3 Geräte, Diagnostik	- 25 -
3.3.1 Sonographie.....	- 25 -
3.3.1.1 Dopplersonographie.....	- 25 -
3.3.1.2 Duplexsonographie	- 27 -
3.3.2 Angiographie	- 27 -
3.3.2.1 DSA (digitale Subtraktionsangiographie)	- 28 -
3.3.2.2 CT-Angiographie.....	- 29 -
3.3.2.3 MR-Angiographie	- 30 -
3.4 Therapie	- 30 -
3.4.1 Operative Therapie	- 30 -
3.4.1.1 Medialer Zugang	- 31 -
3.4.1.2 Dorsaler Zugang	- 32 -
3.4.1.3 Venenentnahme	- 33 -
3.4.1.4 Embolektomie	- 33 -
3.4.2 Postoperatives Management.....	- 34 -
3.5 Datenauswertung	- 35 -
4 Ergebnisse	- 36 -
4.1 Allgemeine Daten (gesamtes Patientenkollektiv).....	- 36 -
4.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung	- 36 -
4.1.2 Risikofaktoren und Komorbiditäten.....	- 36 -
4.1.3 Koinzidenz anderer Aneurysmen.....	- 39 -
4.1.4 Therapieverfahren	- 41 -
4.1.5 Größe des PAs und Thrombosierungsgrad	- 41 -
4.1.6 Symptomatik und Komplikationen.....	- 44 -

4.2 Operierte Patienten	- 46 -
4.2.1 Präoperative Untersuchungen	- 46 -
4.2.1.1 Elektiv operierte Patienten	- 46 -
4.2.1.2 Notfallmäßig operierte Patienten	- 46 -
4.2.1.3 Vergleich	- 47 -
4.2.2 Operativer Eingriff	- 48 -
4.2.3 Perioperativer und langfristiger Verlauf	- 50 -
4.2.3.1 Elektiv operierte Patienten	- 50 -
4.2.3.2 Notfallmäßig operierte Patienten	- 51 -
4.2.3.3 Vergleich	- 52 -
4.2.4 Nachuntersuchung	- 53 -
4.2.4.1 Elektiv operierte Patienten	- 53 -
4.2.4.2 Notfallmäßig operierte Patienten	- 53 -
4.2.4.3 Vergleich	- 54 -
4.3 Konservativ behandelte Patienten	- 57 -
4.3.1 Erstuntersuchung	- 57 -
4.3.2 Nachuntersuchung	- 58 -
5 Diskussion	- 60 -
5.1 Allgemeine Daten	- 60 -
5.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung	- 60 -
5.1.2 Risikofaktoren und Komorbiditäten	- 60 -
5.1.3 Koinzidenz anderer Aneurysmen	- 61 -
5.1.4 Ätiologie	- 62 -
5.2 Symptome, Komplikationen und deren Einflussfaktoren	- 62 -
5.2.1 Symptomatik	- 62 -
5.2.2 Komplikationen	- 63 -
5.2.3 Einflussfaktoren (auf Symptome und Komplikationen)	- 64 -
5.2.3.1 Durchmesser des PAs und Symptome bzw. Komplikationen ..	- 64 -
5.2.3.2 Durchmesser des PAs und Thrombosierung	- 65 -
5.2.3.3 Distorsion	- 65 -
5.3 Therapieoptionen	- 66 -
5.3.1 Operationsindikation	- 66 -
5.3.2 Das Pro und Kontra der prophylaktischen PA-Ausschaltung	- 67 -
5.4 Konservative Therapie	- 68 -
5.5 Operative Therapie	- 70 -
5.5.1 Präoperative Diagnostik	- 70 -
5.5.2 Prä-/Intraoperative Thrombolyse	- 72 -
5.5.2.1 Runoff-Status und Outcome	- 73 -
5.5.2.2 Thrombolyse und Outcome	- 74 -
5.5.2.3 Lysekomplikationen	- 74 -
5.5.2.4 Intraoperative Lyse	- 75 -
5.5.2.5 Unsere Ergebnisse	- 75 -
5.5.3 Operativer Eingriff	- 77 -
5.5.4 Perioperativer Verlauf und Langzeitverlauf	- 79 -
5.5.4.1 Perioperativer Verlauf (\leq 30 Tage postoperativ)	- 79 -
5.5.4.2 Langzeitverlauf	- 81 -
5.5.5 Nachuntersuchung	- 82 -
5.6 Interventionelle Therapie	- 85 -
5.7 Ausblick	- 87 -
6 Literaturverzeichnis	- 89 -

7	Abkürzungsverzeichnis	- 99 -
8	Dank	- 101 -
9	Lebenslauf	- 102 -

1 Zusammenfassung/Summary

1.1 Zusammenfassung

Das Popliteaaneurysma (PA) stellt nach dem Bauchortenaneurysma die zweithäufigste Aneurysmalokalisation dar. Die Gefahr eines PAs besteht vor allem in der Entstehung einer Thrombembolie, welche das PA zu einer extremitätenbedrohenden Erkrankung macht.

In die vorliegende Studie wurden 34 Patienten mit 45 PAs und zwei Poplitealektasien eingeschlossen. Das Kollektiv wurde unterteilt in Patienten mit elektiv operierten, notfallmäßig operierten und konservativ behandelten Aneurysmen der Poplitealarterie.

Ziel der Arbeit war es, das Risikoprofil von PA-Patienten, verschiedene Therapieaspekte und den Langzeitverlauf von operierten und nicht operierten PAs retrospektiv zu untersuchen. Hierzu wurden die Patientenakten ausgewertet. Zusätzlich erfolgte eine Nachuntersuchung der noch lebenden Patienten.

Die Auswertung ergab, dass 97 % der Betroffenen Männer waren und der Altersdurchschnitt bei 67 Jahren lag. Die meisten Patienten waren bei Diagnosestellung bereits multimorbide, wobei die periphere arterielle Verschlusskrankheit, die arterielle Hypertonie, die koronare Herzkrankheit und Fettstoffwechselstörungen die häufigsten Begleiterkrankungen darstellten. Ein bilaterales PA lag bei 36 % der Betroffenen vor.

Der mittlere Durchmesser aller PAs betrug 2,9 cm. Beim Vergleich der Durchmesser der drei Kollektive untereinander ergab sich kein signifikanter Unterschied.

Rund ein Viertel der PAs war bei Diagnosestellung asymptomatisch, 29 % verursachten bereits belastungsabhängige Schmerzen und 39 % Ruheschmerzen. Komplikationen traten bei 71 % der PAs auf. Im Einzelnen waren dies in 29 % der Fälle eine Kompletthrombosierung des Aneurysmas, bei zwei Drittel der PAs eine Embolisierung in die Peripherie und in 2 % der Fälle eine Ruptur. Eine akute Ischämie zeigte sich in genau einem Drittel der betroffenen Extremitäten.

Bei der Betrachtung des Outcomes schnitten die elektiv operierten Patienten eindeutig besser ab als die Notfallpatienten; dies galt vor allem für die Beinerhaltungsrate und das Überleben. Bei keinem einzigen elektiv operierten Patienten musste eine Majoramputation durchgeführt werden. Vergleicht man die

beiden verwendeten Bypassmaterialien untereinander, so wiesen venöse Bypässe signifikant bessere Ergebnisse auf als Polytetrafluorethylen (PTFE)- Bypässe; dies zeigte sich sowohl in der primären Offenheitsrate als auch in der Beinerhaltungsrate. Aufgrund der genannten Ergebnisse halten wir es für empfehlenswert, PAs elektiv zu operieren und nicht zu warten bis sie akut symptomatisch werden. Außerdem sollte wenn immer möglich ein venöser Bypass verwendet werden.

1.2 Summary

After the abdominal aortic aneurysm the popliteal artery aneurysm (PAA) is the second most localisation of an aneurysm. The danger of a PAA mainly consists in the development of thrombembolisms, which turns PAA into a limb-threatening disease.

In this present study 34 patients with 45 PAAs and two ectasias of the popliteal artery were included. The whole cohort was divided into three groups: patients with an electively operated PAA, such with an emergently operated PAA and patients, who were treated conservatively.

The aim of this study was to examine the risk profile of PAA-patients as well as different therapy options and the long-term follow-up of operated and non operated PAAs. For this the clinical records of the patients were analysed. Additionally a reexamination of all patients alive was undertaken.

The evaluation showed that 97 % were male. The average age was 67 years. Most patients were multimorbid, when the diagnosis of the PAA was made. The most common comorbidities were peripheral artery occlusive disease, arterial hypertension, coronary heart disease and lipid metabolic disorder. A bilateral PAA was found in 36 % of the patients.

The average diameter of all PAAs was 2,9 cm, without a difference between the three groups.

About one quarter of PAAs was asymptomatic, when they were diagnosed. 29 % caused intermittent claudication and 39 % rest pain. Complications were found at 71 % of the PAAs. In detail, 29 % of all PAAs showed a completely thrombosis, two third a peripheral embolism and 2 % a rupture. An acute ischaemia could be found in one third of all affected limbs.

The outcome of the electively operated patients was significantly better than that of the emergently operated ones. This was true for the limb salvage rate and the survival rate. No electively operated patient had to have a major amputation.

Comparing the two different graft materials, the venous bypass showed significantly better results than the polytetrafluorethylene (PTFE) one. This was seen both in the primary patency rate and in the limb salvage rate.

We therefore conclude, that PAAs should be operated electively before they get acutely symptomatic. Moreover, a venous bypass should be used, whenever possible.

2 Einleitung

2.1 Allgemeines

Das Aneurysma der Arteria poplitea (PA) wurde von Gifford et al. schon 1953 als „böser Vorbote einer plötzlichen Katastrophe“ bezeichnet [44]. Mit dieser Aussage weist der Autor auf die große Gefahr und auch die Unvorhersehbarkeit einer akuten Ischämie hin, welche das PA zu einer extremitäten- und letztlich auch lebensbedrohlichen Erkrankung macht.

Anders als beim Bauchaortenaneurysma muss beim PA nicht die Ruptur als häufigste Komplikation befürchtet werden, sondern die Thrombembolie mit nachfolgender Ischämie der betroffenen Extremität.

So stellen thrombembolische Komplikationen mit bis zu 44 % der Fälle eine wichtige Operationsindikation dar [101], wohingegen die Ruptur lediglich in 0,9 – 4,8 % aller PAs als Komplikation auftritt [6, 17, 39, 101, 112].

Entscheidend ist, dass weder die Thrombembolie noch die Ruptur unterschätzt werden dürfen. Denn beide Komplikationen des PAs gehen im Extremfall mit Majoramputationsraten von 40 % bzw. 75 % einher [15, 112].

Und da Oberschenkelamputationen mit einer 30-Tages-Mortalitätsrate von bis zu 29 % verbunden sein können, kann ein zu spät erkanntes PA sogar letal enden [61, 111].

2.2 Definition

Das PA ist definiert als lokale Dilatation der Poplitealarterie mit Zunahme des ursprünglichen Durchmessers um das mindestens 1,5-fache [59].

Da man in der Literatur unterschiedliche Angaben zum üblichen Durchmesser der A. poplitea findet, existiert kein festgelegter Wert, ab dem man von einem PA spricht. Die Angaben für den Normwert des Poplitealarteriendurchmessers reichen von $5,2 \pm 1,1$ mm bei Zierler et al. über $6,0 \pm 0,7$ mm (Frauen) bzw. $6,8 \pm 0,8$ mm (Männer) in einer Studie von Wolf et al. bis hin zu $9,0 \pm 2,0$ mm bei Johnston et al. [59, 117, 119].

Somit liegt ein PA je nach Studie ab einem Durchmesser von 6,2 – 16,5 mm vor.

Die große Vielfalt an Normwerten erklärt sich zum Teil dadurch, dass der Durchmesser der Poplitealarterie stark vom Alter, dem Geschlecht und der Körperoberfläche, also von Größe und Gewicht, abhängig ist [95].

Von einer Ektasie der Poplitealarterie spricht man bei einer Zunahme des Arterienmessers um weniger als 50 % [59].

2.3 Epidemiologie

Obwohl das PA relativ selten vorkommt, stellt es nach dem Bauchortenaneurysma die zweithäufigste Aneurysmalokalisation dar [23]. 80 % aller peripheren Aneurysmen befinden sich in der A. poplitea [107].

Die Betroffenen sind hauptsächlich Männer (96 - 99,8 %) [58, 78, 116] jenseits des 65. Lebensjahres [17, 58, 76, 78, 116]. In der Altersgruppe der 65 bis 80-jährigen Männer liegt die Prävalenz laut Trickett et al. bei 1 % [110].

PAs kommen in 33 - 68 % der Fälle bilateral vor [5, 16, 48, 76, 112] und in 24 - 58 % [17, 31, 76, 116] besteht eine Koinzidenz mit einem Bauchortenaneurysma (BAA). Auch Aneurysmen der Iliakal- (7 - 38 %) und Femoralarterien (8 - 29 %) finden sich gehäuft [31, 41, 116]. Mindestens ein extrapopliteales Aneurysma findet man bei 29 – 67 % der Patienten [2, 31, 48, 112, 118] und eine diffuse Aneurysmose laut Vermilion et al. in 14 % der Fälle [112].

Von daher ist es wichtig, bei der Diagnose eines PAs immer auch die kontralaterale A. poplitea, sowie die Aorta und alle Becken-Bein-Gefäße auf eventuell vorhandene Ektasien oder Aneurysmen zu untersuchen.

Umgekehrt findet man bei 2,2 – 6,1 % der Patienten mit BAA zusätzlich ein PA [96, 29].

2.4 Formen, Ätiologie und Pathophysiologie

Bei den Aneurysmen unterscheidet man drei Formen.

Die häufigste Form, das Aneurysma verum (wahres Aneurysma), ist gekennzeichnet durch eine meistens sack- oder spindelförmige Ausdehnung aller Wandschichten, wobei die Gefäßkontinuität erhalten bleibt.

Im Gegensatz dazu spricht man von einem Aneurysma spurium (falsches Aneurysma, Pseudoaneurysma), wenn ein perivasales, teilweise endothelialisiertes,

organisiertes und pulsierendes Hämatom vorliegt, welches aufgrund einer Gefäßwandverletzung mit der zugehörigen Arterie in Verbindung steht.

Die dritte und seltenste Art stellt das Aneurysma dissecans dar, welches durch einen Einriss in der Intima mit nachfolgender Wühlblutung und Kanalisierung innerhalb der Gefäßwand entsteht. Es kommt also zur Dissektion (Aufspaltung) der Gefäßwand zwischen Intima und Media, wodurch ein Doppellumen entsteht [33, 53].

Ätiologisch liegt einem Aneurysma der A. poplitea meistens eine Atherosklerose zugrunde (97,7 – 99,1 %) [31, 41, 91, 118].

In seltenen Fällen muss bei der Ursachenforschung allerdings auch an andere pathogenetische Faktoren gedacht werden.

Hierzu zählen:

Das mykotische Aneurysma, welches durch eine bakterielle Infektion der Gefäßwand durch hämatogene Streuung aus einem entfernten Sepsisherd, einer Bakteriämie ohne Sepsisherd, lymphogen oder per continuitatem entstehen kann [33, 53].

Des Weiteren muss an angeborene Störungen der Gefäßwandzusammensetzung gedacht werden. Dazu gehören u. a. das Marfansyndrom (generalisierte Bindegewebserkrankung durch Fibrillindefekt) und das Ehlers-Danlos-Syndrom (Kollagendysplasie und Mutationen in verschiedenen Kollagen-Genen) [33].

Überdies kann es durch poststenotische Verwirbelungen des Blutstroms in der A. poplitea zur Ausbildung eines Aneurysmas kommen. Als mögliche Ursache einer Stenose im Bereich der Kniekehlenarterie kommt das Entrapmentsyndrom in Frage. Hierbei wird die A. poplitea durch eine Lageanomalie der Arterie selbst und/oder durch anatomische Variationen von Muskelansätzen (meist des medialen Gastroknemiuskopfes) komprimiert. Entsteht ein Entrapment bei einem sehr muskulösen Sportler mit normaler Anatomie spricht man von einem funktionellen Entrapment [26, 33]. Eine weitere mögliche Ursache einer Stenose im besagten Bereich ist die fibromuskuläre Dysplasie [80]. Hierbei handelt es sich um eine Proliferation des fibrösen Bindegewebes und der glatten Muskulatur der Gefäßwand (Intima und Media), welche Stenosen und Verschlüsse von Arterien zur Folge hat.

Andere mögliche sehr seltene Ursachen eines PAs können außerdem eine Vaskulitis oder Arteriitis als Folge einer rheumatischen Erkrankung (z. B. Morbus Behçet, Lupus erythematoses) sein [33].

Zusätzlich ist es wichtig, bei der Abklärung, v. a. eines Aneurysma spurium, auch an eine traumatische oder iatrogen bedingte Aneurysmabildung, z.B. als Folge einer

Knieoperation oder eines Unfalls, zu denken. Auch ein Anastomosenaneurysma nach prothetischem Gefäßersatz ist möglich [33].

Warum gerade die Poplitealarterie besonders anfällig für eine Dilatation ist und dadurch die zweithäufigste Aneurysmalokalisation nach der Bauchaorta darstellt ist noch weitgehend unklar [18]. Es werden jedoch verschiedene Möglichkeiten diskutiert:

Debasso et al. stellten in einer Studie fest, dass sich die Poplitealarterie nicht wie andere Extremitätenarterien wie eine Arterie vom muskulären Typ verhält, sondern eher wie eine Arterie vom elastischen Typ wie z. B. die Aorta. Die Dehnbarkeit der A. poplitea nimmt genauso wie die der Aorta mit zunehmendem Alter deutlich ab, wohingegen die Dehnbarkeit anderer peripherer Arterien (z. B. A. femoralis communis) durch das Alter kaum beeinflusst werden [18].

Jacob et al. fanden zudem heraus, dass sich in der Wand einer aneurysmatisch erweiterten A. poplitea im Vergleich zu einer gesunden Poplitealarterie weniger Kollagenfasern, weniger glatte Gefäßmuskelzellen, mehr apoptose- und entzündungsinduzierende Zellen und eine erhöhte proteolytische Aktivität finden lassen. Dadurch ist die gesamte Wandstruktur desorganisiert und kann so die Entstehung eines PAs begünstigen [57].

Ein anderer wichtiger Faktor, der möglicherweise zur Entstehung eines PAs beiträgt, ist die starke mechanische Belastung der A. poplitea durch die ständige Beugung und Streckung des Kniegelenkes [82].

Des Weiteren hat man herausgefunden, dass Arterien oberhalb einer Bifurkation eher dazu neigen aneurysmatisch zu werden. Grund dafür könnten die reflektierten Pulswellen sein, welche zu einer Fibrose der Arterienwand führen und die Gefäßstruktur schwächen [81]. Im Arterienverlauf distal der A. poplitea findet sich zum einen die Bifurkation in die A. tibialis anterior und den Truncus tibiofibularis, zum andern darunter die Aufzweigung in die A. tibialis posterior und die A. fibularis. Beide Bifurkationen können Ursache einer Pulswellenreflexion sein und dadurch zu einer Aneurysmabildung im Bereich der A. poplitea beitragen.

2.5 Häufige Begleiterkrankungen/Komorbidität

Die Koinzidenzrate mit anderen chronischen Erkrankungen ist beim PA sehr hoch.

Studien haben gezeigt, dass 38 – 79 % der Betroffenen an arterieller Hypertonie leiden [5, 17, 31, 76, 78, 116] und in 23 - 46 % der Fälle eine koronare Herzkrankheit (KHK) vorliegt [5, 6, 78, 84]. Einen Herzinfarkt haben 23 – 33 % [6, 55], einen Schlaganfall 6 – 12 % [6, 55, 58] schon erlitten.

Weitere Begleiterkrankungen, die sich bei PA-Betroffenen nachweisen lassen, sind u. a. bei bis 45 % Fettstoffwechselstörungen [6, 73, 84], Diabetes mellitus bei 5 – 34 % [5, 6, 16, 78, 118] und eine chronische obstruktive Bronchitis bei bis zu knapp der Hälfte der Patienten [6, 76, 84].

Interessant ist außerdem, dass bis zu 82 % Raucher oder Ex-Raucher sind [6, 58].

2.6 Klinik (Symptomatik und Komplikationen)

Die klinischen Symptome eines PAs reichen von einem komplett asymptomatischen Zustand über Klaudikationsbeschwerden bis hin zu den Symptomen einer akuten Ischämie (der betroffenen Extremität).

Ein asymptomatisches PA liegt laut einigen Studien in 11 – 56 % aller Fälle vor [5, 52, 74, 76, 112]. Wobei zu beachten gilt, dass durchschnittlich 14 % aller asymptomatischen PAs innerhalb eines Jahres Symptome entwickeln [79].

Die Kardinalzeichen hierbei sind die Claudicatio intermittens (intermittierendes Hinken) und der Ruheschmerz als Folge einer akuten oder chronischen Ischämie der unteren Extremität.

Bei rund einem Fünftel bis hin zu über der Hälfte der Betroffenen stellt die akute Ischämie die Erstmanifestation des PAs dar [49, 56, 74, 76, 84]. Die typischen Symptome hierbei hat Pratt in der so genannten „6-P-Regel“ zusammengefasst. Diese Regel besagt, dass sich eine akute Extremitätenischämie durch folgendes auszeichnet: pain (plötzlich auftretender Schmerz), paleness (Blässe), paresthesia (Gefühlsstörung), pulselessness (Pulslosigkeit), paralysis (Bewegungsunfähigkeit) und prostration (allgemeine Erschöpfung bis hin zur Schocksymptomatik) [33, 53].

Eine chronische Ischämie findet sich bei 10 – 17 % der Betroffenen [74, 76].

Ursachen der akuten oder chronischen Minderdurchblutung der betroffenen Extremität sind vor allem die Thrombosierung des Aneurysmas selbst (20 - 45 %) [35, 44, 112] und/oder (rezidivierende) (Mikro-) Embolien durch das PA in die

Peripherie (14 - 31 %) [35, 44, 112]. Des Weiteren kommt es zudem in seltenen Fällen (0,9 - 4,8 %) auch zu einer Ruptur des PAs [6, 17, 39, 101, 112].

Obwohl die Ruptur, anders als beim Bauchaortenaneurysma nur relativ selten vorkommt, darf sie nicht unterschätzt werden. In bis zu 75 % der Fälle kann sie eine Majoramputation erforderlich werden lassen [112]. Eine akute Thrombembolisation geht mit Majoramputationsraten von bis zu 40 % einher [15]. Und da bis zu 29 % der Oberschenkelamputationen letal enden, ist bei einem symptomatischen PA immer höchste Wachsamkeit geboten [61].

Seltenere Symptome eines PAs sind Beinödeme als Folge einer Kompression der benachbarten Venen (bis zu 7 %) [112]. Dies kann bei manchen Patienten auch eine akute Beinvenenthrombose zur Folge haben [97]. Des Weiteren kann das PA durch Irritation nahe liegender Nerven bei bis zu 8 % der Patienten zu lokalen Schmerzen in der Kniekehle führen [112]. In bis zu 6 % der Fälle findet sich bereits eine Ulzeration oder Gangrän an der betroffenen Extremität [112].

2.7 Diagnosestellung

2.7.1 Anamnese und körperliche Untersuchung

Der erste wichtige Schritt zur Diagnosestellung ist eine sorgfältige Anamnese.

Hierbei sollte der Patient gezielt nach Schmerzen in den unteren Extremitäten gefragt werden. Falls vorhanden ist es wesentlich, die genaue Lokalisation, den Schmerzverlauf (Zeitpunkt des Auftretens, Dauer, Erholungszeit), die Lageabhängigkeit und die Belastbarkeit (Gehstrecke) zu dokumentieren. Liegt eine arterielle Erkrankung vor, bessern sich zum einen die Schmerzen bei Tieflage des Beines und zum andern stimmt die Schmerzlokalisierung nicht mit dem Erkrankungsort überein. Typisch ist, dass der Ischämieschmerz bei Belastung eindeutig unterhalb der arteriellen Verengung auftritt. Des Weiteren ist es wichtig zu ermitteln, ob der Patient unter dauerhaften oder passageren neurologischen Ausfallerscheinungen leidet. Zudem sollte nach einer positiven Familienanamnese für aneurysmatische Erkrankungen und nach bekannten Aneurysmen anderer Lokalisation (z. B. BAA) gefragt werden [17].

Nach der Anamnese folgt die körperliche Untersuchung.

Bei der Inspektion muss vor allem auf die Farbe der betroffenen Extremität (gelblich-weiß bei akutem arteriellen Verschluss, rötlich-grau bei chronisch arterieller Verschlusskrankheit oder bei arterieller Thrombose, bläulich bei TVT, schwarz bei Nekrose) und auf Schwellungen (Ödeme oder pulsierender Tumor in der Kniekehle) geachtet werden.

Durch Palpation sollten die wichtigsten Pulse der unteren Extremität (A. femoralis communis, A. poplitea, A. tibialis posterior, A. dorsalis pedis und A. fibularis) im Seitenvergleich untersucht werden. Ist einer oder mehrere Pulse nicht tastbar, kann eine Stenose bzw. ein Verschluss proximal der pulslosen Arterie (durch pAVK oder ein thrombosiertes oder embolisierendes PA) dafür verantwortlich sein. Zusätzlich kann außerdem ein verbreiteter Puls über der A. poplitea auf ein PA hinweisen. Bedeutsam sind weiterhin die Temperatur der betroffenen Extremität (kalte Haut als Zeichen des akuten arteriellen Verschlusses oder einer TVT) und ein eventuell vorhandener Druckschmerz in der Kniekehle als Zeichen der lokalen Kompression durch ein PA.

Durch eine Auskultation der A. poplitea kann unter Umständen ab einem Stenosegrad von 70 % ein pfeifend- zischendes, pulssynchrones Stenosegeräusch gehört werden. Ab einem Verschlussgrad von über 90 % sind oftmals keine Strömungsgeräusche mehr auskultierbar. Aufgrund der fehlenden Beurteilbarkeit des genauen Stenosegrades und der proximalen und distalen Gefäßabschnitte, ist dieses Verfahren in der Praxis nicht besonders relevant.

Ein weiteres diagnostisches Verfahren ist der Gehstest. Hierbei erfolgt unter definierten Bedingungen die Bestimmung der schmerzfreien und der maximal unter Schmerzen möglichen Gehstrecke. Mithilfe der so erhaltenen Information kann eine Einteilung in die pAVK-Stadien nach Fontaine erfolgen [36, 53].

Die pAVK (periphere arterielle Verschlusskrankheit) ist definiert als „Durchblutungsstörungen im Bereich der unteren Extremitäten infolge von Stenosen und Verschlüssen größerer Gliedmaßenarterien“ [26, 21].

Die Einteilung der pAVK in 4 Schweregrade nach Fontaine sieht folgendermaßen aus:

Stadium I: asymptomatisches Stadium (Beschwerdefreiheit bei objektiv nachgewiesener pAVK)

Stadium II: Claudicatio intermittens (Belastungsinsuffizienz)

Stadium II a: schmerzfreie Gehstrecke über 200 m

Stadium II b: schmerzfreie Gehstrecke unter 200 m

Stadium III: Ruheschmerzen (Ruheinsuffizienz)

Stadium IV: manifeste Gewebeischämie (akrale Nekrose/Gangrän)

[21, 26]

Bei Notfallpatienten (akute Extremitätenischämie) ist außerdem die Beurteilung der sechs „P’s“ (siehe 2.6) von herausragender Bedeutung.

2.7.2 Doppler- und Duplexsonographie

Die Sonographie stellt in der Diagnostik des PA eine sehr wichtige, wenn nicht die wichtigste Methode schlechthin dar. Sie ist mittlerweile das Routineverfahren in der Diagnostik von PAs [89]. Vorteile sind, dass sie nichtinvasiv, schnell, fast überall verfügbar und billig ist [17].

Zu nennen ist zum einen die Dopplersonographie. Hierbei kann mithilfe einer Verschlussdruckmessung der peripheren Extremitätenarterien die Berechnung des so genannten Knöchel-Arm-Quotienten erfolgen. Dieser liefert vor allem eine Aussage darüber, ob bei dem Patienten Stenosen oder Verschlüsse im Sinne einer pAVK vorliegen [53].

Eine weitere diagnostische Methode, welche auf der Verwendung von Ultraschallwellen beruht, ist die farbkodierte Duplexsonographie (FKDS). Mit ihrer Hilfe erhält man sehr gute Informationen über die Größe des Aneurysmasackes und über die Ausdehnung bzw. das Vorhandensein einer Wandthrombosierung im PA. Somit eignet sich dieses Verfahren optimal als Screeninguntersuchung und zur Verlaufskontrolle von kleinen, noch nicht operierten PAs bzw. von Ektasien der A. poplitea [17].

Außerdem sollte bei jedem Patienten mit einer akuten Ischämie der unteren Extremität eine FKDS durchgeführt werden, um ein Aneurysma der Bauchaorta, der Iliakal- und Femoralgefäße sowie der A. poplitea als Ursache der akuten Minderdurchblutung auszuschließen oder nachzuweisen.

2.7.3 Angiographie

Als Angiographiemethoden stehen zum einen die invasive digitale Subtraktionsangiographie (DSA) und zum andern die nichtinvasive CT- und MR-Angiographie zur Verfügung.

Bei der DSA kann im Gegensatz zur Duplexsonographie und den anderen Angiographieverfahren nicht die gesamte Aneurysmaausdehnung, sondern lediglich das durchströmte Lumen beurteilt werden. Trotz dieses Nachteils ist sie zur Therapieplanung eines PAs von großer Bedeutung, da sie gute Aussagen über intraluminale Veränderungen wie hämodynamisch relevante Stenosen oder Verschlüsse in den proximal und distal des Aneurysmas gelegenen Gefäßanteilen und deren Ausdehnung liefert [17, 45, 65]. Diese Informationen sind wesentlich für die OP-Planung, da bei der Ausschaltung des PAs durch einen Bypass geeignete Anschlussgefäße proximal und distal des Aneurysmas vorhanden sein müssen.

Liegen bei einem Patienten Kontraindikationen für eine DSA, wie z. B. eine Kontrastmittelallergie (KM-Allergie), eine eingeschränkte Nierenfunktion, Blutungsneigung (beispielsweise aufgrund von Antikoagulantien) oder eine Hyperthyreose vor, müssen andere Angiographieverfahren durchgeführt werden [45]. Dies ist zum einen die CT- Angiographie beispielsweise bei vermehrter Blutungsneigung oder die MR- Angiographie bei Niereninsuffizienz, KM-Allergie, Hyperthyreose und auch bei vermehrter Blutungsneigung.

Beides sind nichtinvasive Schnittbildverfahren, welche die Beurteilung sowohl intraluminale als auch (im Gegensatz zur DSA) extraluminale Veränderungen von Gefäßen erlauben. Es kann also wie bei der Duplexsonographie die wahre Größe des Aneurysmasackes inkl. Wandthrombosierung und nicht nur das durchströmte Lumen bestimmt werden [65, 115]. Außerdem erhält man einen Überblick über die, die A. poplitea umgebenden anatomischen Strukturen [17].

Allerdings weisen auch diese Methoden Nachteile und Kontraindikationen auf, welche unter 3.3.2.2 und 3.3.2.3 näher erläutert werden.

2.8 Therapie

Als Therapieoptionen des PAs stehen zum einen ein konservatives Therapieregime und zum andern eine Operation oder ein interventioneller Eingriff zur Verfügung.

Im Folgenden sollen die verschiedenen Möglichkeiten näher erläutert werden.

2.8.1 Operationsindikation

Eine klare Operationsindikation stellt zweifelsfrei ein symptomatisches PA unabhängig von seiner Größe dar [38, 84, 100, 105].

Des Weiteren hat man sich in der Literatur weitgehend geeinigt, dass auch ein asymptomatisches PA ab einem Durchmesser von 2 cm [6, 49, 66, 84, 100, 104, 105] oder bei vorliegender Wandthrombosierung [6, 49, 104, 112] operativ behandelt werden sollte.

Es existieren allerdings auch einige andere Meinungen zur OP-Indikation bei asymptomatischen PAs, welche später näher erläutert werden.

Letzten Endes gilt es aber ohnehin für jeden Patienten ganz individuell abzuwägen, ob die zu erwartende Komplikationsrate bei einer prophylaktischen Operation größer wäre als diejenige bei einem abwartenden Beobachten oder ob eventuell ein endovaskulärer Eingriff eine erfolgsversprechende Alternative darstellen könnte. Diese Überlegungen sollten vor allem im Hinblick auf den Allgemeinzustand des Patienten, seine Lebenserwartung, Begleiterkrankungen und das Narkoserisiko erfolgen [20, 38, 73, 98, 105, 114].

2.8.2 Operative Therapie

Die übliche operative Therapie eines PAs besteht aus der Anlage eines popliteal-poplitealen (= supra – infragenual = PI - PIII) oder eines femoro - poplitealen Bypasses und zusätzlich aus der Ausschaltung des PAs durch proximale und distale Ligatur [39]. Zur Schonung von umgebenden Strukturen (z. B. N. tibialis, V. poplitea) wird das PA meistens in situ belassen [19, 89].

Aufgrund der Überbrückung des Kniegelenks ist der Goldstandard des Bypassmaterials eine Vene (meist Vena saphena magna). Steht kein passendes venöses Gefäß zur Verfügung kann alternativ eine ringverstärkte PTFE-Prothese verwendet werden [56, 115]. Diese liefert allerdings schlechtere Ergebnisse als ein venöses Interponat [56].

2.8.3 Interventionelle Therapie

Unter der interventionellen Therapie des PAs versteht man das Einbringen eines gecoverten Stents in die A. poplitea. Diese Therapie des PAs ist bis heute umstritten.

Einerseits könnte sie zwar (vor allem für Patienten mit einem hohen Narkoserisiko) als Alternative zur Operation angesehen werden, da sie minimalinvasiv ist, den Bedarf an Blutkonserven senkt, nur Lokalanästhesie erfordert und mit einer niedrigeren Morbidität verbunden ist [43, 75].

Andererseits weist sie aber auch einige gravierende Nachteile auf. Dazu zählen u. a. die Gefahr der Stentmigration, der Stentfraktur und der Stentstenose [109]. Dieses Problem kommt dadurch zustande, dass die Stents in einem komplexen Bewegungssegment platziert werden, in welchem sie bei Kniebeugung bis zu 120° abgeknickt und gestaucht werden und bei Kniestreckung in die Länge gezogen werden [68]. Des Weiteren existieren zahlreiche Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit ein Stent überhaupt implantiert werden kann (s. 5.6).

Ein großes Manko ist außerdem, dass bis heute nur wenig Erfahrung und Langzeitergebnisse vorliegen [3, 109] und die veröffentlichten Studien meist nur aus einem sehr kleinen Patientenkollektiv oder aus Einzelfallberichten bestehen [1, 70, 94].

2.8.4 Konservative Therapie

Wie unter 2.8.1 bereits erwähnt, ist es legitim ein asymptomatisches PA < 2 cm ohne Wandthrombosierung konservativ zu behandeln.

Hierbei ist allerdings die Wachstumsrate eines PAs zu beachten, welche abhängig vom Durchmesser ist. So beträgt die jährliche Wachstumsrate für ein PA < 2 cm 1,5 mm, mit 3,0 mm Wachstum pro Jahr muss bei einem Durchmesser von 2 – 3 cm gerechnet werden und bei einem PA > 3 cm vergrößert sich der Durchmesser jährlich um 3,7 mm. Des Weiteren stellten Pittathankal et al. in ihrer Studie fest, dass die jährliche Wachstumsrate bei Patienten mit Hypertonie signifikant größer ist als bei Patienten ohne Hypertonie [83].

Beachtet man diese Wachstumsraten und die Tatsache, dass ab einem PA-Durchmesser von 2 cm eine elektive Operation in Betracht gezogen werden sollte, so ergeben sich folgende Zeitintervalle für Verlaufskontrolluntersuchungen: Für einen Durchmesser < 17 mm empfehlen Pittathankal et al. eine jährliche Duplexkontrolle; bei einem Diameter > 17 mm befürworten sie Kontrollen im Abstand von sechs Monaten [83].

Um ischämischen Komplikationen im Verlauf weitgehend vorzubeugen, sollte bei allen konservativ behandelten Patienten eine Antikoagulation mit einem Vitamin-K-Antagonisten erfolgen; bei bestehenden Kontraindikationen mit einem Thrombozytenaggregationshemmer. Dies gilt sowohl für diejenigen Patienten mit einem asymptomatischen PA < 2 cm, als auch für jene mit größeren Aneurysmen, aber Kontraindikationen für eine Operation [104].

Eine Gegenanzeige für die operative Aneurysmaausschaltung ist beispielsweise fehlende Narkosefähigkeit aufgrund von Multimorbidität. Des Weiteren kann kein Bypass angelegt werden, wenn nicht mindestens eine der drei großen Unterschenkelarterien durchgängig ist und somit als distales Anschlussgefäß für den Bypass dienen kann.

Bei konservativ behandelten Patienten mit Claudikationssymptomatik ist außerdem ein intensives Gehtraining zu befürworten, damit so viele Kollateralgefäße wie möglich erhalten bleiben [115] und sich neue bilden.

2.9 Eigene Fragestellung

In dieser Arbeit sollten zum einen das Risikoprofil von Patienten mit PA und zum andern verschiedene Aspekte der Therapie und des Langzeitverlaufs des PAs anhand eines Patientenkollektivs retrospektiv untersucht und mit Ergebnissen aus der Literatur verglichen werden.

Eine wichtige Fragestellung, die es hierbei zu beantworten galt, war u. a. die Gewichtung der unterschiedlichen Behandlungsstrategien (konservativ, operativ, interventionell) in der Gefäßchirurgie.

Bei den operierten Patienten war vor allem der direkte Vergleich zwischen Patienten mit elektiver und denjenigen mit Notfalloperation von besonderem Interesse. So wurden diese beiden Gruppen hinsichtlich unterschiedlicher Parameter direkt gegenübergestellt. Dazu gehörte u. a. das Outcome der Patienten speziell im Hinblick auf Bypassverschlüsse und Amputationen. Hierzu erfolgte sowohl eine Analyse des perioperativen als auch des Langzeitverlaufs. Bei den durchgeführten Nachuntersuchungen wurde außerdem besonderen Wert auf den Durchmesser der kontralateralen A. poplitea und anderer Arterien im Bauch-/Becken-/Beinbereich gelegt.

Dieser Punkt war auch bei allen Untersuchungen der Patienten mit konservativem Therapieregime von Bedeutung. Von noch größerer Wichtigkeit war bei diesem Patientengut aber natürlich die Frage, ob der PA-Durchmesser und/oder die Wandthrombosierung im Laufe der Zeit zugenommen haben.

Ziel der hier vorliegenden Arbeit war somit die Diskussion der bis heute umstrittenen Frage, ab welchem Durchmesser ein asymptomatisches PA operiert werden sollte. Ist es sinnvoller abzuwarten, bis es symptomatisch wird oder ist es besser prophylaktisch zu operieren? Bei welchem Vorgehen ist die Komplikationsrate höher und das Outcome des Patienten schlechter und welche Parameter können helfen, sich für die „richtige“ Verfahrensweise zu entscheiden?

3 Material und Methodik

3.1 Patientenkollektiv

Zwischen Januar 2003 und August 2008 wurden in der Klinik für Allgemeine Chirurgie, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes insgesamt 34 Patienten mit 45 Poplitealaneurysmen (PAs) und zwei Ektasien der Poplitealarterie behandelt.

In die Untersuchung wurden Patienten mit notfallmäßiger und elektiver OP-Indikation sowie Patienten mit konservativem Therapieregime aufgenommen.

Zu den elektiv operierten Patienten gehörten diejenigen, die aufgrund eines asymptomatischen oder eines symptomatischen PAs, allerdings ohne akute Ischämie der Extremität (Beurteilung anhand der pAVK-Stadien), planmäßig nach allen notwendigen Voruntersuchungen mit einem Bypass versorgt wurden.

Unter den notfallmäßig aufgenommenen Patienten wurden all diejenigen zusammengefasst, welche mit einer akuten Ischämie des Beines in der Ambulanz vorstellig wurden und nach minimal notwendiger Diagnostik sofort zur Bypassanlage in den OP gebracht wurden sowie diejenigen, welche primär lysiert, vollheparinisiert oder mit Prostavasin behandelt wurden und nach weiterer Diagnostik einige Tage später frühelektiv mit einem Bypass versorgt wurden. Des Weiteren wurden hierzu diejenigen Patienten gezählt, bei denen primär aufgrund einer akuten Ischämie des Beines lediglich eine Embolektomie durchgeführt wurde, da die Diagnose PA zum Zeitpunkt der Operation noch nicht bekannt war. Diese Patienten wurden dann letztendlich einige Wochen später elektiv mit einem Bypass versorgt.

Die letzte Gruppe waren die konservativ behandelten Patienten. Zu ihnen gehörten zum einen alle Patienten mit einem PA oder einer Poplitealektasie, deren Durchmesser ein abwartendes Beobachten noch erlaubte und zum andern diejenigen mit einem komplett thrombosierten PA, bei denen eine Bypassanlage aufgrund fehlender peripherer Anschlussmöglichkeit nicht möglich erschien. Weiterhin wurden zu dieser Gruppe Patienten gezählt, die trotz eindeutiger OP-Indikation eine Operation ablehnten oder nicht zur OP erschienen sind.

Ausgewählt wurden die Patienten alle aus der Datenbank der Klinik für Allgemeine Chirurgie, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie des Universitätsklinikums des

Saarlandes anhand von ICD -10-GM-Codes und einer OPS-Ziffer der Versionen aus 2008.

ICD-10-GM ist die Abkürzung für „International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems“, wobei die Zahl 10 für die 10. Revision der Klassifikation und GM für German Modification steht. Sie dient sowohl im ambulanten als auch im stationären Bereich der Verschlüsselung von Diagnosen. Im Kapitel IX, welches mit I 00 – I 99 gekennzeichnet ist, werden die Krankheiten des Kreislaufsystems kodiert.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Patienten anhand folgender Ziffern aus der Datenbank ausgewählt:

I 72.4 Aneurysma einer Arterie der unteren Extremität,

I 72.8 Aneurysma sonstiger näher bezeichneter Arterien,

I 72.9 Aneurysma nicht näher bezeichneter Lokalisation,

I 74.3 Embolie und Thrombose der Arterien der unteren Extremitäten

Der oben erwähnte OPS (Operations- und Prozedurenschlüssel) dient der Verschlüsselung von Operationen und Prozeduren. Im Kapitel 5 des OPS werden alle Operationen und unter 5-38...5-39 speziell die Operationen an den Blutgefäßen kodiert.

Hier wurde folgende Ziffer verwendet:

5-393.54 Anlegen eines anderen Shuntens und Bypasses an Blutgefäßen femoropopliteal, unterhalb des Kniegelenkes.

[24, 25]

3.2 Erhobene Daten

Retrospektiv wurden sowohl die stationären als auch die Ambulanzakten inkl. Duplex- und Angiographiebefunden ausgewertet.

Im Folgenden werden die erhobenen Daten näher erläutert:

Zum einen wurden persönliche Daten wie Name, Geburtsdatum, OP- bzw. Untersuchungsdatum und Alter bei OP bzw. Untersuchung erfasst. Gewicht, Körpergröße, Body-Mass-Index (BMI), Nikotinabusus und relevante Vorerkrankungen waren weitere wichtige Informationen, die aus den Akten gewonnen wurden.

Zu den 19 erfassten Vorerkrankungen gehörten Herz-Kreislaufferkrankungen wie die arterielle Hypertonie (aHT), die koronare Herzkrankheit (KHK), die Herzinsuffizienz,

Arrhythmien und ein Myokardinfarkt in der Anamnese. Des Weiteren wurden Stoffwechselkrankheiten wie Diabetes mellitus (D. m.), Hyperurikämie, Fettstoffwechselstörungen und Präadipositas (BMI von 25-29,9 kg/m²) bzw. Adipositas (BMI \geq 30 kg/m²) mit berücksichtigt. Wichtige miterfasste Gefäßerkrankungen waren die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK), die Karotisstenose bzw. der Karotisverschluss und ein Apoplex, ein akuter arterieller Verschluss im Becken-Bein-Bereich oder eine tiefe Beinvenenthrombose (TVT) in der Anamnese. Zusätzlich wurden Gerinnungsstörungen, Nierenfunktionsstörungen (nicht dialysepflichtig), eine chronisch obstruktive Bronchitis (COPD) und Malignome jeglicher Lokalisation mit berücksichtigt.

Weitere erfasste Daten waren vorangegangene Operationen bzw. interventionelle Eingriffe an Gefäßen (Bein, Aorta, Herz), anderweitige Aneurysmen insbesondere auch der gegenseitigen Arteria poplitea und die Symptomatik der Poplitealaneurysmen anhand der pAVK-Stadien.

Zudem wurden präoperative Untersuchungsbefunde sowie der peri- und postoperative Verlauf ausgewertet.

Präoperativ wichtige Daten waren die Aneurysmagröße, der Thrombosierungsgrad des Aneurysmas, die Durchblutungssituation des gesamten Beines, die Runoff-Gefäße (Anzahl der durchgängigen Unterschenkelarterien), der Knöchel-Arm-Quotient und die Antwort auf die Frage, ob das PA bereits in die Peripherie embolisiert hat oder rupturiert ist. Diese Daten wurden anhand von Befunden der Doppler- und Duplexsonographie sowie der Angiographie gewonnen. Des Weiteren wurde in der Auswertung vermerkt, ob bei dem Patienten ein Lyse oder eine anderweitige präoperative Therapie (z. B. mit Prostvasin oder Heparin) durchgeführt wurde.

Bei der Operation selbst waren die OP-Art und das verwendete Bypassmaterial von Interesse.

Zum perioperativen und längerfristigen postoperativen Verlauf wurden die Krankenhausaufenthaltsdauer, die postoperative Antikoagulation, Komplikationen sowie Doppler- und Duplexbefunde (soweit vorhanden) ausgewertet. Die miterfassten perioperativen Komplikationen (\leq 30 Tage nach der PA-Ausschaltung) wurden in Minor- und Majorkomplikationen unterteilt. Zu den Minorkomplikationen wurden alle unerwünschten Ereignisse gezählt, welche keiner operativen Therapie bedurften (Wundheilungsstörung, Lymphödem, Lymphfistel, Reperfusionsoedem). Im

Gegensatz dazu bedeutete Majorkomplikation, dass eine Komplikation vorlag, welche für den Patienten bedrohlich war und/oder eine operative Therapie erforderlich machte (Bypassverschluss inkl. Thrombektomie, Hämatomausräumung, Bypassrevisions-OP, Kompartmentsyndrom, Sepsis, Amputation, Tod). Wichtige längerfristige Komplikationen (> 30 Tage nach Operation) waren der Bypassverschluss mit oder ohne Thrombektomie, das Anastomosenaneurysma, die Re-OP wegen Größenzunahme des Aneurysmasackes, die Bypassneuanlage und die Amputation.

Bei den Amputationen wurde zwischen Minor- und Majoramputation unterschieden, wobei die Minoramputation als Amputation bis unterhalb der Knöchelregion, d. h. Zehen- und Vorfußamputation definiert wurde und die Majoramputation als Amputation oberhalb der Knöchelregion [22].

Bypassverschlüsse wurden zum einen in der primären und zum anderen in der sekundären Bypassoffenheitsrate verrechnet. Die primäre Offenheitsrate bezeichnete hierbei diejenigen Bypässe, welche ohne jegliche Reintervention offen blieben. Im Gegensatz dazu schloss die sekundäre Offenheitsrate auch diejenigen Bypässe ein, welche ein oder mehrere Male verschlossen waren, durch eine bzw. mehrere Operationen bzw. Interventionen allerdings wieder eröffnet werden konnten.

Um den Langzeitverlauf sowohl der operierten als auch der konservativ behandelten PAs beurteilen zu können, wurden alle noch lebenden Patienten zu einer Nachuntersuchung in die Klinik für Allgemeine Chirurgie, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes bzw. zu einem niedergelassenen Angiologen einbestellt. Hierbei wurden neben einer Anamnese und einer körperlichen Untersuchung auch eine Doppler- und eine Duplexsonographie durchgeführt. Diese Untersuchungen dienten zum einen der Verlaufskontrolle der operierten Seite und zum anderen der Beurteilung der kontralateralen A. poplitea sowie des restlichen Gefäßsystems der Extremitäten, des Beckens und des Abdomens.

Da zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen bereits 6 Patienten verstorben waren und 3 Patienten trotz intensiver Bemühungen als lost to follow-up galten, konnten 25 Patienten in die Nachuntersuchung eingeschlossen werden. Die Todesursache bei den verstorbenen Patienten war in zwei Fällen ein Bronchialkarzinom, ein Patient starb während eines Klinikaufenthalts an septischem Herz-Kreislaufversagen infolge von multifokalen Infektionsherden (infektexazerbierte COPD, GI-Blutung, Gastritis,

Magenkarzinom, Refluxösophagitis und Erysipel) und ein anderer Patient starb am dritten Tag nach der Operation seines PAs an kardiovaskulärem Versagen. Bei zwei Patienten konnte die Todesursache nicht ermittelt werden.

3.3 Geräte, Diagnostik

3.3.1 Sonographie

Die Sonographie ist ein diagnostisches Verfahren, welches auf der Aussendung von hochfrequenten Ultraschallwellen (3-10 MHz) beruht. Die Erzeugung dieser Wellen beruht technisch gesehen auf dem Anlegen einer Wechselspannung an Keramiken oder bestimmte Kristalle (im Ultraschallkopf), welche daraufhin durch Verformung Schallwellen einer bestimmten Wellenlänge generieren.

Die so erzeugten Ultraschallwellen sind in der Lage biologisches Gewebe zu durchdringen und werden an Grenzflächen unterschiedlicher Dichte (wegen des ungleichen Gewebewiderstandes) ganz oder teilweise reflektiert. Diese reflektierten Schallwellen werden dann wieder von Keramiken bzw. Kristallen im Schallkopf empfangen und in elektrische Energie umgewandelt, aus welcher durch elektronische Verarbeitung ein Bild erzeugt wird.

Da die Fortleitung von Ultraschallwellen durch Luft nur sehr schlecht möglich ist, muss die Ankopplung des Schallkopfes an die Haut mittels Sonographiegel erfolgen. Zur Wahl des richtigen Schallkopfes ist es außerdem wichtig zu beachten, dass Detailauflösung und Eindringtiefe frequenzabhängig sind. Und zwar gilt: Je höher die Frequenz (in MHz), desto besser ist die Auflösung und desto schlechter die Eindringtiefe.

[36, 93, 102]

3.3.1.1 Dopplersonographie

Die Dopplersonographie ist u. a. sehr gut geeignet zur Messung des Blutflusses in Gefäßen.

Das Prinzip ist der so genannte Doppler-Effekt (eine grundlegende Eigenschaft von Wellen). Bei ruhenden Medien besitzen die ausgesandten und reflektierten Schallwellen die gleiche Frequenz. Stoßen die Ultraschallwellen allerdings auf eine sich im Verhältnis zur Sonde bewegende Grenzfläche (z. B. fließendes Blut), so

kommt es zu einer Frequenzänderung des reflektierten Strahls im Verhältnis zur gesendeten Frequenz (= Doppler-Effekt). Ist die Bewegung auf den Schallkopf zu gerichtet, so erhöht sich die Frequenz; ist sie vom Schallkopf weggerichtet, so erniedrigt sie sich. Diese Frequenzänderung wird gemessen und je nach Signalverarbeitung als akustisches Signal, als Analogkurve oder farbkodiert dargestellt.

In der Diagnostik des PAs dient die Dopplersonographie v. a. zum Nachweis eines Blutflusses in den peripheren Extremitätenarterien und zur nichtinvasiven systolischen Blutdruckmessung durch Verschlussdruckmessung.

Die genannte Dopplerverschlussdruckmessung wird am liegenden Patienten nach 10- bis 15-minütiger Ruhepause durchgeführt. Hierbei erfolgt mithilfe einer Blutdruckmanschette am distalen Unterschenkel die Messung der Verschlussdrücke über der A. tibialis posterior und der A. dorsalis pedis beidseits. Diese geben Auskunft über den systolischen Blutdruck (SBD) auf Höhe der Blutdruckmanschette [36, 88, 93, 102].

Nach zusätzlicher Messung der Drücke beider Aa. brachiales kann der so genannte Knöchel-Arm-Index (ABI) berechnet werden. Dieser Wert gibt relativ zuverlässig Auskunft über das Vorhandensein einer pAVK. Er kann auf unterschiedliche Arten berechnet werden. Manche Autoren verwenden zur Berechnung den höchsten, manche den niedrigsten Knöcheldruck jedes Beines. Den ABI erhält man, indem man den erhaltenen Knöcheldruck durch den mittleren bzw. höchsten (bei einer Differenz beider Brachialisdrücke ≥ 10 mm Hg) Brachialisdruck dividiert [27, 42]. In der hier vorliegenden Arbeit wurden zur Berechnung des ABI jeweils die niedrigsten Knöcheldrücke jedes Beines benutzt.

Physiologisch ist ein Wert zwischen 0,91-1,30, da der SBD in der unteren Extremität beim liegenden Patienten normalerweise zumindest rund 10 % höher als der SBD der A. brachialis ist (wegen Pulswellenreflexion). Liegt der ABI zwischen 0,41 und 0,90, so leidet der Patient an einer milden bis mäßigen pAVK. Ab 0,40 und darunter ist von einer schweren pAVK auszugehen. Liegt der ABI im Gegensatz dazu weit über dem normalen Wert ($\geq 1,31$), können verschiedene Ursachen zugrunde liegen. Dazu zählen beispielsweise die Mediasklerose (bei Diabetes mellitus oder dialysepflichtiger Niereninsuffizienz) mit Inkompressibilität der Arterie, Weichteilveränderungen, kurzzeitige Blutdruckschwankungen oder Arrhythmien,

kalzifizierte Arterien bei sehr alten Menschen, willkürliche Muskelanspannungen oder die Wahl der falschen Manschettenbreite bzw. der zu lockere Sitz der Manschette [21, 27, 28, 54, 88].

3.3.1.2 Duplexsonographie

Bei der Duplexsonographie wird die im vorangehenden Abschnitt erläuterte Dopplersonographie mit dem so genannten B-Mode-Verfahren kombiniert. Dieses B-Bild (B für brightness = Helligkeit) stellt ein zweidimensionales Schnittbild dar, welches entsteht, indem unterschiedliche Echointensitäten (nach elektronischer Verarbeitung) als Bildpunkte unterschiedlicher Helligkeitsstufen (und Grauwertstufen) dargestellt werden [102]. Durch die Verbindung dieses B-Bildes mit der Dopplersonographie erhält man also ein kombiniertes Bild, welches bildgebende und flussmessende Signale kombiniert [36].

Eine noch exaktere Aussage über relevante Läsionen und deren Schweregrad (z. B. Stenosen, Aneurysmen) ist mithilfe der farbkodierten Duplexsonographie (FKDS) möglich [36]. Hierbei wird die Frequenzänderung, die durch den sich bewegenden Blutstrom zustande kommt, in Abhängigkeit von Strömungsrichtung und Geschwindigkeit elektronisch mit unterschiedlichen Farben belegt und innerhalb eines B-Bildes dargestellt. Die Farbgebung ist dabei meistens so definiert, dass rote Farbe eine Bewegung zum Schallkopf hin und blaue Farbe eine Bewegung vom Schallkopf weg bedeutet [8, 93]. Innerhalb eines Aneurysmas ist die Farbbelegung in der FKDS aufgrund des turbulenten Blutstroms mehrfarbig bis bunt [92].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Untersucher bei der FKDS drei Informationen gleichzeitig erhält. Erstens Informationen über die Morphologie (Gefäßweite, -inhalt, Wandstruktur) mithilfe des B-Bildes, zweitens über den zeitlichen Verlauf der Strömungsgeschwindigkeit in einem Gefäß durch die Spektralanalyse und drittens über die lokale Verteilung von Strömungsrichtung, -störungen und -geschwindigkeit dank der Farbkodierung [93].

3.3.2 Angiographie

Als Angiographie bezeichnet man die röntgenologische Darstellung der Blutgefäße nach Kontrastmittelinjektion (KM-Injektion).

3.3.2.1 DSA (digitale Subtraktionsangiographie)

Bei der digitalen Subtraktionsangiographie werden die durch eine Röntgenröhre aufgenommenen Bilder nach KM-Gabe digitalisiert und von einem zuvor aufgezeichneten Nativbild (ohne KM) abgezogen. Auf diese Weise wird eine überlagerungsfreie Darstellung der Gefäße ohne allzu großen Kontrastmitteleinsatz erreicht. Die Injektion des jodhaltigen KM erfolgt nach Direktpunktion der A. femoralis communis und darauf folgender perkutaner Katheterinsertion. Dieser Katheter wird bis in die infrarenale Aorta vorgeschoben, woraufhin das KM mit Hilfe einer Hochdruckspritze injiziert wird. Somit können die Arterien von der Beckenregion bis zum Fuß dargestellt werden.



Abbildung 1: DSA – Aufnahme bei Vorliegen eines PAs

Die Kontraindikationen für eine DSA wurden unter 2.7.3. bereits erwähnt. Als Komplikationen können neben Nachblutungen, arteriovenösen Fisteln, einem Aneurysma spurium in der Leiste, arteriellen Embolien oder einer Dissektion, auch eine anaphylaktische Reaktion oder ein akutes Nierenversagen auftreten [36, 45].

3.3.2.2 CT-Angiographie

Die ebenfalls auf der Verwendung von Röntgenstrahlen beruhende CT-Angiographie stellt ein Schnittbildverfahren dar, welches die 3-dimensionale Rekonstruktion des Gefäßsystems der Beine ermöglicht. Diese Rekonstruktion beruht auf der Verwendung eines Mehrzeilencomputertomographen, welcher im Abstand von 2 - 5 mm Querschnittsbilder von der gesamten zu untersuchenden Region anfertigt. Die Kontrastmittelinjektion erfolgt intravenös als Bolus in eine Armvene.

Als Vorteile sind bei dieser Methode ganz klar die Nichtinvasivität, die kurze Untersuchungszeit und die Möglichkeit der Darstellung sowohl intra- als auch extraluminaler Gefäßveränderungen (im Gegensatz zur DSA) zu nennen. Nachteilig sind die Strahlenbelastung und die hohen Kontrastmittelmengen, die benötigt werden. Aufgrund der Verwendung eines jodhaltigen Kontrastmittels gelten hier ähnliche Kontraindikationen wie bei der DSA (Kontrastmittelallergie, schlechte Nierenfunktion, Hyperthyreose) [33, 88].

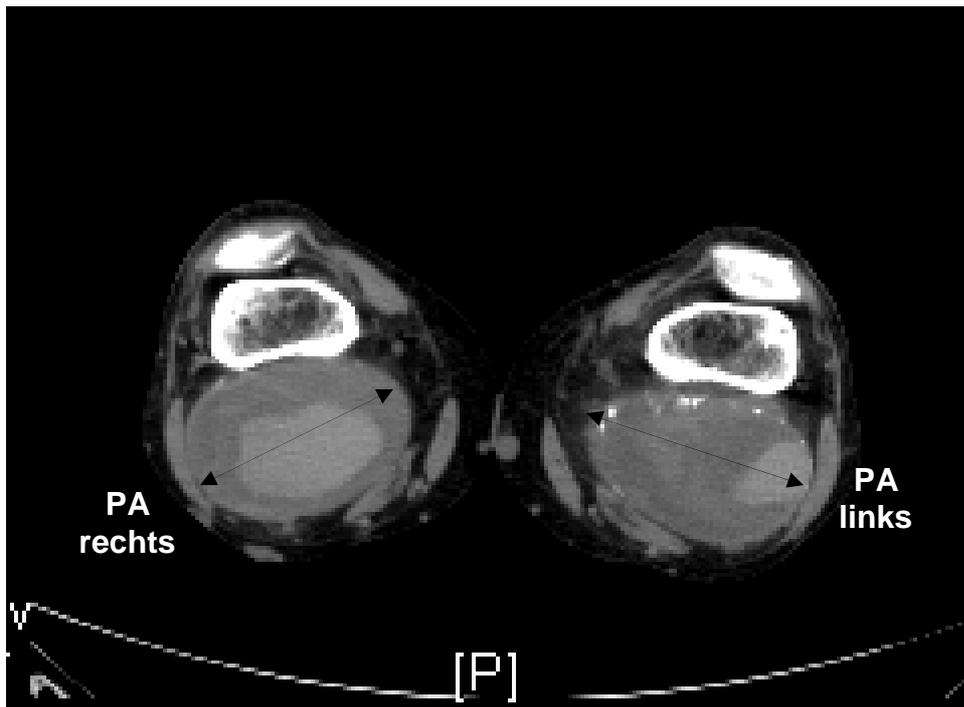


Abbildung 2: CT- angiographische Aufnahme von zwei großen teilthrombosierten PAs (rechts 8,2 cm, links 7,3 cm)

3.3.2.3 MR-Angiographie

Das Prinzip der MR-Angiographie beruht auf der Auslenkung des Kernspins der zahlreichen Wasseratome im menschlichen Körper in einem starken Magnetfeld und deren anschließender Reaktion auf eine externe Hochfrequenzstrahlung. Hierbei wird die Energie gemessen, welche bei der Relaxation des Kernspins durch den Hochfrequenzimpuls als elektromagnetische Wellen frei wird. Mittels Computer werden zahlreiche Schnittbilder und zwei- bzw. dreidimensionale Rekonstruktionen berechnet, auf denen der Gefäßverlauf ähnlich gut wie bei einer DSA dargestellt wird. Die KM-Applikation erfolgt auch hier (wie bei der CT-Angiographie) intravenös in eine Armvene [36].

Vorteile der MR-Angiographie sind die Nichtinvasivität, die fehlende Strahlenbelastung und das gut verträgliche Kontrastmittel (Gadolinium-Chelate), auf welches die Patienten nur sehr selten allergisch reagieren und welches kaum nephrotoxisch wirkt. Lange Zeit dachte man sogar, dass Gadolinium-Chelate gar nicht nierenschädigend wirken. Dies änderte sich, als Fälle der nephrogenen systemischen Fibrose nach Applikation von Gadolinium-haltigem KM bei schwer niereninsuffizienten Patienten bekannt wurden. Von daher sind auch vor der Verabreichung von MR-Kontrastmittel die Nierenwerte des Patienten zu prüfen [9, 36]. Nachteilig an der MR-Angiographie sind die zahlreichen im Folgenden genannten Kontraindikationen und die lange Untersuchungszeit unter engen Platzverhältnissen.

Kontraindikationen für eine Magnetresonanzuntersuchung sind u. a. Herzschrittmacher, Cochlea-Implantate, Intrauterinspiralen, Neurostimulatoren, Granatsplitter und Klaustrophobie [36].

3.4 Therapie

3.4.1 Operative Therapie

Die operative Therapie eines PAs beinhaltet die Ausschaltung des Aneurysmas durch Ligatur und Anlage eines Venen- oder eines ringverstärkten PTFE- Bypasses. Der Zugang bei der Operation erfolgt entweder von medial oder von dorsal.

3.4.1.1 Medialer Zugang

Der mediale Zugang ist der am häufigsten verwendete Zugangsweg und sehr gut für große Aneurysmen geeignet. Hierbei wird das Kniegelenk in Rückenlage des Patienten um 30° abgewinkelt. Die Schnitte werden mediallyseitig ober- und unterhalb (Szilagyi-Inzision) des Kniegelenks gesetzt. Daraufhin folgen das Durchtrennen des Subkutangewebes und das Eröffnen der Faszie.

An der oberen Inzision gelangt man durch Abdrängen des M. vastus medialis und des M. sartorius zum proximalen Teil der A. poplitea. Das P III-Segment (distale A. poplitea) erreicht man über die untere Inzision, indem man den medialen Schenkel des M. gastrocnemius nach distal zieht und den M. soleus abdrängt.

Nach einer systemischen Bolusgabe von 5000 Einheiten Heparin bzw. 100 Einheiten pro kg Körpergewicht (zur Vermeidung einer Thrombose im abgeklemmten Stromgebiet) wird die A. poplitea im P III- Segment mittels einer Overholt-Klemme abgeklemmt, nach zentral hin durchtrennt und mit einer nichtresorbierbaren Umstechungsligatur versorgt. Nun folgt die End-zu-End-Anastomose der abgesetzten Arterie mit der zuvor entnommenen, in reversed-Technik angebrachten Vene bzw. mit einem ringverstärkten PTFE- Bypass (beides jeweils angeschrägt). Im Anschluss an die Dichtigkeitsprüfung der distalen Anastomose wird das Interponat nach zentral vorgeschoben. Hier erfolgt wiederum ein Abklemmen und Absetzen der A. poplitea (jetzt im P I- Segment) mit darauf folgender Umstechungsligatur. Als nächstes wird die proximale Anastomose angefertigt und der Bypass mit Heparinlösung gefüllt. Herrscht nach Freigabe des Blutstroms Bluttrockenheit, so erfolgt die Faszien-, Subkutan- und Hautnaht [19, 115].

Alternativ zur Verwendung einer Vene in reversed-Technik als Interponat, kann die Vene auch orthograd eingesetzt oder in situ belassen werden. Bei beiden Verfahren ist zwingend eine Valvulotomie (Zerstörung der Venenklappen) notwendig, welche aufgrund des benötigten Valvulotoms kostspielig ist.

Das PA an sich wird, wie oben beschrieben, nicht entfernt, sondern lediglich ausgeschaltet. Denn meistens sind die umgebenden Strukturen (V. poplitea, N. tibialis) so stark mit dem Aneurysmasack verwachsen, dass durch eine Freipräparation Verletzungen auftreten können [19].

Liegt ein Aneurysma vor, welches nicht auf die A. poplitea begrenzt ist, sondern auch die A. femoralis superficialis betrifft, kann nicht wie geschildert ein supra-infragenualer Bypass erstellt werden. In diesem Fall muss das Aneurysma mittels

eines langen femoro-poplitealen Bypasses ausgeschaltet werden, wozu eine zusätzliche Inzision in der Leiste notwendig ist. Hierbei sollte das aneurysmatisch erweiterte Gefäß auf mehreren Ebenen ligiert werden, um die oft sehr stark ausgeprägten Kollateralgefäße auszuschalten [115].

3.4.1.2 Dorsaler Zugang

Der dorsale Zugang ist besonders für kleine, auf die Fossa poplitea begrenzte PAs geeignet.

Der Patient liegt hierzu in Bauchlage und es erfolgt eine S-förmige Inzision (von lateral oben quer durch die Kniekehle nach medial unten). Daraufhin folgen die Durchtrennung des Subkutangewebes und die Eröffnung der Faszie zwischen den beiden Muskelköpfen. Hierdurch liegt die Kniekehle mit ihrem Gefäßnervenbündel und dem umgebenden Fettgewebe frei.

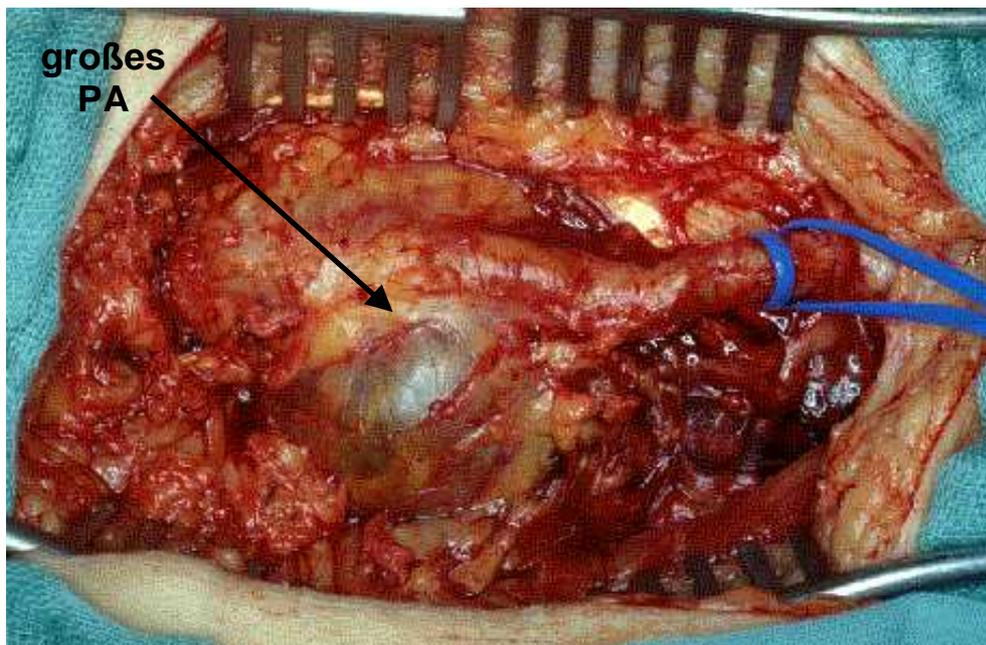


Abbildung 3: Intraoperative Aufnahme mit angeschlungener A. poplitea und großem PA

Bei der Freipräparation der A. und V. poplitea muss sorgfältig auf die Schonung des oberflächlich liegenden N. suralis und des tief liegenden N. tibialis geachtet werden. Nach einer Bolusgabe Heparin (Dosierung wie beim medialen Zugang) erfolgt die Abklemmung der Arterie und die Eröffnung des Aneurysmasackes mittels Längsinzision.

In Abhängigkeit vom Befund wird das Aneurysma teilweise oder komplett (nur bei kleinem Durchmesser) reseziert und Arterienabgänge ggf. von innen ligiert.

Daraufhin wird das Venen- oder PTFE- Interponat mittels End-zu-End-Anastomosen eingenäht. Nach erfolgreicher Dichtigkeitsprüfung erfolgt das Zunähen der Faszie, Subkutis und Haut [19, 115].

3.4.1.3 Venenentnahme

Im Allgemeinen wird die V. saphena magna als Interponat verwendet. Alternativ können auch die V. cephalica, V. basilica oder die V. saphena parva benutzt werden. Diese weisen allerdings meist einen deutlich kleineren Durchmesser und schlechtere Langzeitergebnisse auf [64].

Um festzustellen, ob die Venen eines Patienten für einen Bypass geeignet sind, sollte präoperativ immer eine Duplexsonographie des venösen Systems der Beine durchgeführt werden [115]. Hierbei muss außerdem darauf geachtet werden, ob das tiefe Venensystem auf der Seite, auf der die Vene entnommen werden soll, frei ist und somit einen ausreichenden Abfluss auch nach einer oberflächlichen Venenentnahme gewährleisten kann.

Die Entnahme erfolgt vor der oben genannten systemischen Heparinisierung, indem die Vene über die gesamte benötigte Länge freipräpariert wird. Seitäste werden nach peripher mit einem Clip versorgt und nach zentral ligiert. Nach dem proximalen und distalen Absetzen wird die entnommene Vene mit Heparin- Lösung durchgespült und auf Dichtigkeit geprüft.

Zur Anastomosierung wird sie (genau wie die Arterie) an beiden Enden angeschrägt und in reversed-Technik bzw. orthograd nach Valvulotomie mittels Einzelkopfnah mit der Arterie verbunden. Hierbei ist es wichtig genauestens darauf zu achten, dass die Vene nicht in sich verdreht ist.

3.4.1.4 Embolektomie

Da ein PA oft mit peripheren Embolien einhergeht oder intraoperativ durch Manipulation kleine Emboli in die Abstrombahn eingeschwemmt werden, ist es häufig nötig vor Fertigstellung der distalen Anastomose eine Embolektomie durchzuführen. Hierzu wird ein so genannter Fogarty-Katheter (Ballonkatheter) in die Arterie eingebracht und bis über den Verschluss in der Ausstrombahn vorgeschoben. Der Embolus wird schließlich durch Aufblähen des Ballons und darauf folgendem Zurückziehen entfernt. Um den Interventionserfolg zu prüfen ist es wichtig, am Ende eine Röntgenkontrolle mit KM-Applikation durchzuführen. Hierbei muss mindestens

ein arterielles Unterschenkelgefäß offen zur Darstellung kommen, um die Operation beenden zu können.

Dieses Verfahren kommt bei akuten embolischen Verschlüssen unabhängig von der Genese oder wie hier beschrieben als Zusatz bei der PA-Ausschaltung zum Einsatz [36].

3.4.2 Postoperatives Management

Postoperativ werden die Patienten (meist für einen Tag) zur Überwachung auf die Intensivstation oder die intermediate care verlegt. Es wird eine Vollheparinisierung mit einer PTT von 60-80 Sekunden angestrebt, wozu engmaschige G-Status-Kontrollen durchgeführt werden müssen. Des Weiteren ist es wichtig, dass der Patient das operierte Bein für ca. 10 Tage nicht maximal beugt, weshalb es in einer Schiene gelagert werden kann.

Ab dem dritten postoperativen Tag kann Heparin i. v. in der Regel auf (niedermolekulares) Heparin s. c. umgestellt werden. Dieses sollte bis zum 14 postoperativen Tag appliziert werden und überlappend sollte bereits mit der oralen Einnahme eines Vitamin-K-Antagonisten oder eines Thrombozytenaggregationshemmers (Acetylsalicylsäure oder Clopidogrel) begonnen werden.

Die gewählte Medikation (Antikoagulans bzw. Thrombozytenaggregationshemmer) muss dauerhaft beibehalten werden, um einen Bypassverschluss zu verhindern.

Des Weiteren gilt zu beachten, dass ein Patient mit einem venösen Interponat auf jeden Fall antikoaguliert werden sollte. Bei einem PTFE- Bypass kann hingegen auch auf einen Thrombozytenaggregationshemmer zurückgegriffen werden.

Ein halbes Jahr nach der Operation kann allerdings auch bei Vorhandensein eines venösen Bypasses und Vorliegen von Kontraindikationen für eine dauerhafte Antikoagulation unter Umständen auf einen Thrombozytenaggregationshemmer umgestellt werden, da sich der Bypass innerhalb dieser Zeit „eingelaufen“ hat, was bedeutet, dass die Vene endothelialisiert ist. Vor Absetzen des Vitamin-K-Antagonisten müssen allerdings die Anastomosen überprüft werden und der Fluss über dem Bypass in Ordnung sein.

Aufgrund fehlender Studien zur postoperativen Gerinnungshemmung speziell für das PA ist dieses Thema allerdings noch nicht abschließend geklärt.

3.5 Datenauswertung

Die Daten wurden mittels Microsoft® Office Excel 2003 aufgenommen und ausgewertet. Einige Auswertungen wurden außerdem mittels SPSS Statistics 17.0 vorgenommen.

Beim Vergleich von zwei oder mehr Gruppen bezüglich qualitativer Merkmale wurde aufgrund der relativ geringen Fallzahlen der exakte Test nach Fischer herangezogen. Zur Gegenüberstellung von Patientenkollektiven im Hinblick auf quantitative Merkmale wurden der Mann-Whitney-Test bei zwei und der Kruskal-Wallis-Test bei mehr als zwei unverbundenen Stichproben verwendet. Zum Vergleich zweier verbundener Stichproben bezüglich quantitativer Merkmale wurde der Wilcoxon-Test benutzt.

Mit Hilfe der Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier wurden Überlebenskurven für den Beinerhalt gezeichnet. Zum Vergleich von Überlebenszeiten wurde der Logrank-Test herangezogen.

Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ gesetzt.

4 Ergebnisse

4.1 Allgemeine Daten (gesamtes Patientenkollektiv)

4.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung

In die Studie wurden 34 Patienten mit 45 PAs und 2 Ektasien der A. poplitea eingeschlossen. Das Durchschnittsalter betrug $67,1 \pm 11,6$ Jahre, wobei der jüngste Patient 37 und der älteste 84 Jahre alt war. 97,1 % der Betroffenen waren Männer und 2,9 % Frauen.

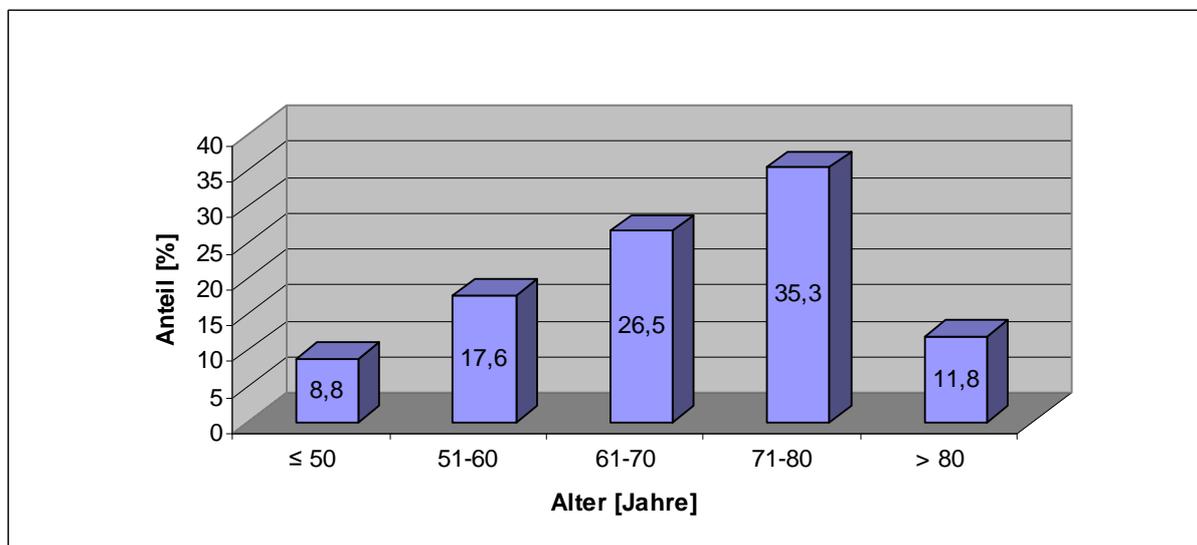


Abbildung 4: Altersverteilung

4.1.2 Risikofaktoren und Komorbiditäten

Bei der Analyse der Risikofaktoren fiel auf, dass fast drei Viertel aller Betroffenen Raucher oder Ex-Raucher waren.

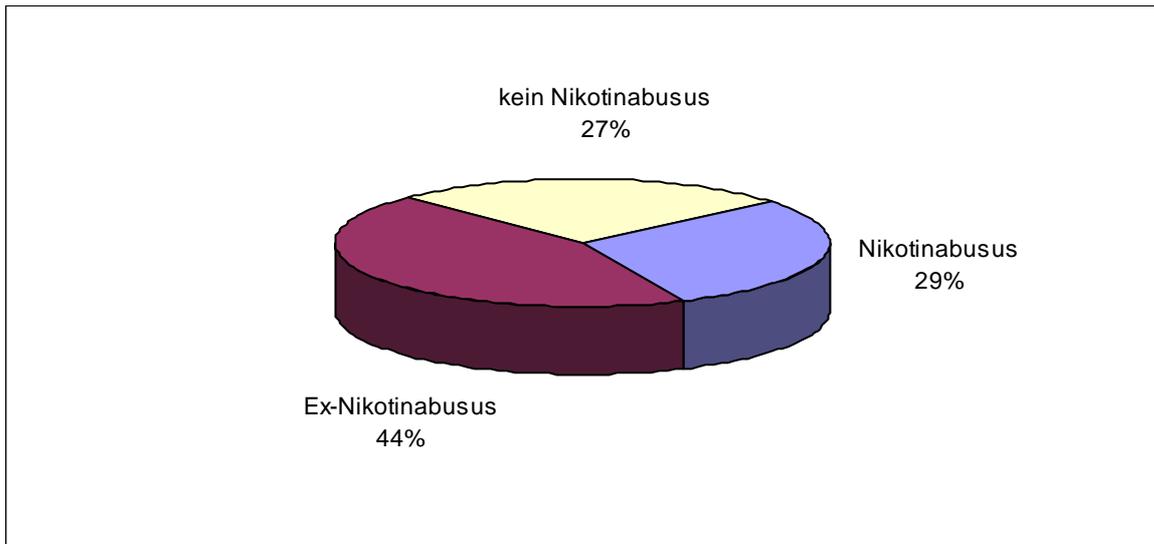


Abbildung 5: Nikotinabusus

Die BMI-Analyse zeigte, dass über 51,5 % an Präadipositas litten und circa ein Drittel adipös war.

Dass die Patienten mit einem PA häufig multimorbide sind, belegte die Auswertung relevanter Begleiterkrankungen. So litt jeder Patient im Durchschnitt unter $6,5 \pm 2,9$ (Minimum: 1, Maximum: 12) bedeutsamen Vorerkrankungen.

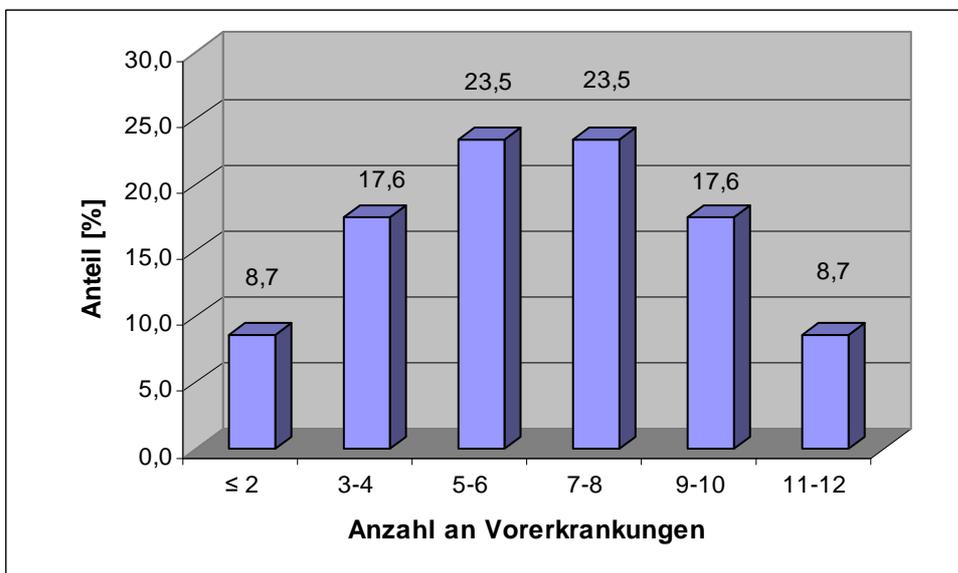


Abbildung 6: Anzahl an relevanten Vorerkrankungen

Fast drei Viertel aller Patienten mit einem PA wiesen fünf oder mehr Begleiterkrankungen auf.

Erfasst wurden in dieser Arbeit 19 unterschiedliche Begleiterkrankungen, welche in Tab. 1 aufgeführt sind. Die beiden häufigsten waren, mit je über 80 %, die Atherosklerose (85 % pAVK und 53 % KHK) und die arterielle Hypertonie. Bei rund der Hälfte fand sich eine Fettstoffwechselstörung, eine Präadipositas und ein Z. n. akutem arteriellen Gefäßverschluss im Becken-Bein-Bereich (zum Teil auch unabhängig von dem PA).

Erkrankung	n	%
Atherosklerose	30	88
- pAVK	29	85
- KHK	18	53
arterielle Hypertonie	29	85
Fettstoffwechselstörung	18	53
Z. n. akutem Gefäßverschluss art. (Becken-Bein-Bereich)	18	53
Präadipositas (BMI 25 - 29,9 kg/m ²)	17	50
Adipositas (BMI ≥ 30 kg/m ²)	12	35
Herzinsuffizienz	11	32
Arrhythmien	10	29
Z. n. Myokardinfarkt	9	27
COPD	9	27
Diabetes mellitus	7	21
Malignome	7	21
Z. n. TVT	6	18
Nierenfunktionsstörung (nicht dialysepflichtig)	5	15
Hyperurikämie	5	15
Karotisstenose/-verschluss	4	12
Z. n. Apoplex	3	9
Gerinnungsstörung	2	6

*Mehrfachnennungen möglich

Tabelle 1: Diverse Vorerkrankungen (n= Anzahl an Patienten mit der jeweiligen Erkrankung; %= n/34)

Des Weiteren erfolgte eine Erfassung bedeutsamer Voroperationen bzw. Interventionen an Arterien der Becken-Bein-Region, der Aorta und den Koronararterien. Dabei zeigte sich, dass über die Hälfte (55,9 %) der Patienten

bereits mindestens einen solchen Eingriff hinter sich hatte. Von diesen knapp 56 %, wurden 57,9 % im Becken-Bein-Bereich, 47,4 % an der Aorta und 42,1 % an den Koronarien voroperiert bzw. interventionell behandelt.

4.1.3 Koinzidenz anderer Aneurysmen

Bei 22 der 34 Patienten (64,7 %) lag neben dem bekannten PA noch mindestens ein weiteres Aneurysma vor. Bei weiteren drei Patienten (8,8 %) wurde eine Ektasie, also die Vorstufe eines Aneurysmas, diagnostiziert. So dass nur 26,5 % aller Erkrankten an einem solitären PA und an sonst keiner Gefäßausackung litten.

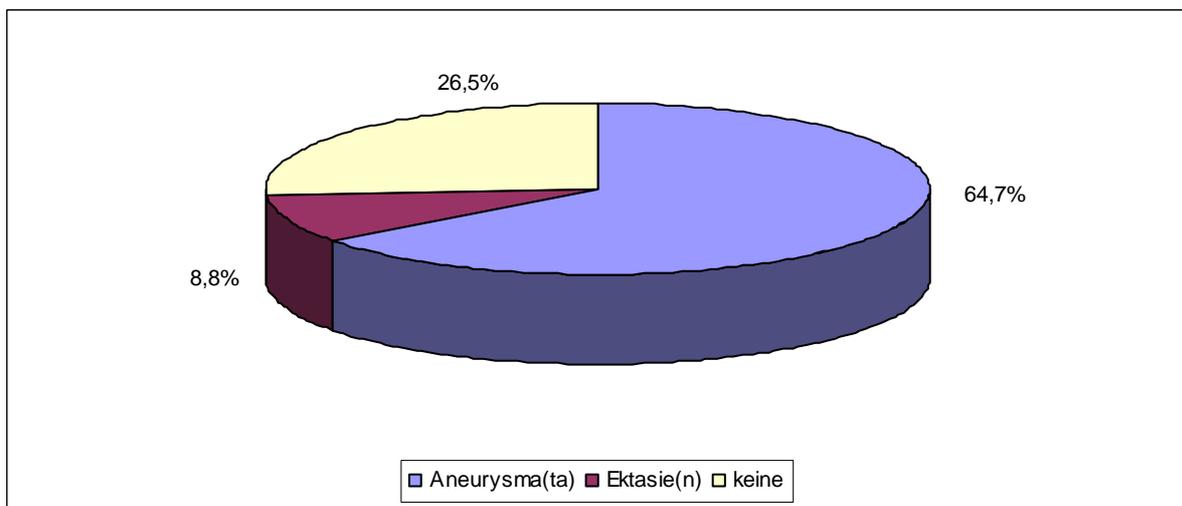


Abbildung 7: Vorhandensein von Aneurysmen bzw. Ektasien anderer Lokalisation

Im Durchschnitt fanden sich pro Patient zusätzlich zu dem PA noch weitere $2,3 \pm 2,8$ Aneurysmen (Spannweite: 0-9).

Ein kontralaterales PA zeigte sich bei insgesamt 12 (36,4 %), eine Ektasie bei zwei Patienten (6,1 %). Bei knapp 58 % lag also bis zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung eine kontralaterale A. poplitea mit normalem Durchmesser vor.

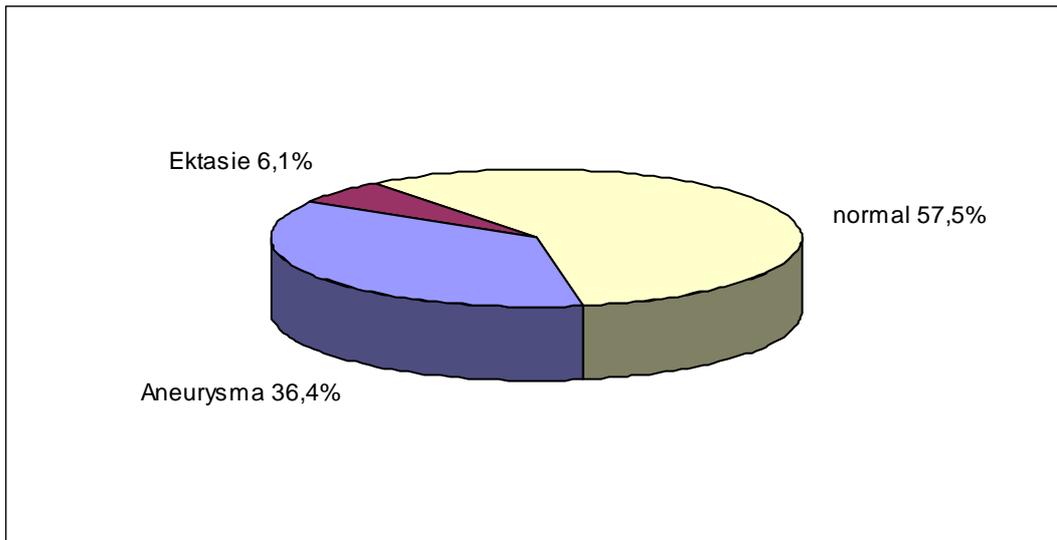


Abbildung 8: Kontralaterale A. poplitea

Mindestens ein extrapopliteales Aneurysma fand sich bei 52,9 % der Patienten. Häufigste extrapopliteale Gefäßausackung war mit 35,3 % das Bauchaortenaneurysma. An zweiter und dritter Stelle folgten Aneurysmen der Iliakalgefäße mit knapp 30 % und der Femoralarterien mit 26,5 %. Bei 11,8 % der Patienten fand sich ein Aneurysma der Aorta ascendens oder descendens und eine generalisierte Aneurysmose lag bei einem Fünftel der Betroffenen vor.

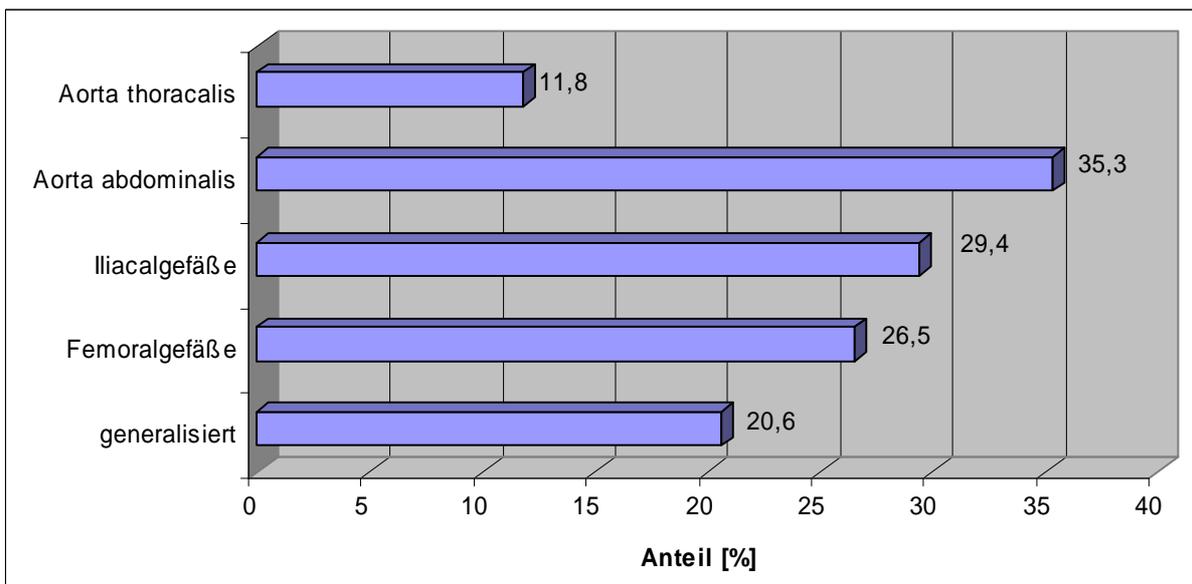


Abbildung 9: Lokalisation der zusätzlichen Aneurysmen (Mehrfachnennungen möglich)

4.1.4 Therapieverfahren

Von den 45 Aneurysmen und zwei Ektasien der A. poplitea wurden 33 operiert und 14 konservativ behandelt. Eine notfallmäßige Behandlung erfolgte bei 17 PAs, eine elektive Operation bei 20 PAs. Dementsprechend wurden vier Aneurysmen sowohl notfallmäßig, als auch elektiv behandelt.

Bei allen vieren bestand primär eine akute Ischämie, welche notfallmäßig behandelt wurde. Dies erfolgte in zwei Fällen per Embolektomie, da das PA zum Zeitpunkt der Operation noch nicht bekannt war. Nachdem das PA durch weiterführende Diagnostik als Ursache für die Embolien entdeckt worden war, folgte einige Wochen später die elektive Ausschaltung des Aneurysmas. Ein weiteres der vier PAs wurde im Zustand der akuten Ischämie zuerst mittels Lyse therapiert und besserte sich dadurch klinisch. Die geplante Bypassanlage musste aufgrund einer fieberhaften Infektion und daraus resultierender OP-Unfähigkeit verschoben werden. Aus diesem Grund wurde der Patient erst knapp zwei Monate später elektiv operiert. Bei dem vierten PA erfolgte primär eine notfallmäßige Bypassanlage. Aufgrund eines Anastomosenaneurysmas wurde Jahre später eine erneute, diesmal elektive Bypassanlage notwendig.

Unter den 47 Poplitealaneurysmen bzw. –ektasien befanden sich 44 Aneurysmata vera, zwei Aneurysmata spuria (mit zusätzlich einer arteriovenösen Fistel) und ein Aneurysma dissecans.

4.1.5 Größe des PAs und Thrombosierungsgrad

Die Größe des PAs wurde als größter Querdurchmesser in cm gemessen.

Der mittlere Durchmesser der PAs aller Patienten betrug $2,9 \pm 1,4$ cm (Spannweite: 1-7 cm). Untergliedert man die Patienten in die drei oben genannten Gruppen, so ergab sich im Durchschnitt für die elektiv operierten Patienten eine Größe von $3,2 \pm 1,2$ cm (1,3 - 5,8 cm), für die notfallmäßig Behandelten ein Durchmesser von $2,9 \pm 1,5$ cm (1,2 - 7,0 cm) und für diejenigen Patienten mit konservativem Therapieregime ein Diameter von $2,4 \pm 1,5$ cm (1-5 cm) (Kruskal-Wallis-Test, $p > 0,05$).

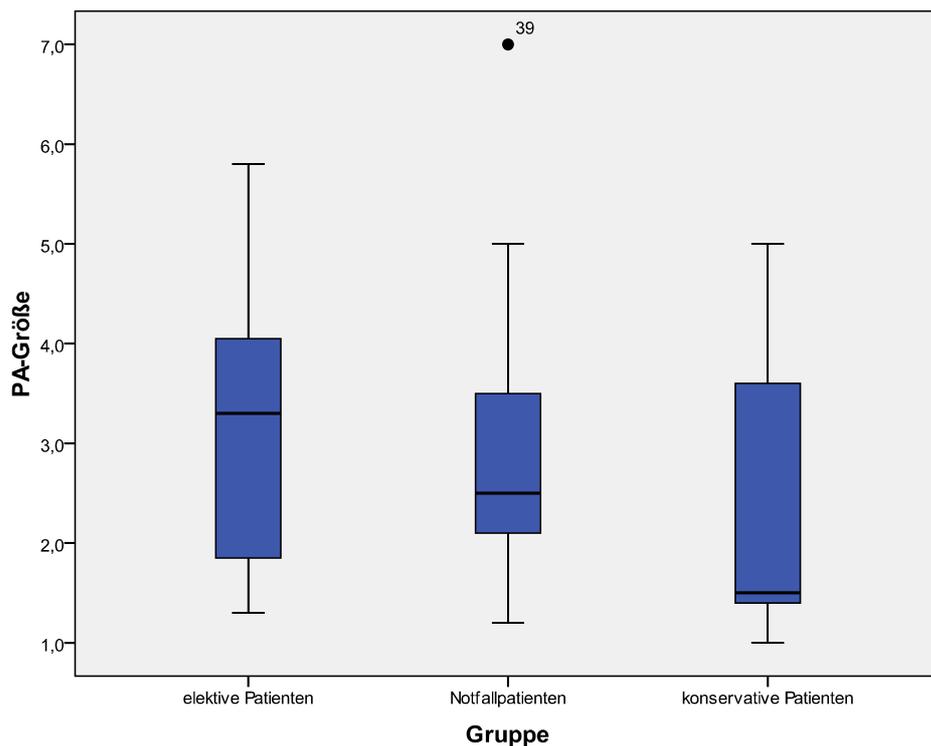


Abbildung 10: PA-Größen der 3 Gruppen im Vergleich

In Abbildung 11 sind die Durchmesser der Poplitealaneurysmen innerhalb der drei Gruppen im direkten Vergleich zueinander dargestellt.

Es zeigte sich, dass die elektiv operierten PAs zu ca. einem Drittel < 2 cm und zu über 60 % ≥ 3 cm groß waren. Bei 2/3 der notfallmäßig operierten Aneurysmen lag der Durchmesser zwischen 2 und 3,9 cm, bei den konservativ behandelten PAs wies die Mehrzahl (53,8 %) einen Durchmesser < 2 cm auf.

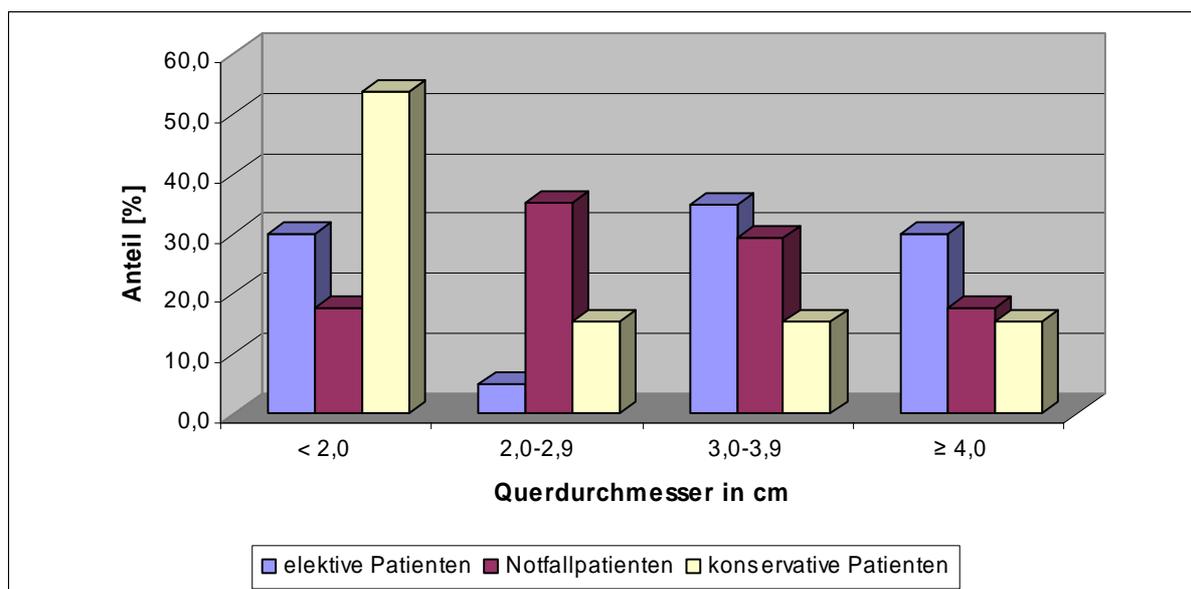


Abbildung 11: Vergleich der Aneurysmagrößen zwischen den drei Patientengruppen.

Als weiteres wichtiges Merkmal des PAs wurde der Thrombosierungsgrad bestimmt. 92,2 % aller PAs waren voll- oder teilthrombosiert. In Abbildung 12 zeigt sich deutlich, dass bei dem Großteil der elektiv operierten Patienten (85 %) ein teilthrombosiertes PA vorlag. Nur 5 % der Aneurysmen waren nicht thrombosiert und 10 % vollthrombosiert. Bei den Notfallpatienten verhielt es sich anders. Hier waren annähernd gleich viele PAs teilweise (47,1 %) und komplett (52,9 %) thrombosiert. Kein einziges enthielt keine Wandthrombosierung. Die Patienten mit konservativem Therapieregime wiesen im Gegensatz dazu in rund einem Fünftel der Fälle keine Thrombenablagerungen auf, die Hälfte besaß ein teilthrombosiertes PA und die restlichen rund 30 % waren komplett thrombosiert. Signifikante Unterschiede im Thrombosierungsgrad ergaben sich im exakten Test nach Fischer lediglich beim Vergleich der elektiv operierten Patienten mit den Notfallpatienten. Bei der Gegenüberstellung der Patienten mit konservativem Therapieregime mit den elektiv operierten und den Notfallpatienten ergab sich kein signifikanter Unterschied (exakter Test nach Fischer, $p > 0,05$).

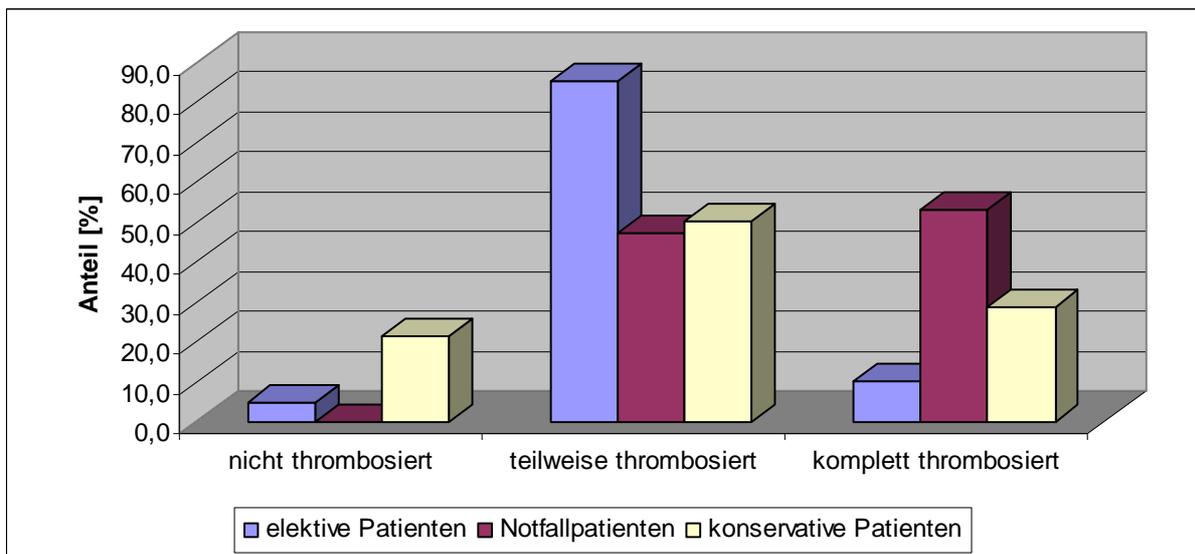


Abbildung 12: Vergleich der Thrombosierungsgrade zwischen den drei Patientengruppen

Vergleicht man den Thrombosierungsgrad in Abhängigkeit vom Durchmesser des PAs, so stellt man fest, dass die meisten nicht thrombosierten PAs (75 %) kleiner als 2 cm waren. Der mittlere Durchmesser betrug $2,2 \pm 1,4$ cm (Spannweite: 1,4-4,3 cm). Der mittlere Durchmesser der teilweise thrombosierten PAs lag im Gegensatz dazu bei $3,2 \pm 1,4$ cm (Spannweite: 1,0-7,0 cm). Anhand der Abbildung 13 erkennt man,

dass teilweise thrombosierte PAs in jedem Größenbereich relativ gleichmäßig verteilt auftraten, mit Ausnahme eines kleinen Einbruchs zwischen 2 und 2,9 cm. Bei den komplett thrombosierte PAs zeigte sich ein mittlerer Durchmesser von $2,5 \pm 1,2$ cm (Spannweite: 1,2-5,0 cm). Über ein Drittel dieser PAs waren < 2 cm, 29 % zwischen 2,0 -2,9 cm, ein Fünftel zwischen 3,0-3,9 cm und die restlichen 14 % $\geq 4,0$ cm.

Der größte durchschnittliche Durchmesser ergab sich also für die teilweise thrombosierte PAs, der zweitgrößte für die komplett thrombosierte PAs und der kleinste für diejenigen Aneurysmen ohne jegliche Thrombosierung. Diese Unterschiede waren statistisch allerdings nicht signifikant.

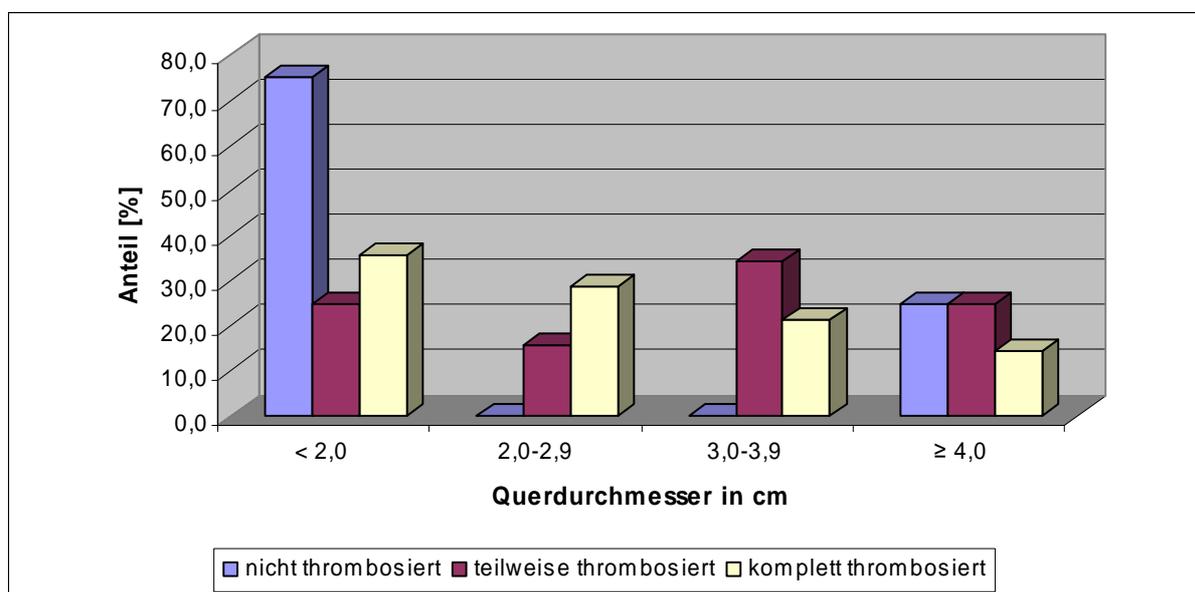


Abbildung 13: Thrombosierungsgrad aller PAs in Abhängigkeit von ihrem Durchmesser

4.1.6 Symptomatik und Komplikationen

Die Symptomatik des PAs zeigte sich bei den Betroffenen auf folgende Art und Weise: Ein Viertel aller PAs war asymptomatisch, fast 30,0 % der PAs verursachten kaudikatiotypische Belastungsschmerzen und 39,2 % Ruheschmerzen. Bei den restlichen 5,9 % kam es zu anderweitigen Symptomen wie lokale Schmerzen oder eine Schwellung in der Kniekehle. Zusätzlich zu den genannten Hauptsymptomen klagten knapp 20 % der Patienten über Sensibilitätsstörungen und 7,8 % über eine Schwellneigung des Unterschenkels.

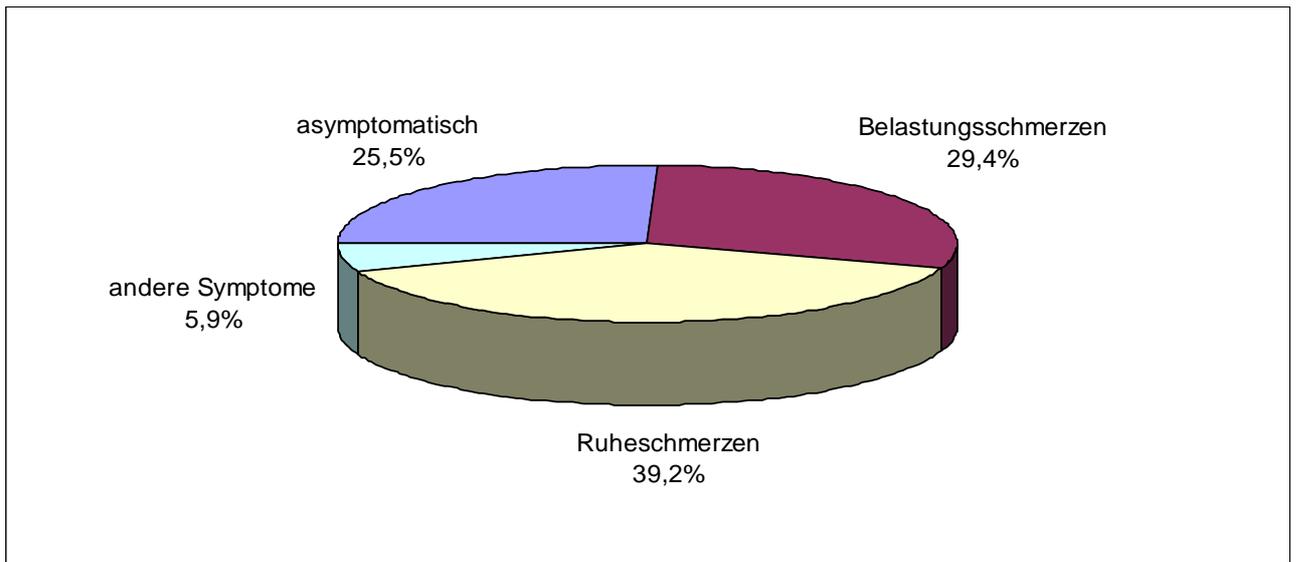


Abbildung 14: Symptome (alle Patienten)

Komplikationen des PAs lagen in 70,6 % der Fälle bei Aufnahme in die Klinik vor. Knapp 30 % der PAs waren komplett thrombosiert, bei zwei Drittel fanden sich Embolisierungen in die Peripherie und ein Patient (2,0 %) stellte sich mit einem rupturierten PA vor.

Von einer akuten Ischämie mit Gefährdung der unteren Extremität aufgrund der oben genannten Komplikationen war ein Drittel der Beine betroffen.

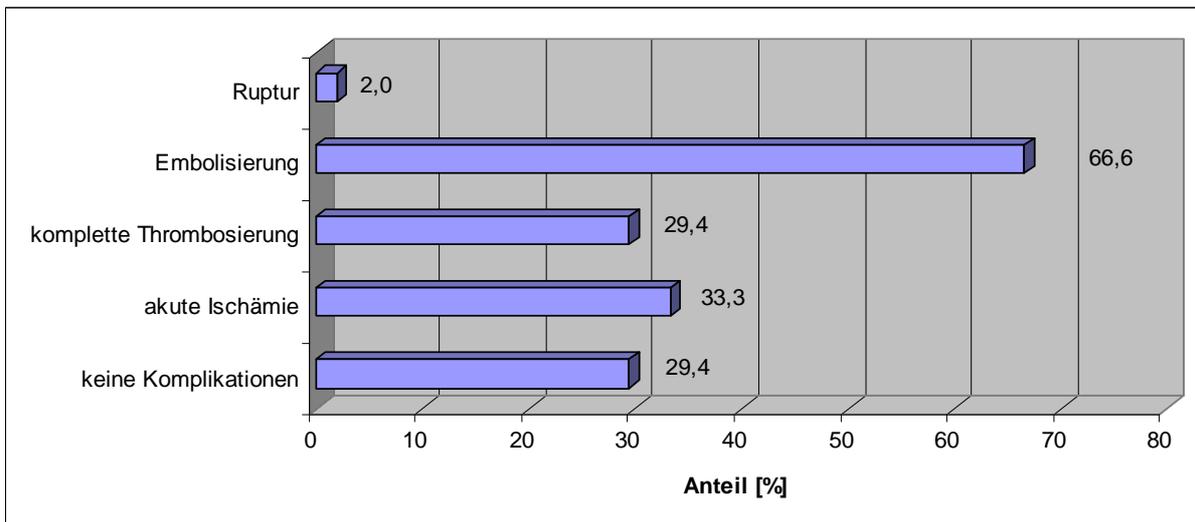


Abbildung 15: Komplikationen aller PAs (Mehrfachnennungen möglich)

Der Vergleich der Durchmesser der asymptotischen PAs ($2,9 \pm 1,6$ cm) mit denen der symptomatischen PAs ($2,9 \pm 1,3$ cm) ergab keinen signifikanten Unterschied. Dafür zeigte sich aber, dass verschlossene (vollthrombosierte) PAs hochsignifikant

häufiger symptomatisch waren als durchgängige (nicht- oder teilthrombosierte) PAs (exakter Test nach Fischer, $p < 0,01$).

4.2 Operierte Patienten

4.2.1 Präoperative Untersuchungen

Zu den erfassten präoperativen apparativen Untersuchungen gehörten der Doppler- und Duplexultraschall und die Angiographie.

Im Folgenden werden die gewonnenen Informationen näher erläutert.

4.2.1.1 Elektiv operierte Patienten

Eine präoperative Doppleruntersuchung wurde in 95 % der Fälle durchgeführt. Die Berechnung des ABI des betroffenen Beines ergab einen durchschnittlichen präoperativen Wert von $0,89 \pm 0,46$. Fast 60 % wiesen einen Wert $> 0,90$ und somit einen Normalwert auf. Bei einem Viertel der elektiv operierten Extremitäten fand sich eine milde bis mäßige pAVK (0,41-0,9) und bei den restlichen 16 % eine schwere pAVK mit einem ABI von 0,40 oder kleiner.

Duplexsonographisch wurden auch 95 % der PAs untersucht. Hierbei interessierten vor allem der PA-Durchmesser und der Thrombosierungsgrad. Die Ergebnisse wurden bereits unter 4.1.5 dargelegt.

Eine angiographische Untersuchung wurde präoperativ bei allen Patienten durchgeführt. In 70 % der Fälle erfolgte dies mittels DSA, in 20 % durch eine CT-Angiographie und in 10 % mittels MR-Angiographie. Bei rund zwei Drittel der betroffenen Extremitäten fanden sich zwei bis drei Runoff-Gefäße am Unterschenkel, bei den restlichen 35 % zeigte sich lediglich eine oder keine große Unterschenkelarterie als durchgängig offen. Die durchschnittliche Anzahl an Runoff-Gefäßen betrug $2,1 \pm 0,8$.

4.2.1.2 Notfallmäßig operierte Patienten

Bei den notfallmäßig operierten PAs wurde in 77 % der Fälle eine Doppleruntersuchung durchgeführt. Der durchschnittliche präoperative ABI-Wert betrug $0,03 \pm 0,12$. Über 90 % der betroffenen Extremitäten wiesen einen ABI von 0,00 auf. Lediglich bei einem Patienten (7,7 %) fand sich eine milde bis mäßige pAVK.

Mittels Duplexsonographie wurde in 65 % der Fälle die Diagnose PA gestellt und Durchmesser und Thrombosierungsgrad des PAs ermittelt. Bei den restlichen 35 % wurde das PA entweder im Rahmen einer CT-Angiographie entdeckt und vermessen oder die Diagnose wurde erst postoperativ gestellt.

Bei 100 % der Notfallpatienten erfolgte präoperativ eine angiographische Untersuchung. Eine DSA wurde in rund zwei Drittel der Fälle durchgeführt, eine CT-Angiographie in 29,4 % und eine MR-Angiographie in einem Fall (5,9 %). Die durchschnittliche Anzahl an Runoff-Gefäßen, die bei der Angiographie detektiert wurden, waren $1,2 \pm 1,1$. Lediglich 29,4 % der Notfallpatienten wiesen zwei bis drei offene Unterschenkelarterien auf, bei den restlichen 70,6 % fand sich ein oder kein Runoff-Gefäß.

Durch eine prä- oder intraoperative Thrombolysetherapie, welche bei 47,1 % der Notfallpatienten ($n = 8$) durchgeführt wurde, konnte die durchschnittliche Anzahl an Runoff-Gefäßen auf $1,5 \pm 1,1$ gesteigert werden (Wilcoxon-Test, $p > 0,05$); zudem wiesen nur noch 59 % der Patienten einen 0 bis 1-Gefäßrunoff auf.

4.2.1.3 Vergleich

Vergleicht man die präoperativen Knöchel-Arm-Indizes der elektiv operierten Patienten mit denen der notfallmäßig versorgten Patienten, so ergibt sich ein hochsignifikanter Unterschied (Mann-Whitney-Test, $p < 0,01$).

Auch bei der Anzahl an Runoff-Gefäßen schnitten die elektiv operierten Patienten signifikant besser ab (Mann-Whitney-Test, $p < 0,05$).

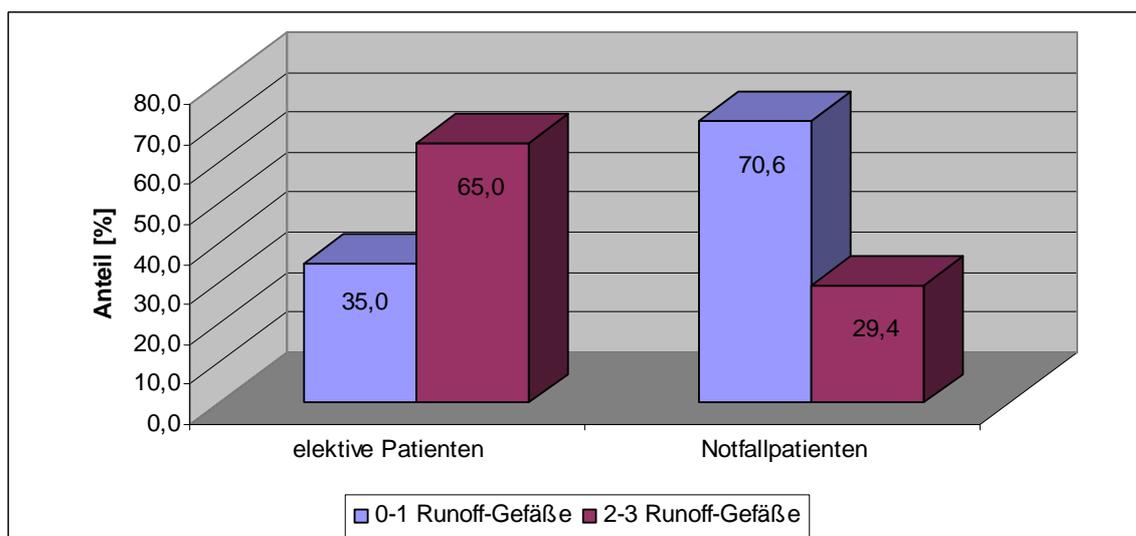


Abbildung 16: Vergleich der Anzahl an offenen Runoff-Gefäßen zwischen elektiv operierten Patienten und Notfallpatienten (vor der Thrombolysetherapie von einem Teil der Notfallpatienten)

Nach der prä- bzw. intraoperativen Lysetherapie schnitten die elektiv operierten Patienten zwar immer noch besser ab als die Notfallpatienten. Dieser Unterschied war allerdings laut Mann-Whitney-Test nicht mehr signifikant.

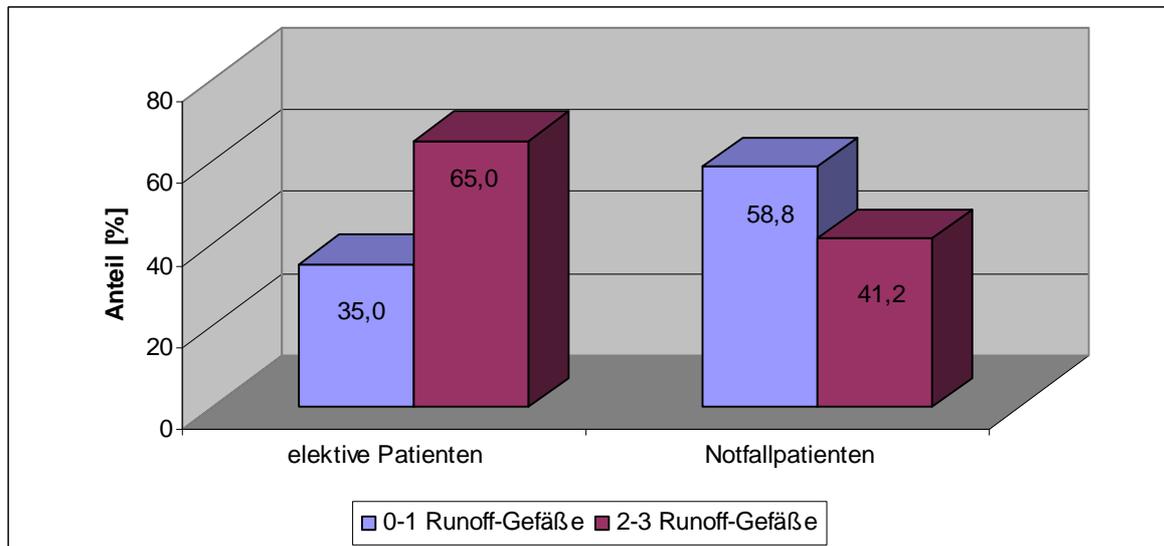


Abbildung 17: Vergleich der Anzahl an offenen Runoff- Gefäßen zwischen elektiv operierten Patienten und Notfallpatienten (nach der Thrombolysetherapie von einem Teil der Notfallpatienten)

4.2.2 Operativer Eingriff

Von den elektiv operierten Patienten wurden 70,0 % mit einem supra-infrapoplitealen (P I-P III) Bypass und 20,0 % mit einem femoro- poplitealen Bypass versorgt. Bei den restlichen 10 % erfolgte eine Naht, da es sich hierbei um zwei Aneurysmata spuria mit arteriovenöser Fistel handelte.

Den notfallmäßig behandelten Patienten wurde zu je gleichen Teilen ein P I- P III- Bypass (41,2 %) und ein femoro-poplitealer Bypass (41,2 %) angelegt. Zusätzlich zur Operation erhielten sechs dieser Patienten (42,9 %) präoperativ eine Lysetherapie mit rt-PA, einer (7,1 %) wurde intraoperativ lysiert (auch mittels rt-PA) und zwei Patienten (14,3 %) wurden präoperativ vollheparinisiert. Von den restlichen 17,7 %, die nicht primär mit einem Bypass versorgt wurden, wurden 11,8 % primär embolektomiert und ein Patient (5,9 %) erhielt zum Zeitpunkt der akuten Ischämie lediglich eine Lysetherapie mit rt-PA und wurde aufgrund von Fieber und daraus resultierender OP-Unfähigkeit erst knapp zwei Monate später elektiv am PA operiert. Bei keinem Patienten erfolgte primär eine Amputation.

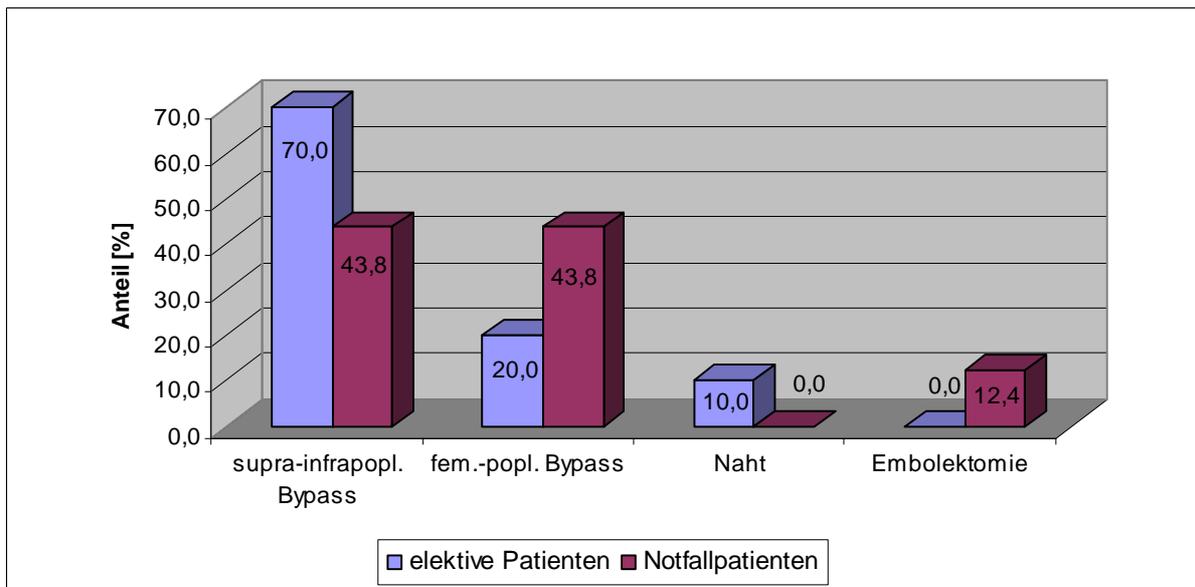


Abbildung 18: Primär durchgeführte OP-Art (Anteil berechnet im Bezug auf alle operierten PAs)

Als Bypassmaterial wurde bei den elektiv operierten Patienten in fast drei Viertel der Fälle eine autologe Vene und in nur 27,8 % der Fälle eine PTFE- Prothese verwendet. Im Gegensatz dazu erhielten die Notfallpatienten zum größeren Teil (57,1 %) ein PTFE- Interponat und nur zu knapp 43 % einen venösen Bypass.

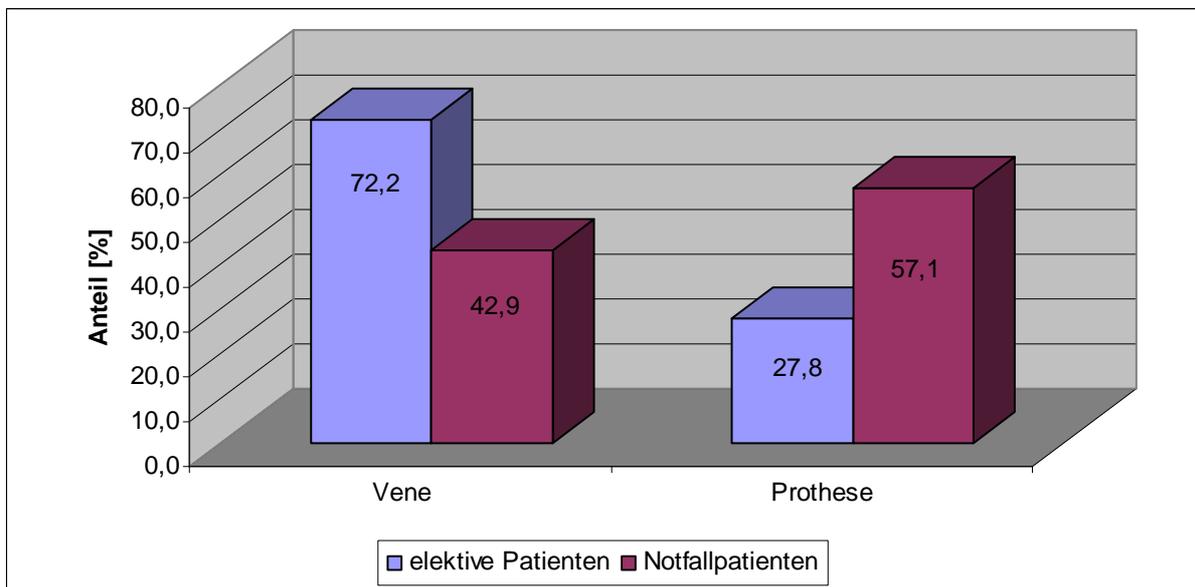


Abbildung 19: Verwendetes Bypassmaterial im Vergleich zwischen elektiv operierten Patienten und Notfallpatienten

4.2.3 Perioperativer und langfristiger Verlauf

4.2.3.1 Elektiv operierte Patienten

Die bei 95 % der Patienten (19 Patienten) innerhalb einiger Tage postoperativ durchgeführte Dopplersonographie ergab einen mittleren ABI von $0,99 \pm 0,34$ (Spannweite: 0,00-1,50). Bei knapp 70 % (68,4 %) betrug der Knöchel-Arm-Index mehr als 0,90 und lag somit im Normalbereich. Rund ein Viertel der Patienten litt unter einer mäßigen bis mittleren pAVK (0,41-0,90). Und ein Patient (5,3 %) hatte aufgrund eines Bypassverschlusses einen ABI von 0,00 und somit eine schwere pAVK. Im Vergleich zu präoperativ hat sich das pAVK- Stadium in 22,2 % der Fälle gebessert und in 5,6 % verschlechtert. In den restlichen Fällen blieb es gleich.

Eine postoperative Duplexuntersuchung wurde in den Fällen mit Verdacht auf Bypassverschluss oder auf anderweitige Komplikationen durchgeführt.

Die durchschnittliche Krankenhausaufenthaltsdauer der elektiv operierten Patienten betrug $13,5 \pm 4,4$ Tage (Spannweite: 6-21 Tage).

Zur dauerhaften Blutgerinnungshemmung wurden 75 % der Patienten mit einem Vitamin-K-Antagonisten und 25 % mit einem Thrombozytenaggregationshemmer versorgt.

Perioperative (≤ 30 Tage postoperativ) Minorkomplikationen traten bei 50 % der Patienten auf. 15 % entwickelten ein Lymphödem, ebenfalls 15 % eine Wundheilungsstörung und 25 % ein Reperfusionsödem (Mehrfachnennungen möglich). Majorkomplikationen präsentierten im perioperativen Zeitraum drei Patienten (15 %). Ein Patient musste aufgrund eines Bypassverschlusses thrombektomiert werden, bei einem anderen Patienten erfolgte wegen eines großen Hämatoms mit Umfangszunahme des Oberschenkels und Hb- Abfall eine operative Hämatomausräumung und ein dritter Patient musste aufgrund eines Anastomosenaneurysmas, welches 29 Tage postoperativ diagnostiziert wurde, reoperiert werden. Die 30-Tage-Mortalitätsrate betrug 0 %.

Langfristige Komplikationen (> 30 Tage postoperativ) traten in 25 % der Fälle auf. Im Einzelnen kam es bei drei Patienten (15,0 %) zu einem oder mehreren Bypassverschlüssen, wobei ein Patient letztendlich aufgrund rezidivierender Verschlüsse mit einem neuen Bypass versorgt werden musste. Dieser Patient beanspruchte sein Interponat allerdings auch in hohem Maße, da er als Fliesenleger

arbeitete und seinen Beruf nicht aufgeben wollte. Des Weiteren kam es in einem Fall (5,0 %) zu einer Vorfußamputation (Minoramputation), eine Majoramputation musste bei den elektiv operierten Patienten nicht durchgeführt werden. Bei einem Patienten (5,0 %) entwickelte sich nach 41 Monaten ein Anastomosenaneurysma, welches allerdings nicht operativ saniert werden musste. Und bei einem Patienten erfolgte aufgrund einer Größenzunahme des ausgeschalteten Aneurysmasackes von 3,3 auf 10 cm (innerhalb von 62 Monaten) eine teilweise Aneurysmaresektion und Umstechung der Zuflüsse aus der Muskulatur. Obwohl sowohl sonographisch, wie auch in der CT-Angiographie kein Fluss mehr nachweisbar war, füllte sich der Aneurysmasack kurz nach dieser Operation wiederholt mit seröser Flüssigkeit, welche regelmäßig abpunktiert werden musste. Bis zum Abschluss der Datenerhebung wurde keine erneute Operation durchgeführt.

4.2.3.2 Notfallmäßig operierte Patienten

Postoperative Dopplerwerte konnten bei 70,1 % der Notfallpatienten aus den Akten ermittelt werden. Bei 17,6 % war lediglich ein Vermerk in den Unterlagen, dass die gemessenen Drücke regelrecht waren und in zwei Fällen (11,8 %) konnte kein Wert gefunden werden. Der durchschnittliche postoperative ABI lag bei $0,86 \pm 0,46$ (Spannweite: 0,00-1,38) und war damit hochsignifikant größer als der durchschnittliche präoperativ gemessene ABI (Wilcoxon-Test, $p < 0,01$). Zwei Drittel der Patienten wiesen nach der Operation einen normalen Knöchel-Arm-Index auf. 16,7 % hatten noch eine mäßige bis mittelschwere pAVK und die restlichen 16,7 % eine schwere pAVK mit einem ABI = 0,00. Vergleicht man die pAVK-Stadien von denjenigen Patienten, von denen sowohl ein prä- als auch ein postoperativer ABI vorlag, so haben sich knapp 90 % durch die Operation verbessert. Bei einem Patienten (11,1 %) lag trotz Bypassversorgung postoperativ immer noch eine schwere pAVK vor, weshalb er letztendlich Oberschenkelamputiert werden musste.

Eine postoperative Duplexuntersuchung wurde auch hier nur in denjenigen Fällen durchgeführt, in denen ein Verdacht auf Bypassverschluss oder andere Komplikationen bestand. Zusätzlich erfolgte bei denjenigen Patienten eine Duplexsonographie, bei denen präoperativ die Diagnose PA noch nicht bekannt war, um die Ursache der Thrombembolie herauszufinden.

Der durchschnittliche Klinikaufenthalt dauerte bei den Notfallpatienten $14,9 \pm 8,1$ Tage (4-35 Tage).

Zur langfristigen Blutgerinnungshemmung wurden acht Patienten (47,1 %) mit einem Vitamin-K-Antagonisten und ebenfalls acht mit einem Thrombozytenaggregationshemmer versorgt.

Perioperative Minorkomplikationen traten bei 47,1 % der Patienten auf. Diese äußerten sich bei drei Patienten (17,6 %) als Reperfusionsoedem, in je 11,8 % der Fälle zum einen als Wundheilungsstörung und zum andern als Lymphfistel und bei einem Patienten als großes intramuskuläres Hämatom, welches allerdings nicht operationsbedürftig war.

Perioperative Majorkomplikationen zeigten sich bei 29,4 % der Patienten. Ein Patient (5,9 %) erlitt einen Bypassverschluss mit nachfolgender Thrombektomie. Im Folgenden entwickelte er zum einen ein Kompartmentsyndrom, welches durch eine komplette Fasziotomie entlastet werden musste und zum andern stiegen die Entzündungswerte an, was letztlich trotz antibiotischer Therapie und mehrfachem Debridement zu einem septischen Durchgangssyndrom führte. Daraufhin wurde der Patient am 16. postoperativen Tag Oberschenkelamputiert. Außer bei diesem Patienten wurde perioperativ bei noch zwei weiteren Patienten eine Oberschenkelamputation durchgeführt (beide am zweiten postoperativen Tag). Dies entspricht einer 30-Tages-Majoramputationsrate von 17,6 % bei den Notfallpatienten. Als weitere Majorkomplikation war in einem Fall (5,9 %) eine Hämatomausräumung nötig und ein Patient starb am dritten postoperativen Tag an kardiovaskulärem Versagen. Die 30-Tages-Mortalität der Notfallpatienten betrug 5,9 %.

Langfristige Komplikationen traten bei 30,8 % derjenigen Notfallpatienten auf, welche nicht perioperativ bereits Oberschenkelamputiert wurden oder verstorben waren. Bei diesen Patienten kam es in 15,4 % der Fälle zu mehrfachen Bypassverschlüssen, welche in einem Fall (7,7 %) eine Oberschenkelamputation nach 32 Wochen zur Folge hatten. Bei einem weiteren Patienten (7,7 %) mussten knapp zehn Wochen nach der Bypassanlage drei Zehen amputiert werden (Minoramputation). In einem Fall entwickelte sich ein nach 59 Monaten operationsbedürftiges Anastomosenaneurysma.

4.2.3.3 Vergleich

Vergleicht man die postoperativ gemessenen Dopplerindizes zwischen den beiden betrachteten Patientengruppen, so stellt man fest, dass der durchschnittliche postoperative Knöchel-Arm-Index der elektiv operierten Patienten immer noch etwas

besser als derjenige der Notfallpatienten ist. Dieser Unterschied ist im Gegensatz zu den präoperativ gemessenen ABIs allerdings nicht mehr signifikant, da bei den meisten Notfallpatienten durch die Operation wieder eine gute Durchblutungssituation der unteren Extremität hergestellt werden konnte.

Der Krankenhausaufenthalt dauerte bei den Notfallpatienten im Schnitt 1,4 Tage länger. Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

Betrachtet man die Komplikationsraten, so stellt man fest, dass 2,9 % mehr elektiv operierte Patienten Minor komplikationen aufwiesen als Notfallpatienten. Anders verhielt es sich bei den Major- bzw. Langzeitkomplikationen. Hierunter litten 14,4 % bzw. 5,8 % mehr Notfallpatienten (exakter Test nach Fischer, $p > 0,05$).

Als 30-Tage-Majoramputationsrate aller operierten Patienten ergab sich ein Wert von 8,1 %. Die gesamte 30-Tage-Mortalität betrug 2,7 %.

4.2.4 Nachuntersuchung

4.2.4.1 Elektiv operierte Patienten

Der durchschnittliche Nachbeobachtungszeitraum betrug bei den elektiv operierten Patienten $26,8 \pm 25,2$ Monate (Spannweite: 5 Tage bis 69 Monate).

Die dopplersonographische Verschlussdruckmessung bei der Nachuntersuchung ergab einen mittleren ABI von $1,01 \pm 0,23$ mit einem Minimum von 0,57 und einem Maximum von 1,42. Bei 56,3 % der Beine lag ein normaler ABI vor, bei dem Rest eine mäßige bis mittlere pAVK.

Die primäre Offenheitsrate lag bei den elektiv operierten Patienten bei 84,2 %, die sekundäre bei 94,4 %. Die Beinerhaltungsrate betrug 100 %.

Eine leichte Anastomosenektasie fand sich bei einem, eine Anastomosenenge bei keinem Patienten. Neue Aneurysmen im Bereich der Aorta und der Becken-Beinarterien fanden sich bei zwei der 18 elektiv operierten Patienten (20 PAs), bei einem Patienten fanden sich lediglich neu entstandene Ektasien.

4.2.4.2 Notfallmäßig operierte Patienten

Bei den Notfallpatienten betrug der durchschnittliche Nachbeobachtungszeitraum $23,8 \pm 22,0$ Monate (Spannweite: 1,9-69,5 Monate).

Die ABI- Messung ergab einen etwas niedrigeren Wert als unmittelbar postoperativ, und zwar $0,78 \pm 0,39$ (Minimum: 0,00, Maximum: 1,15). Die Hälfte der Beine wies

einen ABI > 0,90 auf, 37,5 % einen solchen zwischen 0,90-0,41 und 12,5 % einen von $\leq 0,40$.

Die primäre Bypassoffenheitsrate betrug 80 %, die sekundäre 86,7 %, wobei zwei der Bypässe nur zwei Tage offen waren und die Oberschenkel danach trotz offener Bypässe amputiert werden mussten. Nötig wurden diese Amputationen, da aufgrund einer zu lange bestandenen akuten Ischämie die Mikroperfusion soweit geschädigt war, dass auch eine erfolgreiche Wiederherstellung der Makroperfusion keine ausreichende Durchblutung mehr gewährleisten konnte.

Die Beinerhaltungsrate der Notfallpatienten lag am Ende der Datenerhebung bei 76,5 %.

Eine Anastomosenenge zeigte kein Patient bei der Nachuntersuchung, eine leichte Anastomosenektasie fand sich bei zwei Patienten. Bei wiederum zwei Patienten konnten neu aufgetretene Ektasien der Becken-Bein-Arterien identifiziert werden.

4.2.4.3 Vergleich

Vergleicht man die primäre und sekundäre Offenheitsrate zwischen den beiden Gruppen, so fällt auf, dass die Bypässe der elektiv operierten Patienten sowohl primär (84,2 % vs. 80 %) als auch sekundär (94,4 % vs. 86,7 %) häufiger offen waren. Diese Unterschiede sind allerdings nicht signifikant. Die primäre Offenheitsrate für alle operierten PAs zusammen betrug 82,4 %, die sekundäre 90,9 %.

Die gesamte Beinerhaltungsrate betrug 89,2 %. Betrachtet man die beiden Gruppen getrennt voneinander, so fällt auf, dass 0 % der elektiv operierten Patienten ihr Bein verloren haben, wohingegen sich vier Notfallpatienten (23,5 %) einer Oberschenkelamputation unterziehen mussten, was einen signifikanten Unterschied darstellt (Logrank-Test, $p < 0,05$).

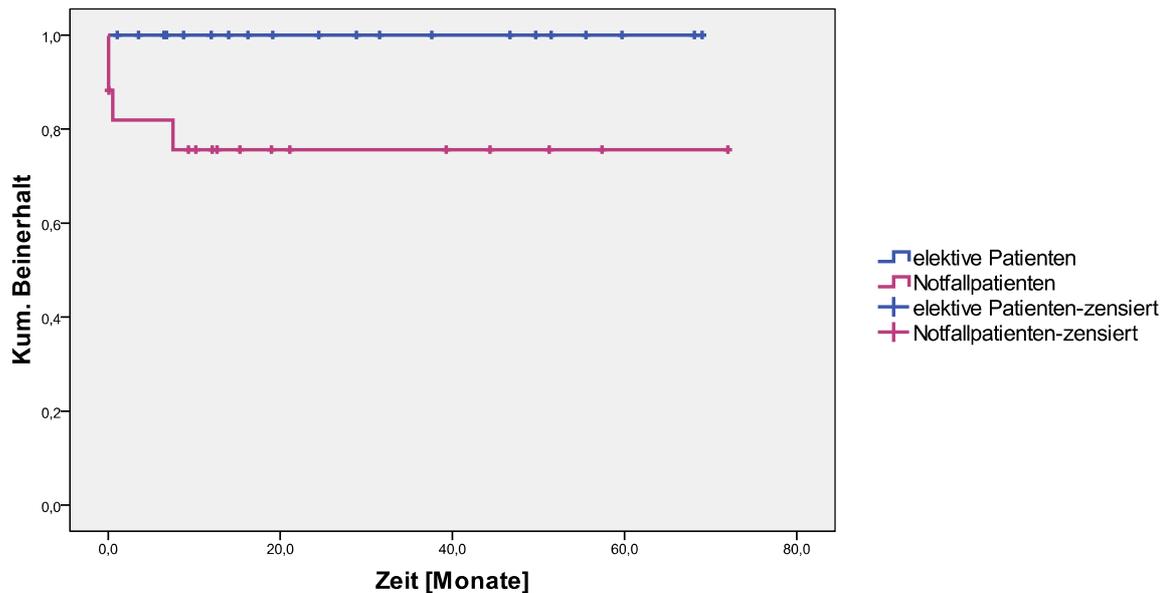


Abbildung 20: Beinerhaltungsrate elektiv operierte Patienten vs. Notfallpatienten

Mit der Überlebensrate verhält es sich ähnlich wie mit der Beinerhaltungsrate. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung lebten noch 100 % der elektiv operierten Patienten und nur noch 68,8 % der Notfallpatienten (Logrank-Test, $p < 0,05$). Die gesamte Überlebensrate von allen operativ behandelten Patienten betrug 83,3 %.

Betrachtet man die Bypassoffenheit und die Beinerhaltungsrate in Abhängigkeit vom verwendeten Graftmaterial, so ergibt sich folgendes Resultat:

Alle venösen Bypässe, die eingesetzt wurden, waren primär und sekundär (100 %) offen. Bei den PTFE- Bypässen betrug die primäre Offenheitsrate 53,8 % und war somit hochsignifikant schlechter als bei den venösen Bypässen (exakter Test nach Fischer, $p < 0,01$).

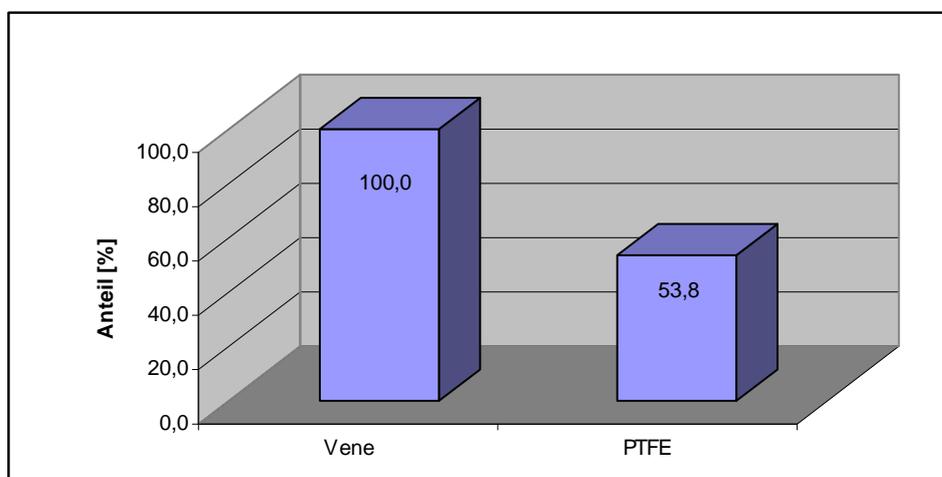


Abbildung 21: Primäre Offenheit in Abhängigkeit von dem verwendeten Bypassmaterial

Auch die sekundäre Offenheitsrate der PTFE- Grafts war mit 76,9 % deutlich schlechter. Dieser Unterschied ist allerdings nicht signifikant (exakter Test nach Fischer, $p > 0,05$).

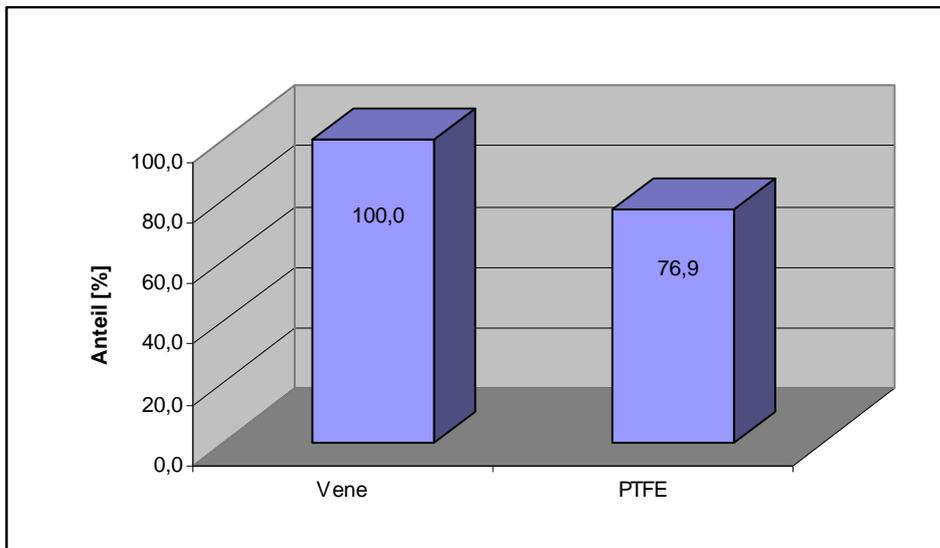


Abbildung 22: Sekundäre Offenheit in Abhängigkeit von dem verwendeten Bypassmaterial

Außerdem musste kein Bein, das mit einem Venenbypass versorgt wurde, majoramputiert werden. Alle Oberschenkelamputierten Patienten wurden primär mit einem PTFE- Bypass versorgt. Hier betrug die Beinerhaltungsrate 69,2 %, was einen signifikanten Unterschied zu den 100 % Beinerhalt bei den venösen Grafts darstellt (Logrank-Test, $p < 0,05$).

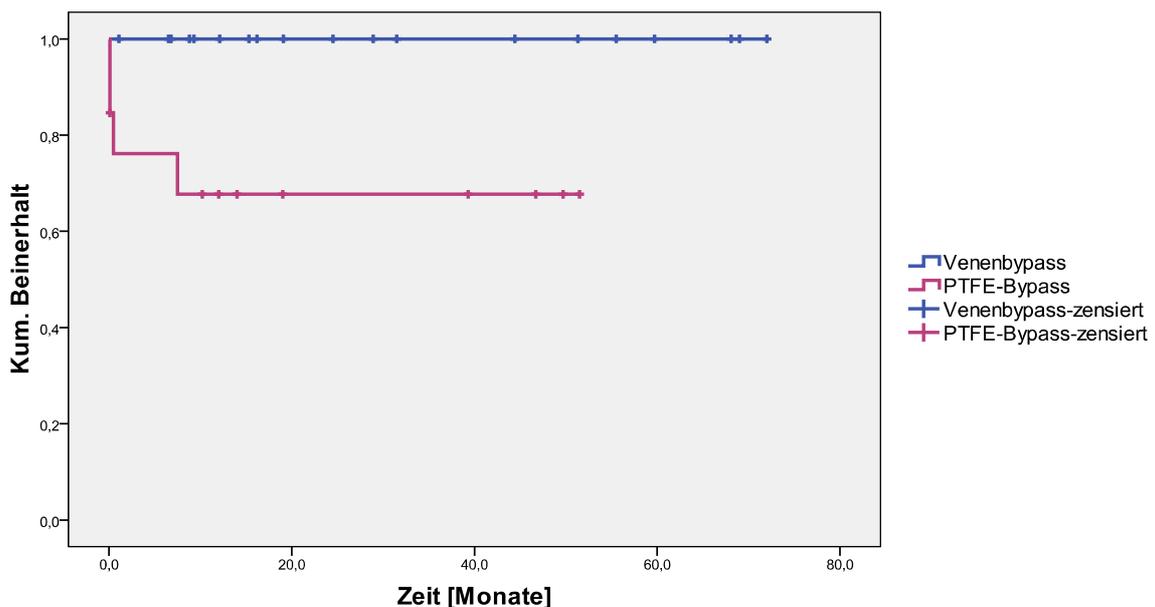


Abbildung 23: Beinerhaltungsrate Venenbypass vs. PTFE-Bypass

Ein aufschlussreicher Vergleich ist auch zwischen denjenigen Patienten mit gutem (2 – 3 offene Unterschenkelarterien) und denjenigen mit schlechtem Runoff (0 – 1 offene Unterschenkelarterie) möglich. Hierbei ergab sich interessanterweise keinerlei Unterschied in der primären Offenheitsrate (82,4 % vs. 82,4 %), eine kleine, allerdings nicht signifikante Differenz in der sekundären Offenheitsrate (93,8 % vs. 88,2 %) und ein signifikanter Unterschied in der Beinerhaltungsrate (100 % vs. 76,5 %). Es ist also deutlich ersichtlich, dass diejenigen Patienten mit einem guten Runoff einen Bypassverschluss besser erdulden als diejenigen mit schlechtem Runoff. Alle durchgeführten Majoramputationen fanden bei Patienten mit schlechtem Runoff statt. Im Gegensatz zu den vorgenannten Faktoren beeinflusste das Vorhandensein von Symptomen im Vergleich zu asymptomatischen Patienten den Beinerhalt und die Offenheitsraten nicht signifikant. Erwähnenswert ist trotzdem, dass kein einziger Patient mit einem asymptomatischen PA, aber 12,5 % der symptomatischen Patienten PA majoramputiert werden mussten (Logrank-Test, $p > 0,05$). Ebenso wurde das Outcome nicht signifikant durch den präoperativen Thrombosierungsgrad des PAs beeinflusst.

4.3 Konservativ behandelte Patienten

4.3.1 Erstuntersuchung

Bei der Erstuntersuchung waren 57,2 % der konservativ behandelten Patienten asymptomatisch. Das PA wurde bei ihnen per Zufall oder im Zuge der Umfelddiagnostik eines kontralateralen PAs entdeckt. Etwas mehr als ein Drittel litten unter Belastungsschmerzen und ein Patient (7,1 %) unter Ruheschmerz (pAVK Stadium III nach Fontaine). Da bei diesem Patienten weder eine operative noch eine interventionelle Therapie sinnvoll erschien, wurde er zusätzlich zu intensivem Gehtraining 14 Tage mit Prostavasin behandelt, wodurch der Ruheschmerz allmählich verschwand und die pAVK III in eine pAVK II b überging.

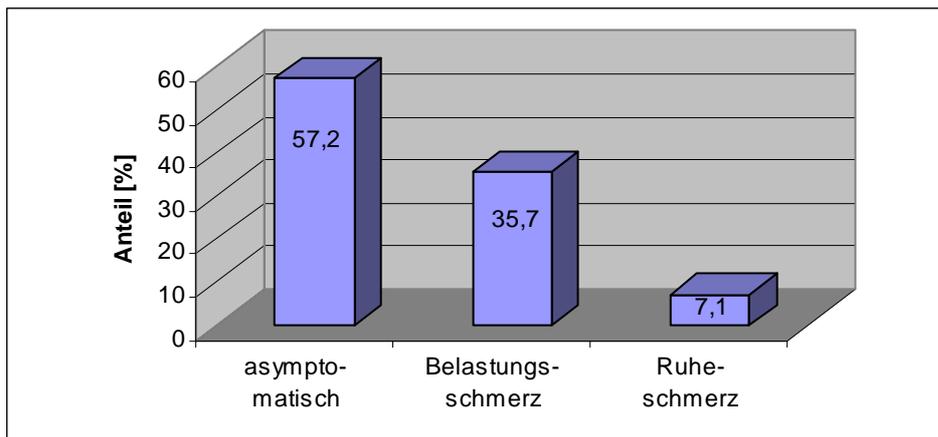


Abbildung 24: Symptome der Patienten mit konservativem Therapieregime

Zusätzlich zu den hier dargestellten Hauptsymptomen erwähnte ein Patient noch Sensibilitätsstörungen und ein anderer lokale Schmerzen in der Kniekehle.

Die ABI- Messung ergab bei der Erstuntersuchung einen durchschnittlichen ABI von $0,96 \pm 0,39$ (Spannweite: 0,00-1,45). Zwei Drittel der Patienten wiesen normale ABIs von $> 0,90$ auf, bei 25,0 % fand sich eine milde bis mäßige pAVK und ein Patient (8,3 %) litt zum Zeitpunkt der Erstdiagnose unter einer schweren pAVK.

Bei der Duplexuntersuchung wurden der Durchmesser und der Thrombosierungsgrad beurteilt (s. 4.1.5). Der durchschnittliche Durchmesser betrug $2,4 \pm 1,5$ cm. Die Hälfte der PAs war teilthrombosiert, 21 % enthielten keine Thrombosierung und der Rest war komplett thrombosiert.

Eine DSA wurde bei neun der 14 PAs (64,3 %) durchgeführt. Keiner der Patienten wurde mittels CT- oder MR-Angiographie untersucht.

4.3.2 Nachuntersuchung

Die letzte Nachuntersuchung wurde im Durchschnitt $30,2 \pm 18,7$ Monate (Spannweite: 4,9 - 62,4 Monate) nach der Erstdiagnose des PAs durchgeführt.

Der mittlere ABI betrug $0,66 \pm 0,45$ (Spannweite: 0,13-1,35) und war damit durchschnittlich 0,30 niedriger als bei der Erstuntersuchung (Wilcoxon-Test, $p > 0,05$). Bei 25,0 % der Patienten war der Knöchel-Arm-Index normwertig, 37,5 % wiesen eine mäßige bis mittlere pAVK auf und ebenso viele eine schwere pAVK.

Bei der duplexsonographischen Nachuntersuchung wurde ein durchschnittlicher Durchmesser von $3,8 \pm 3,3$ cm gemessen, was keinen signifikanten Unterschied zur primären Messung darstellte.

Bei einem Patienten nahm der PA-Durchmesser innerhalb von 40 Monaten an einem Bein um 2,8 cm (von 5,0 auf 7,8 cm) und am anderen Bein um 3,8 cm (von 5,0 auf 8,8 cm) zu. Innerhalb von 32 Monaten vergrößerte sich ein anderes PA von 1,4 auf 1,9 cm. Ein weiteres Aneurysma der A. poplitea nahm in 29 Monaten 0,4 cm an Größe zu (von 3,6 auf 4,0 cm). Drei weitere PAs zwischen 1,4 und 1,5 cm blieben im Laufe von 4, 12 bzw. 15 Monaten gleich groß (bei Annahme einer Messungengenauigkeit von 0,2 cm). Bei den restlichen PAs ließ sich kein Größenvergleich anstellen, da die Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen im Rahmen dieser Arbeit schon verstorben waren, als lost to follow-up galten oder da das PA erst im Rahmen dieser Nachuntersuchung aufgefallen ist.

Interessant zu erwähnen ist noch der Fall eines Patienten, der im Zuge dieser Studie notfallmäßig behandelt wurde. Und zwar wurde bei diesem Patienten schon 32 Monate vor der Einlieferung mit kritischer Extremitätenischämie ein teilthrombosiertes PA von 3,9 cm diagnostiziert. Damals lehnte der Patient eine Operation strikt ab. Dieses PA war dann zum Zeitpunkt der Notfalloperation 5 cm groß. Trotz sofortiger Bypassanlage konnte das Bein nicht mehr gerettet werden und musste zwei Tage später auf Höhe des Oberschenkels amputiert werden.

5 Diskussion

5.1 Allgemeine Daten

5.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung

Das PA ist eine Erkrankung, die vor allem Männer im höheren Lebensalter betrifft.

Das hier untersuchte Patientenkollektiv entsprach sowohl in der Geschlechter- als auch in der Altersverteilung dem Patientengut in der Literatur. Wie in dieser Arbeit überwiegt das männliche Geschlecht in der Literatur ebenfalls mit 96 – 99,8 % [58, 78, 116]. Das mittlere Erkrankungsalter, welches hier bei $67,1 \pm 11,6$ Jahren lag, wird in anderen Arbeiten mit 65 bis 70 Jahren angegeben [17, 58, 76, 78, 116].

5.1.2 Risikofaktoren und Komorbiditäten

Auch die in dieser Studie betrachteten Risikofaktoren und Komorbiditäten werden in der Literatur mit ähnlichen Häufigkeiten erwähnt.

So beträgt der Anteil an Rauchern oder Ex-Rauchern unter den PA-Betroffenen in verschiedenen Publikationen zwischen 71 % und 82 % [6, 58, 73, 84], was ungefähr den hier berechneten 73,5 % entspricht.

Das Vorliegen einer Hypertonie als eine der häufigsten Begleiterkrankungen wird bei Duffy et al. mit lediglich 38 % angegeben, in anderen Arbeiten liegt die Koinzidenzrate zwischen 50 und 60 % [2, 5, 55, 73, 84] und in einer Publikation von Widmer et al. bei 79 % [116]. Mit 85 % liegt die in unserem Patientengut vorliegende Koinzidenzrate einer Hypertonie also leicht über den in der Literatur angegebenen Werten.

Auch die Diagnose einer KHK oder einer Fettstoffwechselstörung wurde hier etwas häufiger gestellt als in anderen Publikationen [5, 6, 73, 78, 84]. Weitere wichtige Begleiterkrankungen, wie Z. n. Myokardinfarkt, Z. n. Apoplex, D. m. und COPD, entsprachen in ihrem prozentualen Anteil den in der Literatur gemachten Angaben [5, 6, 16, 55, 58, 76, 78, 84, 118].

5.1.3 Koinzidenz anderer Aneurysmen

Das Vorliegen eines bilateralen PAs wird in einer Arbeit von Guvendik et al. mit 33 % angegeben [48]. Am häufigsten finden sich in der Literatur jedoch Koinzidenzraten eines kontralateralen PAs von 40 – 59 % [2, 16, 20, 73, 74, 76, 104, 118]. Duffy et al. und Vermilion et al. fanden in ihren Studien sogar bei 67 % bzw. 68 % der Patienten ein bilaterales PA [31, 112]. Damit liegt der in unserer Arbeit diagnostizierte Anteil an bilateralen PAs mit 36,4 % eher im unteren Bereich. Addiert man den Anteil an festgestellten Poplitealektasien hinzu, erhält man einen Wert von 42,5 %. Ursächlich für den festgestellten Unterschied zwischen den Literaturangaben und den Werten aus unserer Studie könnte die Länge des Beobachtungszeitraums sein.

Mindestens ein extrapopliteales Aneurysma wurde in der hier vorliegenden Studie bei 52,9 % der Patienten gefunden. Dies entspricht in etwa den Angaben aus der Literatur von 39 – 67 % [2, 118, 112, 31].

Betrachtet man die Häufigkeit, mit der unterschiedliche extrapopliteale Gefäßausstülpungen auftreten, so steht die Bauchaorta an erster Stelle, gefolgt von den Iliakal- und Femoralarterien. In der Literatur schwankt das Vorkommen eines BAA zusätzlich zum PA zwischen einem Viertel bis über der Hälfte aller Patienten [17, 31, 76, 116]. Somit liegt die hier ermittelte Koinzidenzrate mit 35,3 % verglichen mit anderen Arbeiten im Mittelfeld.

Auch für das Vorliegen von Iliakal- und Femoralaneurysmen findet man in anderen Studien ähnliche Angaben wie in dieser Arbeit [31, 41, 116].

Eine diffuse Aneurysmose wurde bei unserem Patientenkollektiv in rund einem Fünftel der Fälle diagnostiziert, in einer Studie von Vermilion et al. in 14 % [112].

Aufgrund der gerade beschriebenen hohen Koinzidenzrate weiterer Aneurysmen zusätzlich zu einem PA ist es dringend erforderlich bei jedem PA-Patienten die kontralaterale A. poplitea, sowie alle anderen Bein- und Beckenarterien und die Bauchaorta mittels Sonographie zu untersuchen [6, 89]. Laut Dawson et al. sollte diese Untersuchung in regelmäßigen Abständen und zwar lebenslang erfolgen, um neu entstehende Aneurysmen rechtzeitig zu erkennen und behandeln zu können [15]. Auch Hamish et al. sind der Meinung, dass PA-Patienten lebenslang sorgfältig überwacht werden sollten [50].

5.1.4 Ätiologie

Die mit Abstand häufigste Form des PAs ist das Aneurysma verum, welches in den meisten Fällen (97,7 – 99,1 %) atherosklerotisch bedingt ist [31, 41, 91, 118]. Auch bei unserem Patientengut fanden sich in 93,6 % der Fälle Aneurysmata vera, welche überwiegend durch Atherosklerose hervorgerufen worden waren. Dies konnte allerdings nur aufgrund des Alters und des restlichen Gefäßstatus der Patienten vermutet werden, da aufgrund des Belassens des PAs in situ keine histologische Untersuchung der PAs erfolgen konnte.

Ein Aneurysma spurium lag in zwei Fällen (4,3 %) vor. Beide waren Folge eines vorangegangenen operativen Eingriffs am Kniegelenk.

Des Weiteren wurde bei einem Patienten (2,1%) ein Aneurysma dissecans diagnostiziert.

5.2 Symptome, Komplikationen und deren Einflussfaktoren

5.2.1 Symptomatik

In der hier vorliegenden Studie lag ein asymptomatisches PA in einem Viertel der Fälle vor. In der Literatur finden sich zum Teil ähnliche Angaben [6, 76, 111] und zum Teil auch stark nach oben und unten abweichende Angaben, z. B. 11 % bei Harder et al. und 56 % bei Mahmood et al. [52, 74]. Ursache hierfür könnten die sehr unterschiedlichen Patientenkollektive sein, die den jeweiligen Studien zugrunde liegen. So werden in einer gefäßchirurgischen Klinik üblicherweise mehr symptomatische Patienten behandelt als in einer rein angiologischen Abteilung.

Überlässt man asymptotische PAs ihrem natürlichen Verlauf, so ist mit einer Entwicklung von Komplikationen von bis zu 24 % pro Jahr und bis zu 76 % in fünf Jahren zu rechnen [15, 16, 44]. Michaels et al. berechneten in einem Review eine durchschnittliche Symptomentwicklungsrate für asymptomatische PAs von 14 % pro Jahr [79].

Als Prädiktor für die Entstehung von Symptomen nennen Lowell et al. einen Durchmesser > 2 cm, einen schlechten Runoff und das Vorliegen eines Thrombus innerhalb des Aneurysmas. Ein oder zwei dieser Faktoren lagen signifikant häufiger in Beinen vor, welche Symptome entwickelten, als in weiterhin asymptomatischen

Beinen [73]. Des Weiteren sind nicht vorhandenen Knöchelpulse bei der Erstuntersuchung mit einer signifikant höheren Rate an Symptomentwicklung verbunden [16].

Ist nun aus einem asymptomatischen PA ein symptomatisches geworden, so stellt der Belastungsschmerz (Claudicatio intermittens) eines der Hauptsymptome dar und wird in Studien mit einem Vorkommen von 14 – 45 % angegeben [52, 98, 111, 112], womit die in dieser Arbeit errechneten 29 % genau im Mittelfeld liegen. Beim Ruheschmerz, welcher in der Literatur mit einer Häufigkeit von bis zu 31 % genannt wird [5, 98, 112, 114], liegen unsere 39 % an Extremitäten mit Ruheschmerz leicht darüber. Die restlichen, selteneren Symptome, wie Schwellneigung des Unterschenkels oder lokale Schmerzen in der Kniekehle, sind in der Literatur mit ähnlichen Werten angegeben wie bei unserem Patientenkollektiv [112].

5.2.2 Komplikationen

Die beiden häufigsten Komplikationen des PAs sind die Thrombosierung und die Embolisierung in die Peripherie.

Wie in unserer Arbeit unterschieden auch Ascher et al. und Huang et al. in ihren Publikationen zwischen komplett und teilweise thrombosierten PAs. Eine Teilthrombosierung wurde in beiden Studien bei 68 % und in der hier vorliegenden Arbeit bei 63 % der PAs diagnostiziert. Eine Kompletthrombosierung lag in unserem Patientengut mit 29 % etwas häufiger vor als in den Vergleichsarbeiten (21 % bzw. 27 %) [5, 56]. Martelli et al. berichten eine Rate von 36 % an komplett thrombosierten PAs [76].

Die Embolisierung betreffend werden in der Literatur Werte bis 31 % angegeben [35]. Somit liegt die Rate an PAs, welche Embolie in die Peripherie ausgeschwemmt haben, mit 63 % in unserer Arbeit mindestens doppelt so hoch wie in Vergleichsarbeiten. Die Ursache dafür könnte sein, dass die Unterscheidung zwischen pAVK und Mikroembolien durch das PA mittels Angiographie oder Sonographie nur hypothetisch ist. Hat man keinen aktuellen Vorbefund, lässt sich schlecht differenzieren, ob der Gefäßverschluss durch eine fortgeschrittene Atherosklerose oder durch (rezidivierende) Mikroembolien durch das PA zustande gekommen ist. Eine weitere Erklärung für die Unterschiede könnte auch die Kollektivauswahl der einzelnen Studien sein. Die hier vorliegende Studie wurde nicht

an einem peripheren Haus sondern an einem Haus der Maximalversorgung durchgeführt. Hier stehen 24 Stunden pro Tag alle Fachrichtungen zur Verfügung, so dass für Notfälle rund um die Uhr alle diagnostischen und therapeutischen Optionen einsatzbereit sind.

Sowohl die Embolisierung als auch die Thrombosierung des PAs kann zu einer akuten Ischämie des Unterschenkels führen. Diese lag bei unserem Patientengut in 33,3 % der Fälle vor. In der Literatur findet man ähnliche Werte zwischen 21 % und 44 % [6, 13, 52, 66, 111].

Die seltene Komplikation eines PAs, die Ruptur, wird in anderen Studien mit vergleichbar niedrigen Werten (0,9 – 4,8 %) wie in dieser Arbeit (2 %) angegeben [6, 17, 39, 101, 112]. Eine Ausnahme stellen relativ alte Publikationen dar, in denen der Anteil an rupturierten PAs, wahrscheinlich aufgrund von weniger diagnostischen Möglichkeiten, zum Teil bei bis zu 16 % lag [44].

Auch die Ruptur kann zu einer kritischen Extremitätenischämie führen. Primär macht sich die Ruptur allerdings meist durch einen akut einsetzenden Schmerz und eine Schwellung in der Kniekehle bemerkbar, so dass in der akuten Phase Ischämiezeichen noch fehlen können [101].

5.2.3 Einflussfaktoren (auf Symptome und Komplikationen)

Um zu ermitteln, welche PAs gefährdeter sind für die Entwicklung von Symptomen oder Komplikationen, wurden immer wieder verschiedene mutmaßliche Risikofaktoren hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit Symptomen und Komplikationen geprüft. Warum haben z. B. manche PAs ein höheres Risiko zu thrombosieren und andere nicht [85]? Diese und andere Fragen sollen in den folgenden Abschnitten erläutert werden.

5.2.3.1 Durchmesser des PAs und Symptome bzw. Komplikationen

In der hier vorliegenden Arbeit fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen dem durchschnittlichen Durchmesser der asymptomatischen und demjenigen der symptomatischen PAs. Das gleiche Ergebnis findet sich in Studien von Carpenter et al. und Martelli et al. [13, 76]. Andere Publikationen sprechen im Gegensatz dazu davon, dass asymptomatische PAs signifikant kleiner sind als symptomatische [31, 114]. Wieder andere differenzieren zwischen asymptomatischen PAs und PAs,

die eine akute Ischämie produzieren, und geben an, dass die Zweitgenannten signifikant größer sind als die asymptomatischen PAs [39, 56, 111]. Laut Dawson et al. entstehen mit zunehmendem Durchmesser auch mehr Komplikationen [16].

Konträr zu dem bisher Genannten sind Ascher et al. der Meinung, dass PAs mit kleinem Durchmesser nicht so gutartig sind, wie weitläufig vermutet. In dem von ihnen untersuchten Patientengut waren symptomatische PAs nämlich signifikant kleiner als asymptomatische. Außerdem fanden sich in Beinen mit kleineren PAs (< 2 cm) auch häufiger ischämische Symptome als in Beinen mit größeren (≥ 2 cm) [5].

5.2.3.2 Durchmesser des PAs und Thrombosierung

Der Zusammenhang zwischen Größe des PAs und seiner Thrombosierung wurde bereits in einigen Studien überprüft.

Im Patientengut von Ascher et al. und Galland et al. ergab sich, wie auch in unserem Patientenkollektiv, kein signifikanter Unterschied zwischen dem Durchmesser von thrombosierten zu nicht thrombosierten PAs [5, 40]. Andere Studien hingegen geben an, dass thrombosierte PAs (komplett oder mit Wandthrombosierung) signifikant größer sind als PAs ohne Thrombosierung [13, 85, 111].

Laut Galland et al. ist der Durchmesser alleine allerdings kein guter Prädiktor für eine mögliche Thrombosierung des PAs [40]. Bessere Voraussagen können getroffen werden, wenn zusätzlich zum Durchmesser auch noch die Distorsion der A. poplitea berücksichtigt wird [40, 85].

5.2.3.3 Distorsion

Wenn die Poplitealarterie dilatiert, wird sie gleichzeitig länger. Da sie am oberen und unteren Ende relativ fixiert ist, kommt es im Zuge der Dilatation und Elongation zu einer Verkrümmung der Arterie [39]. Hierbei gilt, dass der Grad der Distorsion (Verzerrung) mit wachsendem Durchmesser der A. poplitea immer weiter zunimmt [40]. Die daraus resultierende Tortuosität (Gewundenheit) hängt möglicherweise mit einer Thrombosierung infolge von Turbulenzen und Kinking zusammen [85].

Laut Galland et al. besteht ein direkter Zusammenhang zwischen dem Durchmesser des PAs und dem Grad der Distorsion. Des Weiteren korreliert die Distorsion mit den Symptomen. So ist die Distorsion in einem symptomatischen PA signifikant größer

als in einem asymptomatischen PA, das Gleiche gilt für Thrombosierung und Nichtthrombosierung [39, 40].

In einer Studie wiesen auch Ramesh et al. nach, dass thrombosierte PAs signifikant häufiger mit einer Distorsion assoziiert sind [85].

Bei den beiden letztgenannten Autoren herrscht Einigkeit darüber, dass eine Größe > 3 cm zusammen mit einer Distorsion die wichtigsten Risikofaktoren für eine Thrombosierung des PAs darstellen [40, 85].

In der hier vorliegenden Arbeit wurde die Distorsion nicht gemessen.

5.3 Therapieoptionen

Da der natürliche Verlauf des PAs bis heute noch schlecht verstanden ist, ist die ideale Therapie desselben unbekannt [47]. Als Alternativen stehen zurzeit die konservative, die operative und die endovaskuläre Therapie zur Verfügung. Auf alle drei Möglichkeiten soll in den folgenden Abschnitten näher eingegangen werden.

5.3.1 Operationsindikation

Eine klare Operationsindikation stellt auf alle Fälle ein symptomatisches PA dar [38, 84, 100, 105].

Bei asymptomatischen PAs gibt es unterschiedliche Ansichten, ab wann man operieren sollte.

So sind manche Autoren der Ansicht, dass alle PAs, egal ob symptomatisch oder asymptomatisch, operativ behandelt werden sollten. Diese Aussage begründen sie unter anderem mit der geringen bzw. nicht vorhandenen postoperativen Mortalität bei asymptomatischen Patienten [87, 98, 100, 101].

Viele andere vertreten die Meinung, dass sich Patienten mit einem asymptomatischen PA ab einem Durchmesser von > 2 cm [6, 49, 66, 84, 100, 104, 105] oder bei einer vorliegenden Wandthrombosierung [6, 49, 104, 112] einer Operation unterziehen sollten.

Wiederum anderer Meinung sind Galland et al.; sie befürworten eine operative Ausschaltung von asymptomatischen PAs erst ab einem Durchmesser von > 3 cm, vorausgesetzt, es liegt keine Distorsion $\geq 45^\circ$ vor [38, 41]. Dagegen setzten Kirkpatrick et al., dass ein abwartendes Beobachten eines PAs < 3 cm nicht sicher ist [63].

Wenige Autoren vertreten außerdem die Ansicht, dass es angemessen ist, bei asymptomatischen PAs in der Regel ein abwartendes Beobachten einer Operation vorzuziehen [10, 110].

Relativ sicher konservativ behandelt werden können allerdings eigentlich nur komplett thrombosierte PAs, die trotz Thrombosierung asymptomatisch bleiben [48, 115].

Unabhängig von den genannten Operationsindikationen muss natürlich bei jedem Patienten zusätzlich (speziell vor prophylaktischen Operationen) eine individuelle Nutzen-Risiko-Abwägung erfolgen. Hierbei gilt es vor allem die Lebenserwartung, den Allgemeinzustand des Patienten, Begleiterkrankungen, wie z. B. kardiovaskuläre Risikofaktoren, und andere medizinische Kontraindikationen für eine Operation zu beachten [20, 38, 73, 98, 114].

Greenberg et al. haben das Dilemma der PA-Therapie in einer Publikation gut fokussiert. Sie sind der Meinung, dass immer eine Operation erfolgen würde, wenn die Operation ohne Risiko wäre und im Umkehrschluss müsste nie eine Ausschaltung eines asymptomatischen PAs erfolgen, wenn die akute Ischämie durch das PA nicht mit einer gewissen Morbidität und Mortalität verbunden wäre [47].

In unserem Patientenkollektiv galten folgende Operationsindikationen: alle symptomatischen PAs und zusätzlich alle asymptomatischen PAs mit einem Durchmesser > 2 cm oder mit Teilthrombosierung (unabhängig vom Durchmesser). Ausnahmen bildeten hierbei drei Patienten, welche sich mit einem komplett thrombosierten PA vorstellten, bei denen aufgrund fehlender Anschlussgefäße keine Bypassanlage erfolgen konnte. Weitere fünf Patienten lehnten die Operation ab, bei zwei Patienten lag lediglich eine Ektasie der A. poplitea vor und ein Patient wurde trotz Thrombosierung wegen hohem OP-Risiko und aus persönlichen Gründen nicht operiert.

5.3.2 Das Pro und Kontra der prophylaktischen PA-Ausschaltung

Ein Argument, das laut Ramesh et al. gegen eine prophylaktische Operation spricht, ist, dass sich die Situation des Beines nach der PA-Ausschaltung verschlechtern kann [85]. Denn auch die Operation von asymptomatischen PAs birgt ein geringes, aber doch vorhandenes Amputations- und Mortalitätsrisiko von im Durchschnitt 0,8 % bzw. 0,4 % in der frühen postoperativen Phase [79].

Hands et al. sind der Meinung, dass es ungerechtfertigt und eventuell sogar gefährlich ist, alle asymptomatischen infrainguinalen Aneurysmen operativ zu behandeln. Denn aufgrund der Tatsache, dass viele Aneurysmen lange Zeit asymptomatisch bleiben und die Patienten aufgrund ihres hohen Alters teilweise nur noch eine kurze Lebenserwartung haben [51], bleibt der gewünschte Benefit einer prophylaktischen OP möglicherweise aus.

Mittels eines „Markov-Entscheidungs-Baumes“ haben Michaels et al. versucht Kosten und Nutzen einer prophylaktischen Operation miteinander zu verrechnen. Bei einer angenommenen Symptomentwicklungsrate von 14 % pro Jahr würde es 16 Monate dauern bis die Patienten einen Benefit aus einer prophylaktischen PA-Ausschaltung hervor tragen [79]. Aufgrund dieser Tatsache muss von Patient zu Patient individuell entschieden werden, ob eine prophylaktische Operation für ihn sinnvoll erscheint oder nicht.

Laut Wain et al. ist es vernünftig bei allen Patienten mit einem akzeptablen OP-Risiko eine PA-Operation durchzuführen. Nur so kann versucht werden, die Bypassoffenheit zu maximieren und dadurch das Amputationsrisiko zu senken [113]. Außerdem muss beachtet werden, dass, wenn die Patienten nicht prophylaktisch operiert werden und letztendlich mit einer akuten Ischämie des Beines eingeliefert werden, höhere Kosten durch die eventuell notwendige Thrombolyse und den längeren Klinikaufenthalt entstehen [6].

5.4 Konservative Therapie

Hat man sich bei einem Patienten aus den unter 5.3 genannten Gründen für ein konservatives Vorgehen entschieden, ist eine regelmäßige Verlaufskontrolle von großer Bedeutung, um mögliche Komplikationen frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig therapieren zu können.

Hierbei gilt es, die Wachstumsrate des PAs zu beachten. Pittathankal et al. fanden in einer Studie heraus, dass kleinere PAs langsamer wachsen als größere. Für einen Durchmesser < 2 cm geben sie eine jährliche Wachstumsrate von 1,5 mm/ Jahr an, für 2 - 3 cm eine von 3 mm/ Jahr und für ein PA > 3 cm 3,7 mm/ Jahr ($p > 0,05$). Des Weiteren stellten sie fest, dass ein PA bei Vorliegen einer Hypertonie signifikant mehr wächst als ohne [83].

Bei zwei Patienten aus unserem Patientengut entsprach das Wachstum im Laufe der Monate ziemlich genau den durchschnittlichen Angaben von Pittathankal et al.. Bei einem anderen Patienten wich es um 0,5 cm nach oben ab und bei weiteren zwei Patienten wuchs das PA deutlich stärker. Statt der erwarteten 1,2 cm innerhalb von 40 Monaten nahmen die PAs 2,8 bzw. 3,8 cm an Größe zu. Drei kleine PAs (1,4-1,5 cm) blieben weitestgehend größenkonstant innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von maximal 15 Monaten. Auch dies entspricht den Angaben der oben zitierten Studie. Denn ein Wachstum von nur 1,5 mm innerhalb eines Jahres ist im Ultraschall aufgrund von Messungenauigkeiten nicht sicher nachweisbar.

Aus den eben erläuterten Wachstumsraten ergeben sich Kontrollintervalle für konservativ behandelte Patienten von sechs Monaten für PAs > 1,7 cm und von 12 Monaten bei PAs < 1,7 cm. Dies gilt dann, wenn man einen Durchmesser von > 2 cm als OP-Indikation wählt. Ist man der Meinung, dass erst ab einem Durchmesser von 3 cm operiert werden sollte, so werden jährliche Kontrollen bei PAs ≤ 2,4 cm empfohlen und halbjährliche bei PAs > 2,4 cm [83].

Des Weiteren ist es laut Stiegler et al. wichtig, PA-Patienten mit konservativem Therapieregime zur Vorbeugung von thrombembolischen Komplikationen mit Kumarin antizukoagulieren. Falls Kontraindikationen bestehen, kann auf ASS zurückgegriffen werden. Dabei gilt allerdings zu beachten, dass Kumarin einen größeren Benefit gegenüber ASS besitzt und dass alle Komplikationen in der Studie von Stiegler et al. unter Medikation mit ASS und keine unter Therapie mit Kumarin auftraten [104].

Das letztendliche Outcome von konservativ behandelten Patienten ist sehr variabel. Hierbei muss bedacht werden, dass es zwei unterschiedliche Verlaufsformen eines PAs gibt: Die erste ist prädestiniert dafür, sich mit einer akuten Verschlusssymptomatik und nachfolgender akuter Ischämie zu präsentieren und besitzt dementsprechend ein hohes Amputationsrisiko. Bei diesen Patienten würde man eine prophylaktische Operation bevorzugen [99], da hier das konservative Management seine Limits erreicht [76]. Die zweite Gruppe sind diejenigen Patienten mit einem chronischen Verlauf und mit Claudikationsbeschwerden wie bei einer chronischen pAVK. Diese Patienten zeichnen sich durch ein niedriges Komplikations- und Amputationsrisiko aus und können deshalb eher konservativ behandelt werden [99].

In einer Studie geben Gifford et al. für konservativ behandelte Patienten eine Amputationsrate von 23,4 % bei einem mittlerem follow-up von 44 Monaten an. Im Vergleich dazu lag die Amputationsrate bei operierten Patienten bei 7,7 % bei einem um 30 Monate längeren Follow-up, wobei die elektiv operierten Patienten sogar eine Amputationsrate von 0 % aufwiesen [44].

In unserem Patientengut musste ein Patient majoramputiert werden, bei dem das PA schon länger bekannt war, der sich aber primär weigerte, sich einer Operation zu unterziehen. So ergab sich eine Amputationsrate von 6,6 % für die konservativ behandelten Patienten, verglichen mit 0 % für die elektiv operierten Patienten.

Einen anderen Aspekt beleuchtet eine Studie von Varga et al., welche zeigt, dass bei multimorbiden Patienten mit einer kurzen Lebenserwartung ein konservatives Therapieregime oft besser geeignet ist als ein operatives Vorgehen. Denn eine Mortalitätsrate bei den konservativ behandelten Patienten von 22,4 % in den ersten sechs Monaten nach Diagnose spricht dafür, dass es unangemessen gewesen wäre, diese Patienten mit kurzer Lebenserwartung einer Bypassoperation zu unterziehen [111].

Letzten Endes ist es wichtig, dass die Patienten über alle Vorteile und Risiken eines konservativen Therapieregimes aufgeklärt werden, bevor sie sich für oder gegen eine Operation entscheiden [98].

5.5 Operative Therapie

5.5.1 Präoperative Diagnostik

Da effektive und rechtzeitige Therapie nur auf Basis einer suffizienten Diagnostik möglich ist und ansonsten schwerwiegende Komplikationen drohen, spielt die präoperative Diagnostik eine bedeutende Rolle im Management eines PAs [65].

Die allgemeinen Ziele der Diagnostik sind die Diagnosesicherung, die Beurteilung des Thrombosierungsgrades und die Bewertung der distalen Ausstrombahn [111].

Hierbei stellt die Duplexsonographie das Routineverfahren dar [89] und ist gleichzeitig laut Wain et al. die nützlichste Untersuchung, um ein PA zu bestätigen oder auszuschließen (z. B. Abgrenzung von einer Baker-Zyste) [113]. Mit ihrer Hilfe kann eine genaue Bestimmung von Größe und Thrombosierungsgrad des PAs erfolgen, und auch eine mögliche Kompression von Begleitvenen kann gesehen

werden [113]. Das Vorteilhafte an der Duplexsonographie ist die relativ gute Verfügbarkeit im Notfall und die relativ einfache Benutzbarkeit [90].

In unserem Patientengut wurde eine Duplexuntersuchung bei 95 % der elektiv operierten Patienten und bei 65 % der Notfallpatienten durchgeführt. Diese Tatsache hatte bei drei Notfallpatienten zur Folge, dass das PA als Ursache der akuten Ischämie erst nach der primären Intervention erkannt wurde. Dasselbe Szenario ereignete sich in einer Studie von Gouny et al.. Hier wurde ebenfalls präoperativ nicht bei allen Patienten (87 %) eine Duplexuntersuchung durchgeführt, wodurch fünf PAs erst später identifiziert wurden [46]. Auch in anderen Studien wurde präoperativ nicht bei jedem Patienten eine Duplexuntersuchung durchgeführt [13, 56].

Durch die Dopplersonographie bzw. im eigentlichen Sinne die Berechnung des ABI kann eine Einschätzung des Schweregrades der Unterschenkelminderdurchblutung erfolgen. Zur Beurteilung des Operationserfolgs kann der präoperative mit dem postoperativen ABI verglichen werden. In der hier vorliegenden Studie erfolgte bei 95 % der elektiv operierten Patienten und bei 77 % der Notfallpatienten eine präoperative ABI-Messung.

Zur noch besseren Beurteilung des Runoff-Status im Unterschenkel wird die Sonographie durch eine DSA, CT-Angiographie oder MR-Angiographie unterstützt. Halliday et al. sind der Ansicht, dass präoperativ auf jeden Fall zur genauen OP-Planung eine Angiographie erfolgen sollte [49]. Wie auch in einer Studie von Carpenter et al., wurde ebenso bei den Patienten unserer Studie in 100 % der Fälle präoperativ eine Angiographie durchgeführt. Hierbei wurde u. a. die Anzahl an offenen Unterschenkelarterien bestimmt. Bei den elektiv operierten Patienten fanden sich mit $2,1 \pm 0,8$ signifikant mehr Runoff-Gefäße als bei den Notfallpatienten mit $1,2 \pm 1,1$. Ähnliche Werte nennen auch Aulivola et al. in einer Studie (2,2 für elektive Patienten vs. 1,1 für Notfallpatienten) [6]. Ascher et al. verglichen den Runoff-Status von asymptomatischen mit symptomatischen Patienten und erhielten eine signifikant größere Anzahl an offenen Unterschenkelarterien bei den asymptomatischen Patienten [5]. Auf die Auswirkungen eines schlechten Runoff-Status auf das postoperative Outcome wird in Abschnitt 5.5.2 näher eingegangen.

Alternativ zur präoperativen Angiographie kann auch auf eine intraoperative Angiographie zurückgegriffen werden, falls gerade kein Radiologe zur Verfügung steht und keine Zeit verloren werden darf oder falls es die Organisationsstruktur nicht erlaubt.

Unabhängig von den apparativen Untersuchungen kann ein größeres PA in manchen Fällen auch als pulsierende Masse in der Kniekehle ertastet werden [113]. Darüber kann in dieser Studie keine Aussage getroffen werden, da diese Informationen retrospektiv nicht mehr ermittelt werden konnten.

5.5.2 Prä-/Intraoperative Thrombolysen

Die Rolle der prä- und intraoperativen intraarteriellen low-dose Thrombolysetherapie stellt einen großen Diskussionspunkt im Management von PAs dar [50]. Im Folgenden sollen verschiedene Studien näher beleuchtet werden, um die Vor- und Nachteile dieser Zusatztherapie herauszuarbeiten.

Sinn der präoperativen Thrombolysen ist es laut Carpenter et al., eine Notfallsituation in eine Situation mit elektiver OP-Indikation zu verwandeln. Denn sie stellt oft eine erfolgreiche Alternative zur Notfall-OP dar [13].

Als Indikation für eine präoperative Thrombolysen nennen die meisten Autoren eine akute milde bis mäßige Beinischämie mit überlebenschfähiger Extremität, die ohne neurologische Beeinträchtigung einhergeht [47, 49, 56, 84, 85, 107] und bei der das PA thrombosiert ist und keine distalen Unterschenkelarterien mehr nachweisbar sind [49, 90].

Im Gegensatz dazu stellt die präoperative Lyse keine Option für Patienten mit einer fortgeschrittenen Extremitätenischämie und evtl. schon vorhandenen neurologischen Defiziten dar, da sie nicht in der Lage sind die Hypoxie noch einige Stunden länger auszuhalten, bevor eine Reperfusion durch die Thrombolysen erreicht werden würde [62, 82, 90]. Diese Patienten sollten besser sofort operiert und evtl. intraoperativ lysiert werden [77].

Weitere Kontraindikationen stellen innere und äußere Blutungen, raumfordernde intrakranielle Läsionen, eine zerebrospinale Operation oder eine zerebrale Blutung in den letzten drei Monaten dar [103].

Ziel der präoperativen Lysetherapie ist vor allem die Rekanalisation der distalen Ausstrombahn, sprich der Unterschenkelarterien [41, 86, 90, 103]. Diese Wiedereröffnung von mindestens einem Runoff-Gefäß [90] ist von überragender Bedeutung, da ein schlechter Runoff den größten Risikofaktor für eine postoperative Amputation darstellt [86].

Steinmetz et al. sind außerdem der Meinung, dass durch die thrombolytische Therapie auch das thrombosierte PA selbst wieder eröffnet werden sollte [103].

Andere betonen hingegen, dass das einzige Ziel die eben genannte Wiederherstellung von durchgängigen Unterschenkelarterien ist und nicht das Eröffnen des PAs selbst [39, 86], weshalb der Lysekatheter auch durch das PA durchgeschoben werden sollte, so dass er distal des PAs zu liegen kommt [85].

5.5.2.1 Runoff-Status und Outcome

Dass der Runoff-Status eine äußerst wichtige Rolle im Outcome des Patienten spielt, zeigen die Ergebnisse einiger Studien.

Laut Shortell et al. ist die Bypassoffenheitsrate ab dem dritten postoperativen Jahr bei Patienten mit zwei bis drei Runoff-Gefäßen signifikant besser als bei Patienten mit keiner oder einer offenen Unterschenkelarterie (89 % vs. 40 %) [100]. Auch in Studien von Pulli et al. und Martelli et al. nimmt der Runoff-Status zum OP-Zeitpunkt einen signifikanten Einfluss auf die primäre Offenheitsrate [76, 84]. Eine signifikant höhere Majoramputationsrate für Patienten mit lediglich einem oder keinem offenen Unterschenkelgefäß ermittelten Ravn et al. (28,2 % vs. 5,0 %) [86]. Sowohl eine signifikant bessere Offenheitsrate als auch eine signifikant höhere Beinerhaltungsrate für Patienten mit zwei bis drei offenen Unterschenkelarterien konnten Carpenter et al. nachweisen [13].

Auch bei unserem Patientengut zeigte sich eine signifikant höhere Beinerhaltungsrate bei denjenigen Patienten mit zwei bis drei Runoff-Gefäßen (100 % vs. 76,5 %). Ebenso war die sekundäre Bypassoffenheitsrate bei den eben genannten Patienten höher, allerdings nicht signifikant (93,8 % vs. 88,2 %). Die primäre Offenheitsrate lag im Gegensatz dazu bei beiden Gruppen mit 82,4 % gleich hoch.

Der Runoff-Status spielt also eine äußerst wichtige Rolle für den Beinerhalt. Und da durch die prä- bzw. intraoperative Thrombolyse in vielen Fällen ein besserer Runoff hergestellt werden kann, so kann durch eine Lysetherapie möglicherweise indirekt das Outcome verbessert werden.

5.5.2.2 Thrombolyse und Outcome

Das Outcome mit und ohne präoperative Lysetherapie, vor allem bezüglich Bypassoffenheit und Beinerhalt, wurde bereits in einigen Studien miteinander verglichen.

In einer Arbeit von Greenberg et al. zeigten zwei Patienten postoperativ anhaltende neurologische Defizite, so dass die Autoren zu dem Schluss kamen, dass diese Patienten besser sofort operiert worden wären (inkl. intraoperativer Lyse) [47]. Galland et al. fanden eine signifikant höhere Anzahl an Komplikationen bei präoperativ lysierten Patienten im Vergleich zu nicht lysierten Patienten [39].

Keine signifikant besseren frühen und Langzeitergebnisse durch eine präoperative Lyse zeigten sich in einer Studie von Dorigo et al. [30]. Auch Galland et al. konnten bei Patienten mit thrombosiertem PA insgesamt keinen signifikanten Unterschied zwischen den präoperativ lysierten und den nichtlysierten feststellen. Im Gegenteil, die präoperativ lysierten Patienten mit thrombosierten PA hatten postoperativ sogar signifikant mehr Komplikationen als die lediglich operierten Patienten [38].

Im Gegensatz dazu zeigte sich im Patientengut von Huang et al., dass die Amputationsrate bei Patienten mit akuter Ischämie durch eine Lysetherapie plus Operation signifikant gesenkt werden konnte im Vergleich zur Operation alleine (4 % vs. 31 %) [56]. Auch in einer Studie von Carpenter et al. fand sich eine signifikant bessere Bypassoffenheits- und Beinerhaltungsrate bei präoperativ lysierten Patienten mit einem thrombosierten PA und keinem offenen Unterschenkelgefäß im Vergleich zu nur operierten Patienten mit gleichem Ausgangsstatus [13].

5.5.2.3 Lysekomplikationen

Auch wenn durch die Thrombolyse teilweise sehr gute Langzeitergebnisse erzielt werden, darf nicht vergessen werden, dass sie doch auch mit einem gewissen Komplikationsrisiko einhergeht. Wenige Studien geben zwar eine Komplikationsrate von 0 % an [13, 30]. Diese stellen allerdings die Ausnahme dar.

Erstens gilt es zu beachten, dass nicht alle Thrombolysetherapien überhaupt erfolgreich sind, wobei die Spanne zwischen 62 und 93 % an erfolgreicher Lysetherapie liegt [30, 77, 84, 103, 111].

Und zweitens müssen die zahlreichen Komplikationen bedacht werden, die auftreten können. Hierzu zählen kleine Blutungskomplikationen mit bis zu 23 % [12, 56, 84],

größere Blutungen mit 5 % [7], hämorrhagische Schlaganfälle in 1 % der Fälle [7] und katheterassoziierte Komplikationen mit 4 % [12].

Als weitere bedeutsame Komplikation tritt die akute Verschlechterung der Situation des Beines während der Lyse hinzu. Diese tritt in 13 – 20 % der Fälle auf [37, 41, 85] und ist so zu erklären, dass durch die Lyse ein großes Thrombusvolumen innerhalb des PAs destabilisiert wird und zu Embolisationen in die Peripherie führt [39, 41, 85]. Tritt diese Komplikation auf, so kann die Dosis des verwendeten Lysemedikamentes erhöht oder der Katheter weiter nach distal (durch das PA hindurch) vorgeschoben werden [37].

Hierbei ist wiederum von Nachteil, dass durch die erhöhte Dosis auch vermehrt Blutungskomplikationen auftreten können oder dass durch das Vorschieben des Katheters wichtige Kollateralen verlegt werden [37].

5.5.2.4 Intraoperative Lyse

Um dieses Problem gänzlich zu umgehen, kann die intraoperative Lyse eine gute Alternative darstellen [39, 41].

Diese kann außerdem auch bei Patienten (evtl. mit zusätzlicher Oxygenierung) mit fortgeschrittener, schwerer Extremitätenischämie eingesetzt werden, die keine weitere Ischämiezeit erdulden würden [47, 77, 82, 86].

In einer Studie von Thompson et al. zeigten sich keine Komplikationen während oder nach einer intraoperativen Lysetherapie und alle Beine wurden erhalten. Sie befürworteten die intraoperative Lyse aufgrund ihrer Einfachheit und Sicherheit [106].

5.5.2.5 Unsere Ergebnisse

In unserem Patientengut wurden 75 % der lysierten Patienten (n = 6) erfolgreich und 25 % (n = 2) mit mäßigem Erfolg lysiert. Keine Lyse scheiterte komplett. Lysekomplikationen traten bei zwei Patienten (25 %) auf. Bei beiden kam es zu einer Blutung in der Leiste, welche ohne Operation (durch Kompression und RR-Senkung) gestillt werden konnte. Zusätzlich litt einer dieser Patienten an einer intermittierenden Schmerzzunahme unter der Lyse, weshalb die Dosis des Lysemedikamentes gesteigert wurde.

Der einzige Patient, der intraoperativ lysiert wurde, starb am dritten postoperativen Tag an Herz-Kreislauf-Versagen. Im Nachhinein lässt sich nicht mehr feststellen, ob dieser Tod in Zusammenhang mit der intraoperativen Lyse steht. Dies wäre

allerdings unwahrscheinlich, da es sich nur um eine lokale und keine systemische Lysetherapie handelte.

Sowohl die primäre als auch die sekundäre Bypassoffenheitsrate lagen bei den lysierten und zusätzlich operativ versorgten Patienten bei 100 %, die Majoramputationsrate bei 0 %. Es musste lediglich bei einem Patienten (14,3 %) eine Zehenamputation durchgeführt werden.

Diejenigen Notfallpatienten, welche prä- oder intraoperativ nicht lysiert wurden, zeigten mit 66,7 % für die primäre und 77,8 % für die sekundäre Offenheitsrate ein deutlich schlechteres Outcome, wobei die Unterschiede aufgrund der geringen Fallzahlen nicht signifikant waren. Auch die Majoramputationsrate lag mit 44,4 % bei den ausschließlich operativ versorgten Patienten höher als bei den zusätzlich lysierten Patienten. Auch dieser Unterschied ist nicht signifikant. Die perioperative Mortalität der lysierten und operierten Patienten betrug 12,5 %, diejenige der nur operativ versorgten Patienten lag bei 0 % ($p > 0,05$).

Lysiert wurden in der hier vorliegenden Studie diejenigen Notfallpatienten, bei denen ein schlechter Runoff-Status vorlag. Hinzu kamen allerdings auch noch verschiedene die Organisation betreffenden Faktoren, wie z. B. ob ein Bett auf der Intensivstation frei war und ob zum Zeitpunkt der Einweisung ein Radiologe zur Verfügung stand, der sich mit der thrombolytischen Therapie auskennt und der auch einige Stunden später noch im Hause war, um eine Kontrollangiographie durchzuführen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es aufgrund der schwerwiegenden Komplikationen und ihrer sehr variabel berichteten Inzidenz, wichtig ist die Patienten, die für eine thrombolytische Therapie geeignet sind, vorsichtig auszuwählen [76]. Des Weiteren muss beachtet werden, dass die Lyse (mit wenigen Ausnahmen) lediglich eine adjuvante Therapie zur Verbesserung der Unterschenkelstrombahn vor einer Operation oder endovaskulären Intervention darstellt [82].

Auch Schröder et al. sind der Meinung, dass die Thrombolyse nur eine temporäre Maßnahme sein kann und immer die Ausschaltung des PAs an sich als Ziel angestrebt werden sollte [99].

5.5.3 Operativer Eingriff

Der bevorzugte operative Eingriff zur Ausschaltung eines PAs ist für die meisten Autoren der mediale Zugang mit Anlage eines venösen Bypasses [56, 73]. Durch diesen Zugangsweg erfolgt auch die distale und proximale Ligatur der A. poplitea und Anlage des P I-P III- Bypasses [67].

Ist die Gefäßdilataion nicht auf die A. poplitea beschränkt, sondern ist auch noch die AFS mit betroffen, so muss ein langer femoro-poplitealer Bypass eingesetzt werden [66]. Dasselbe gilt, wenn die AFS beispielsweise aufgrund von Stenosen durch eine pAVK nicht als Anschlussgefäß geeignet ist.

In unserem Patientengut wurden die meisten elektiv operierten Patienten mit einem PI - PIII - Bypass versorgt und die Notfallpatienten zu je gleichen Teilen mit dem eben genannten und einem femoro-poplitealen Bypass. Des Weiteren wurden zwei Notfallpatienten aufgrund mangelnder Diagnostik primär embolektomiert und erst in einer zweiten Operation mit einem Bypass versorgt. Auch in einer Studie von Gouny et al. wurden primär fünf Thrombektomien bei Patienten mit PA durchgeführt, weil das PA vor der Operation nicht diagnostiziert wurde. Im Gegensatz zu unseren beiden embolektomierten Patienten hatte dieses Vorgehen bei Gouny et al. eine Majoramputation zur Folge [46].

Als Bypassmaterial werden v. a. autologe Venentransplantate und ringverstärkte PTFE-Prothesen verwendet. Früher benutzte man auch Dacron-Prothesen, welche heutzutage allerdings aufgrund ihrer Steifheit nicht mehr im Bereich der A. poplitea eingesetzt werden. Durch diese Steifheit konnte es zu einem Kinking der Arterie ober- und unterhalb des Grafts kommen [76].

Bei einem gelenksüberschreitenden Bypass sollte aus verschiedenen Gründen, wann immer möglich auf eine Vene als Bypassmaterial zurückgegriffen werden.

Ein Grund, der für die Verwendung einer Vene spricht, ist zum einen die hohe Infekteresistenz [69]. Zum andern die relativ gute Toleranz gegenüber der ständigen mechanischen Belastung durch Kniebewegungen [76]. Außerdem duldet die Vene relativ gut Stenosen und zum Teil auch Verschlüsse in der vor- und nachgeschalteten Strombahn [64, 69].

Des Weiteren sprechen auch die Langzeitergebnisse in den meisten Studien klar für die bevorzugte Verwendung einer Vene bei der Bypassanlage über das Knie.

Signifikant bessere Bypassoffenheitsraten [6, 56, 66] und signifikant geringere Amputationsraten [56] sprechen für sich.

Auch in der hier vorliegenden Studie war sowohl die primäre Offenheitsrate als auch die Beinerhaltungsrate bei den venösen Bypässen signifikant besser als bei den PTFE- Bypässen. Die sekundäre Bypassoffenheit war bei den Venenbypässen auch besser; dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant.

Von Largiadèr werden verschiedene Gründe für die schlechteren Ergebnisse von PTFE-Prothesen gegenüber Venen genannt: Zum einen stellte er fest, dass durch die Kniegelenksbewegung Mikroläsionen in der Neointima der Prothese entstehen, an denen sich Appositionsthromben bilden können. Zum andern kann das Aufeinandertreffen zweier Materialien (Arterie und PTFE-Prothese) mit stark unterschiedlicher Compliance im Anastomosenbereich zu einer überschießenden Intimaproliferation führen [69], was bei kleinkalibrigen Arterien (z. B. distale A. poplitea) gleich relevante Stenosen zur Folge haben kann.

Steht allerdings aufgrund von Voroperationen, Varizen oder des AZ des Patienten keine passende Vene zur Verfügung, muss auf eine PTFE-Prothese zurückgegriffen werden.

Vorteil bei der Verwendung einer Prothese ist, dass keine Freilegung und Präparation der Vene notwendig ist [50]. Somit verkürzt sich die Operationszeit [50, 69], der Patient erfährt eine geringere Traumatisierung und der Blutverlust ist kleiner [64]. Diese Vorteile gilt es vor allem bei sehr alten Menschen mit einem hohen Operationsrisiko zu beachten [69]. Der Operateur muss hier, insbesondere im Notfall, schnell abwägen, welches Vorgehen für den Patienten am besten geeignet ist. Ist es besser eine längere Funktionsdauer des Bypasses zusammen mit einer längeren OP-Zeit und evtl. vermehrten Blutungskomplikationen (vor allem bei antikoagulierten Patienten) anzustreben? Oder ist es für den Patienten besser die schlechtere Prognose des PTFE-Bypasses in Kauf zu nehmen und dafür aber weniger Traumatisierung durch eine kürzere Operation zu erfahren?

Bei dem Patientenkollektiv dieser Studie wurde versucht, wann immer möglich eine Vene als Bypassmaterial zu verwenden. Bei den elektiv operierten Patienten ist dies bei fast drei Viertel aller Patienten gelungen, bei den Notfallpatienten nur bei 43 %. Ursachen davon waren v. a. bei alten Patienten die kürzere Operationszeit beim Einsetzen eines PTFE-Bypasses und bei antikoagulierten Patienten das Blutungsrisiko durch die Venenentnahme. Des Weiteren konnte bei den

Notfallpatienten aus Zeit- oder Organisationsgründen nicht immer eine präoperative Duplexuntersuchung zur Evaluation der venösen Bein Gefäße erfolgen.

Bei notfallmäßiger Ausschaltung eines PAs muss außerdem überlegt werden, ob es nicht sinnvoll wäre, beide Beine abzuwaschen bzw. zu desinfizieren, damit intraoperativ entschieden werden kann, ob bei einem stabilen Patienten vielleicht die kontralaterale Vena saphena magna entnommen wird, falls ipsilateral keine passende Vene zur Verfügung steht. Dies hätte außerdem den Vorteil einer verkürzten Operationszeit und einer geringeren Traumatisierung am ohnehin schon ischämischen Bein [69].

5.5.4 Perioperativer Verlauf und Langzeitverlauf

5.5.4.1 Perioperativer Verlauf (\leq 30 Tage postoperativ)

Bei dem hier untersuchten Patientenkollektiv ließen sich sowohl bei der primären als auch bei der sekundären 30-Tage-Bypassoffenheit keine signifikanten Unterschiede zwischen den elektiv operierten und den Notfallpatienten feststellen. Auch in einer Studie von Lichtenfels et al. ergaben sich keine signifikanten Unterschiede [71].

Die gesamte primäre und sekundäre Offenheit betrug hier 94 % bzw. 100 % und lag damit etwas höher als die Angaben in der Literatur, die zwischen 78 – 91 % bzw. 86 – 96 % angegeben werden [31, 66, 71, 76].

Die gesamte 30-Tage-Majoramputationsrate war mit 8 % in dieser Arbeit ähnlich hoch wie in diversen Studien (2 – 16 %) [30, 44, 56, 86, 112].

Für die elektiv operierten Patienten werden in vielen Publikationen Beinerhaltungsraten für die ersten 30 Tage postoperativ von 100 % angegeben [13, 38, 44, 49, 71, 100, 111]. Auch bei unserem Patientengut musste kein elektiv operierter Patient majoramputiert werden.

Im Gegensatz dazu betrug die 30-Tage-Beinerhaltungsraten für Notfallpatienten nur 82,4 % ($p > 0,05$). Mit 84 % geben Shortell et al. einen ähnlichen Wert an [100]. Bei Halliday et al. mussten 6 % der Notfallpatienten im frühen Verlauf majoramputiert werden, bei Varga et al. 14 % [49, 111]. Einen signifikanten Unterschied in der 30-Tage-Beinerhaltungsraten zwischen elektiv operierten und Notfallpatienten berichten Lichtenfels et al. in ihrer Studie (100 % vs. 63 %) [71].

Ein signifikant besseres Outcome bezüglich des Extremitätenerhaltes geben Pulli et al. auch für asymptomatische Patienten (99 %) im Vergleich zu symptomatischen Patienten (93 %) und für Patienten mit präoperativer Claudicatio (100 %) im Vergleich zu Patienten mit akuter Extremitätenischämie (83 %) oder einem rupturierten PA (80 %) an [84].

In Anbetracht dieser Zahlen ist es also ratsam ein symptomatisches PA zu operieren, bevor Majorkomplikationen auftreten [84]. Dafür spricht auch die Feststellung von Vermilion et al., dass in ihrer Studie alle amputierten Patienten präoperativ symptomatisch waren und unter einer Komplikation des PAs litten. Umgekehrt berichten sie, dass 36 % aller Patienten mit präoperativen Komplikationen des PAs amputiert werden mussten [112].

Auch Dorigo et al. konnten in ihrem Patientenkollektiv einen hochsignifikanten Unterschied in der Amputationsrate zwischen Patienten mit akuter Ischämie (21 %) und asymptomatischen Patienten (0 %) feststellen [30].

Des Weiteren führen auch das Vorhandensein eines thrombosierten PAs und eines schlechten Runoff-Status (0-1 offene Unterschenkelgefäße) zu signifikant höheren Amputationsraten [13].

Die Amputationsrate von Extremitäten mit einem rupturierten PA wird von 0 % mit bis zu 75 % angegeben [84, 111, 112]. Der einzige Patient in unserer Studie mit einem rupturierten PA musste nicht amputiert werden.

Die frühe Mortalität im Zuge einer Majoramputation wird von Varga et al. mit 25 % und von Kald et al. mit 29 % angegeben [61, 111]. Bei uns starb zwar kein Patient im unmittelbar postoperativen Verlauf einer Majoramputation, aber dennoch muss die genannte Mortalitätsrate im Zuge einer Oberschenkelamputation immer bedacht werden. Andererseits ist aber auch zu bedenken, dass eine nicht zu vermeidende Amputation nicht aufgeschoben werden sollte, da hierdurch das Risiko für eine Sepsis, Kreislaufdekompensation und Stoffwechsellentgleisung ansteigt [34].

Die 30-Tages-Mortalität für Notfallpatienten schwankt je nach Studie zwischen 0 – 4 % [71, 84, 111], für elektiv operierte Patienten wird sie meistens mit 0 % angegeben [56, 71, 111]. Johnson et al. berichten über eine signifikant höhere 30-Tages-Mortalität von Notfallpatienten [58]. Von unseren Notfallpatienten überlebten 94 % die ersten 30 postoperativen Tage und 100 % der elektiv operierten Patienten ($p > 0,05$). Dies ergab ein Gesamtüberleben von 97 % für alle Patienten. Dieser Wert wird in der Literatur mit 93 – 99 % angegeben [2, 76, 79, 84, 100].

Die Klinikaufenthaltsdauer von elektiv operierten Patienten war beim Patientengut von Varga et al. und von Aulivola et al. signifikant kürzer als diejenige von Notfallpatienten [6, 111]. In einer Studie von Huang et al. zeigte sich ein signifikant kürzerer Krankenhausaufenthalt von asymptomatischen Patienten oder Patienten mit chronischer Ischämie im Vergleich zu denjenigen mit akuter Ischämie [56].

In der hier vorliegenden Arbeit waren die elektiv operierten Patienten zwar auch kürzere Zeit in der Klinik. Der Unterschied erwies sich allerdings nicht als signifikant.

5.5.4.2 Langzeitverlauf

Die gesamte primäre bzw. sekundäre Langzeitoffenheit betrug in dieser Studie 82,4 % bzw. 90,9 %. Mit Werten zwischen 76 – 85 % bzw. 86 – 91 % vergleichbare Ergebnisse finden sich in verschiedenen Studien [31, 56, 66].

Sowohl die primäre als auch sekundäre Offenheitsrate waren im Langzeitverlauf bei den elektiv operierten Patienten tendenziell besser als diejenigen der Notfallpatienten (84,2 % vs. 80,0 % bzw. 94,4 % vs. 86,7 %). Diese Unterschiede waren allerdings nicht signifikant. Ein ähnliches Ergebnis findet sich beim Patientengut von Aulivola et al., bei dem sich auch kein signifikanter Unterschied zwischen elektiv operierten und Notfallpatienten zeigte [6].

Signifikante Unterschiede in der Langzeitoffenheit fanden sich in Studien von Shortell et al. und Lichtenfels et al. [71, 100].

Als Einflussfaktoren auf die Langzeitoffenheit des Bypasses werden der Runoff-Status, das Vorhandensein eines symptomatischen PAs [84], das verwendete Bypassmaterial [56], ein präoperativer akuter arterieller Verschluss und eine Notfalloperation genannt [71].

Eine Langzeitbeinerhaltungsrate für alle Patienten, unabhängig davon, ob notfallmäßig oder elektiv behandelt, wird in der Literatur mit Werten zwischen 84 und 98 % angegeben [6, 58, 66, 71, 84]. Bei dem Patientengut der hier vorliegenden Studie liegt der gesamte Anteil an erhaltenen Extremitäten bei 89 % und entspricht somit den in der Literatur gemachten Angaben.

Vergleicht man nun wieder das Outcome der elektiv operierten Patienten mit dem der Notfallpatienten, so ergeben sich wie in dieser Arbeit (100 % vs. 76,5 %) auch bei vielen anderen Autoren signifikante Unterschiede im Langzeitbeinerhalt der beiden genannten Gruppen. Ravn et al. berichten von einer 1-Jahresmajoramputationsrate von 4 % für elektiv operierte Patienten und von 17 % für Notfallpatienten ($p < 0,05$)

[86], Kopp et al. geben ebenfalls signifikante Unterschiede von 3 % vs. 24 % an [66]. Höhere Beinerhaltungsraten für die elektiv operierten Patienten ergaben sich auch in Studien von Aulivola et al. (100 % vs. 93 %), Shortell et al. (100 % vs. 84 %) und Lichtenfels et al. (97 % vs. 63 %). Hier waren die Unterschiede allerdings zum Teil nicht signifikant [6, 71, 100].

Weitere Faktoren, welche die Langzeitmajoramputationsrate signifikant beeinflussen sind laut Ravn et al. der Runoff-Status (2-3 offene Unterschenkelgefäße vs. 0-1 offene Unterschenkelgefäße), das verwendete Bypassmaterial (Vene vs. PTFE) und das Alter bei OP (≤ 70 Jahre vs. > 70 Jahre). Keinen signifikanten Einfluss nimmt laut seiner Studie die Tatsache, ob das PA präoperativ symptomatisch oder asymptomatisch war [86].

Die langfristige Mortalität von PA-Patienten ist Dawson et al. zufolge signifikant höher als bei einer bezüglich Alter und Geschlecht entsprechenden Population (35 % vs. 62 % Überlebensrate in 10 Jahren) [15]. In einer Studie von Lowell et al. war die Überlebensrate von PA-Patienten bis 5,1 Jahre postoperativ ähnlich wie die in einer entsprechenden Vergleichsgruppe (gleiche Alters- und Geschlechterverteilung), danach war sie signifikant schlechter [73]. Auch laut Ravn et al. ist die Überlebensrate von PA-Patienten erniedrigt gegenüber der Normalbevölkerung [86]. Betrachtet man die Überlebensrate der elektiv operierten Patienten im Vergleich mit derjenigen der Notfallpatienten, so ergibt sich wie in der hier vorliegenden Studie (100 % vs. 68,8 %) auch in einer Studie von Ravn et al. eine signifikant höhere Mortalität bei den Notfallpatienten im Vergleich zu den elektiv operierten Patienten [86]. Aulivola et al. konnte hingegen keinen signifikanten Überlebensunterschied zwischen den beiden Patientengruppen feststellen (84 % vs. 82,5 %) [6].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass elektiv operierte Patienten niedrigere Reinterventionsraten, ein niedrigeres Risiko für eine Majoramputation und eine längere sekundäre Offenheit aufweisen [66].

5.5.5 Nachuntersuchung

Regelmäßige Nachuntersuchungen mittels Sonographie nach einer PA-Operation dienen vor allem der Bypasskontrolle, der Beurteilung des ausgeschalteten Aneurysmas und der Suche nach neu entstandenen Aneurysmen.

Laut Metha et al. ist das Schicksal eines ausgeschalteten PAs unberechenbar [78]. Trotz Ligatur der großen Zuflüsse kann es zu einer retrograden Perfusion des ausgeschalteten PAs über offene kollaterale Kniearterien (ähnlich dem Typ II-Endoleak beim BAA) kommen. Dieser Fluss führt zu einer Übertragung des systemischen Druckes auf den ausgeschalteten PA-Sack und letztendlich zum Größenwachstum des Sackes und in seltenen Fällen auch zu dessen Ruptur [32, 78]. In manchen Fällen kommt es allerdings auch ohne identifizierbaren Flow zu einem Wachstum [78, 100]. Erklärungen hierfür sind laut Kirkpatrick et al., dass ein steady state erreicht wurde oder dass offene Seitäste den Druck auf das ausgeschaltete PA aufrechterhalten, ohne dass ein Blutfluss sichtbar ist [63].

Komplikationen, welche durch das Wachstum eines ausgeschalteten PAs entstehen können, sind zum einen in seltenen Fällen die Ruptur und zum anderen die Kompression der V. poplitea [63]. Hat die letztgenannte erst einmal zu Symptomen geführt, sind diese venösen Symptome durch eine Operation mit Dekompression nicht mehr komplett reversibel; es kann lediglich eine Linderung des lokalen Diskomforts in der Kniekehle erreicht und das potentielle Rupturrisiko gesenkt werden [63].

Um die genannten Probleme möglichst weitgehend zu vermeiden, gibt es mehrere Möglichkeiten.

Ein Weg, Komplikationen vorzubeugen, ist es, die Ligatur der A. poplitea proximal und distal so dicht wie möglich am PA vorzunehmen [39, 60]. Außerdem sollten auch komplett thrombosierte PAs ligiert werden [63], da auch thrombosierte PAs über Kollaterale perfundiert werden (und dadurch wachsen) können [60].

Ebaugh et al. empfehlen sogar, kleine PAs primär zu resezieren, da in dem von ihnen untersuchten Patientengut ein kleines PA ein Risikofaktor für eine kontinuierliche PA-Expansion nach Ligatur war [32].

Kirkpatrick et al. propagieren aufgrund der Ineffektivität durch die Ligatur einem PA-Wachstum vorzubeugen, dass ein PA besser bei der primären Operation eröffnet, alle offenen Seitäste übernäht und ein Inlaygraft eingesetzt werden sollte [63].

Alternativ nennen sie wie auch viele andere Autoren die Möglichkeit der regelmäßigen Langzeit-Duplexüberwachung, um ein Wachstum rechtzeitig zu erkennen und so langfristige Probleme durch rechtzeitiges Eingreifen zu vermeiden [32, 39, 63].

Ist es zu einem Wachstum gekommen, sollte man (abgesehen von alten Hochrisikopatienten) frühzeitig eingreifen, um einer Symptomentwicklung durch lokale Kompression oder einer Ruptur vorzubeugen [32].

An operativen Maßnahmen stehen hierzu die Resektion des betroffenen poplitealen Segmentes [32, 100], die Endoaneurysmorrhaphie [32] oder die Übernähung der Inflow-Gefäße [63] zur Verfügung. Nachteil dieser Verfahren ist das Risiko, Nerven, Venen oder Lymphgefäße zu verletzen [32].

Alternativ zur Operation kann perkutan ein prothrombotisches Agens injiziert werden, wie z. B. Thrombin, um den persistierenden Blutfluss zum Stehen zu bringen [32, 39]. In der Literatur variieren die Angaben über das Schicksal von ausgeschalteten PAs sehr stark. Im Patientengut von Kirkpatrick et al. fand sich bei einem Drittel der Patienten ein persistierender Fluss im ausgeschalteten PA, der Rest zeigte keinen Fluss. Trotzdem wiesen 39 % dieser Patienten ein größenprogredientes PA auf. Bei den perfundierten PAs fand sich bei zwei Dritteln ein Wachstum. Insgesamt ergibt dies eine Rate von 36 % an Größenwachstum unter allen ausgeschalteten PAs. Unter den größenprogredienten PAs mit Flussnachweis kam es zu einer Ruptur (8,3 % von den perfundierten PAs, 2,8 % von allen ligierten PAs) [63].

Jones et al. fanden in ihrer Studie bei genau einem Drittel der Patienten ein signifikantes Wachstum des ausgeschalteten PAs von durchschnittlich 2,2 auf 2,8 cm und bei 14 % offene arterielle Äste, die mit dem scheinbar thrombosierten Aneurysmasack kommunizierten. Eine signifikante Schrumpfung des Aneurysmasacks von im Durchschnitt 2,5 auf 1,7 cm fand sich bei den restlichen Patienten [60].

Einen persistierenden Flow fanden Metha et al. bei 38 % der ausgeschalteten PAs, ein Größenwachstum bei 23 % und eine Ruptur bei 12 %, wobei eine dieser Rupturen mit einer Majoramputation endete (4 %) [78].

Eine massive Vergrößerung von nur 7,7 % aller ausgeschalteten PAs zeigte sich in einer Studie von Shortell et al. Trotz der beträchtlichen Vergrößerung von ≥ 5 cm fanden sich bei keinem dieser PAs zuführende Gefäße [100].

Gar keinen Fluss in einem ligierten PA konnten Box et al. nachweisen, ein leichtes Größenwachstum lag bei ihrem Patientenkollektiv in 5,9 % der Fälle vor [11]. Außerdem kam es in keinem Fall zu einer Symptomentwicklung [11, 41].

Bei unserem Patientengut kam es lediglich in einem Fall (3 %) zu einer massiven Größenzunahme von 6,7 cm innerhalb von 62 Monaten trotz PA-Ausschaltung. Diese wurde mittels Aneurysmateilresektion und Umstechung der Zuflüsse behandelt.

Da PA-Patienten die Prädisposition besitzen weitere Aneurysmen zu entwickeln, ist es wichtig bei jeder Nachuntersuchung die wichtigsten Arterien zu screenen. Und zwar lebenslang und regelmäßig, um neue Aneurysmen rechtzeitig diagnostizieren und therapieren zu können [15]. Ein erhöhtes Risiko (allerdings nicht signifikant) für die Neuentwicklung von Aneurysmen weisen laut Dawson et al. Patienten > 65 Jahre, Patienten mit Hypertonus und Patienten mit einem bilateralen PA auf [15].

Bei der sonographischen Kontrolle des Bypasses gilt es darauf zu achten, ob sich Anastomosenengen oder –aneurysmen gebildet haben und ob der Bypass dilatiert oder durch Endothelialisierung stenosiert oder komplett thrombosiert ist. Nur durch diese regelmäßigen Kontrollen ist es möglich Veränderungen frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig behandeln zu können.

5.6 Interventionelle Therapie

Seit Marin et al. 1994 erstmals einen Bericht über die erfolgreiche endovaskuläre Ausschaltung eines PAs veröffentlicht haben, wurden mittlerweile zahlreiche weitere Studien über die interventionelle Stentimplantation als mögliche Alternative zur offenen Operation eines PAs publiziert [75].

Auf den ersten Blick bietet diese minimalinvasive Therapie viele Vorteile, wie beispielsweise einen geringeren Blutverlust [3], die Nichtnotwendigkeit von großen chirurgischen Inzisionen im Bereich des Knies [75] und eine schnellere Genesung des Patienten [3]. Dies zeigt sich unter anderem an der signifikant kürzeren Klinikaufenthaltsdauer der endovaskulär therapierten Patienten im Vergleich zu den operierten Patienten [3, 14], womit beispielsweise auch geringere Kosten verbunden sind [72]. Des Weiteren ist die interventionelle Therapie des PAs laut Ghotbi et al. mit einer geringeren Morbidität verbunden [43].

All die genannten Vorteile gilt es vor allem bei der Therapieplanung von sehr alten und multimorbiden Patienten mit einem hohen Operations- bzw. Narkoserisiko zu beachten.

Trotz der zahlreichen Argumente, welche für die interventionelle Ausschaltung des PAs sprechen, müssen auch einige Nachteile und Limitationen bedacht werden.

Nachteilig ist vor allem die Gefahr der Stentmigration, der Stentfraktur und der Stentstenose [109]. Ursache hierfür ist hauptsächlich, dass die Stents in einem komplexen Bewegungssegment platziert werden, in welchem sie bei Kniebeugung bis zu 120° abgknickt und gestaucht und bei Kniestreckung in die Länge gezogen werden [68]. Durch diese große Mobilität im Bereich des Kniegelenkes ist der implantierte Stent einer sehr großen Belastung ausgesetzt und muss aus diesem Grund speziellen Anforderungen gerecht werden. So muss er über die notwendige Flexibilität bei gleichzeitig genügender Radialkraft verfügen [43].

Des Weiteren gilt zu beachten, dass die minimalinvasive Therapie längst nicht bei jedem Patienten eingesetzt werden kann. Als Voraussetzungen werden in der Literatur unter anderem genannt: eine Aneurysmalänge < 10 cm und keine ausgeprägten aneurysmatischen oder stenotischen Veränderungen im Bereich der A. femoralis und A. iliaca, einen PA-Durchmesser < 5 cm und eine proximale und distale Landezone von mindestens 1 cm bzw. 3 cm in einer anderen Studie [4, 43, 108]. Außerdem wird die endovaskuläre Therapie nicht für Patienten unter 50 Jahren und aktive Patienten empfohlen [4, 109]. Laut Ghotbi et al. sollte auch kein Stent in ein PA implantiert werden, welches sich auf Höhe eines essentiellen Kollateralgefäßes befindet [43]. Ein weiteres Problem können außerdem schwere Kalzifizierungen in den Landezonen darstellen [43].

Ein zusätzlicher Nachteil besteht darin, dass bis heute nur wenig Erfahrung und Langzeitergebnisse vorliegen [3, 109] und die veröffentlichten Studien meist nur aus einem sehr kleinen Patientenkollektiv oder aus Einzelfallberichten bestehen [1, 70, 94].

Obwohl die publizierten Daten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Offenheitsraten von endovaskulär und operativ ausgeschalteten PAs aufweisen [3, 4, 14, 43], bleibt fraglich, ob die interventionelle Therapie des PAs generell empfohlen werden kann. Tielliu et al. stellten zwar fest, dass die Ergebnisse im Laufe der Jahre besser wurden, dass aber dennoch eine relativ hohe Komplikationsrate blieb [109]. Außerdem muss bedacht werden, dass in den meisten Studien diejenigen PAs, die per se ein schlechteres Outcome haben (symptomatische PAs und akut extremitätenbedrohende PAs), überwiegend operativ versorgt wurden, weshalb es fraglich ist, ob die berechneten Offenheitsraten der endovaskulären bzw. operativen Therapie wirklich exakt miteinander vergleichbar sind.

Eine weitere Option der interventionellen Therapie ist das Einbringen eines beschichteten Stents in ein rupturiertes PA [115]. Da diese Maßnahme allerdings nur eine Übergangslösung zur Blutstillung darstellt und das rupturierte PA auf jeden Fall zusätzlich operativ versorgt werden muss, ist dieses Vorgehen sehr kostspielig.

In der hier vorliegenden Arbeit wurde kein Patient endovaskulär behandelt, da zum Zeitpunkt der Studie noch keine Stents mit nachgewiesenermaßen guten Langzeitergebnissen vorlagen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei jedem Patienten eine individuelle Entscheidung für oder gegen eine interventionelle Therapie getroffen werden muss; wobei es vor allem anatomische Gegebenheiten und den Allgemeinzustand des Patienten zu beachten gilt [109]. Außerdem muss abgewartet werden, welche Ergebnisse zukünftige Studien mit größeren Fallzahlen in den nächsten Jahren zeigen.

5.7 Ausblick

Blickt man in die Zukunft, so bleibt abzuwarten, welche Fortschritte die unterschiedlichen Therapieformen erzielen werden.

Vor allem die endovaskuläre Therapie als relativ neue Möglichkeit der PA-Ausschaltung kann sich in den nächsten Jahren noch stark weiterentwickeln. Dazu beitragen könnten beispielsweise neue Stents mit besseren Materialeigenschaften, die eine bessere Anpassung an das Knie als komplexes Bewegungssegment erlauben. Ein erstrebenswertes Ziel wäre u. a., dass multimorbide Patienten mit einem zu hohen Operationsrisiko unabhängig von der Morphologie ihres PAs, interventionell behandelt werden können, ohne dass sie dadurch ein schlechteres Outcome in Kauf nehmen müssen.

Des Weiteren ist und bleibt es wichtig, bei PA-Patienten nach einer Operation oder Intervention lebenslang sonographische Kontrollen durchzuführen, um neu entstandene Aneurysmen (auch in anderen Gefäßabschnitten) oder Veränderungen des Bypasses bzw. Stents rechtzeitig zu erkennen und entsprechend therapieren zu können. Auch eine verbesserte Diagnostik, bei der alle Patienten mit einem BAA oder einem peripheren Aneurysma auf das Vorliegen eines PAs untersucht werden, könnte dazu führen, dass weniger Patienten mit einem akut symptomatischen PA in die Klinik eingewiesen werden. Hierdurch würde sich die Möglichkeit eröffnen, dass

das Popliteaaneurysma als eigentlich extremitätenbedrohende Erkrankung durch rechtzeitige Diagnostik und offensive Therapie kaum noch mit einem Extremitätenverlust einhergeht.

6 Literaturverzeichnis

1. AbuRahma AF, Maxwell DR (2008) Percutaneous Transfemoral Endovascular Repair of Popliteal Artery Aneurysms. *W V Med J* 104: 18-21
2. Anton GE, Hertzner NR, Beven EG, O'Hara PJ, Krajewski LP (1986) Surgical management of popliteal aneurysms. Trends in presentation, treatment, and results from 1952 to 1984. *J Vasc Surg* 3: 125-134
3. Antonello M, Frigatti P, Battocchio P, Lepidi S, Cognolato D, Dall'Antonia A, Stramanà R, Deriu GP, Grego F (2005) Open repair versus endovascular treatment for asymptomatic popliteal artery aneurysm: Results of a prospective randomized study. *J Vasc Surg* 42: 185-193
4. Antonello M, Frigatti P, Battocchio P, Lepidi S, Dall'Antonia A, Deriu GP, Grego F (2007) Endovascular treatment of asymptomatic popliteal aneurysms: 8-year concurrent comparison with open repair. *J Cardiovasc Surg* 48: 267-274
5. Ascher E, Markevich N, Schutzer RW, Kallakuri S, Jacob T, Hingorani AP (2003) Small popliteal artery aneurysms: Are they clinically significant? *J Vasc Surg* 37: 755-760
6. Aulivola B, Hamdan AD, Hile CN, Sheahan MG, Skillman JJ, Campbell DR, Scovell SD, LoGerfo FW, Pomposelli FB (2004) Popliteal artery aneurysms: A comparison of outcomes in elective versus emergent repair. *J Vasc Surg* 39: 1171-1177
7. Berridge DC, Makin GS, Hopkinson BR (1989) Local low dose intra-arterial thrombolytic therapy: the risk of stroke or major haemorrhage. *Br J Surg* 76: 1230-1233
8. Beuscher-Willems B, Schmidt G (2008) Farbkodierte Dopplersonographie. In: Schmidt G, Görg C (eds) *Kursbuch Ultraschall*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, pp 310-337
9. Bongartz G, Weishaupt D, Mayr M (2008) Neue Kontrastmittelproblematik bei Niereninsuffizienz: Gadolinium-induzierte Nephrogene Systemische Fibrose (NFS). *Schweiz Med Forum* 8: 116-123
10. Bowyer RC, Cawthorn SJ, Walker WJ, Giddings AEB (1990) Conservative management of asymptomatic popliteal aneurysm. *Br J Surg* 77: 1132-1135

11. Box B, Adamson M, Magee TR, Galland RB (2007) Outcome following bypass, and proximal and distal ligation of popliteal aneurysms. *Br J Surg* 94: 179-182
12. Browse DJ, Torrie EPH, Galland RB (1993) Early results and 1-year follow-up after intra-arterial thrombolysis. *Br J Surg* 80: 194-197
13. Carpenter JP, Barker CF, Roberts B, Berkowitz HD, Lusk EJ, Perloff LJ (1994) Popliteal artery aneurysms: Current management and outcome. *J Vasc Surg* 19: 65-73
14. Curi MA, Geraghty PJ, Merino OA, Veeraswamy RK, Rubin BG, Sanchez LA, Choi ET, Sicard GA (2007) Mid-term outcomes of endovascular popliteal artery aneurysm repair. *J Vasc Surg* 45: 505-510
15. Dawson I, van Bockel JH, Brand R, Terpstra JL (1991) Popliteal artery aneurysms: Long-term follow-up of aneurysmal disease and results of surgical treatment. *J Vasc Surg* 13: 398-407
16. Dawson I, Sie R, van Baalen JM, van Bockel JH (1994) Asymptomatic popliteal aneurysm: elective operation versus conservative follow-up. *Br J Surg* 81: 1504-1507
17. Dawson I, Sie RB, van Bockel JH (1997) Atherosclerotic popliteal aneurysm. *Br J Surg* 84: 293-299
18. Debasso R, Åstrand H, Bjarnegård N, Rydén Ahlgren Å, Sandgren T, Länne T (2004) The popliteal artery, an unusual muscular artery with wall properties similar to the aorta: Implications for susceptibility to aneurysm formation? *J Vasc Surg* 39: 836-842
19. Denecke H, Pratschke E (2004) Aneurysmen der unteren Extremität. In: Heberer G, van Dongen RJAM (eds) *Gefäßchirurgie*. Springer Verlag Berlin Heidelberg, pp 286-293
20. Dent TL, Lindenauer SM, Ernst CB, Fry WJ (1972) Multiple Arteriosclerotic Arterial Aneurysms. *Arch Surg* 105: 338-344
21. Deutsche Gesellschaft für Angiologie, Gesellschaft für Gefäßmedizin (2009) Leitlinien zur Diagnostik und Therapie der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (PAVK). AWMF-Leitlinien-Register Nr. 065/003
22. Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie (2008) Die amputationsbedrohte Extremität. AWMF-Leitlinien-Register Nr. 004/027
23. Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie (2008) Erkrankungen der A. poplitea. AWMF-Leitlinien-Register Nr. 004/011

24. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) (ed) (2007) ICD-10-GM 2008 Systematisches Verzeichnis. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln
25. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) (ed) (2007) OPS 2008 Systematisches Verzeichnis. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln
26. Diehm C, Allenberg JR, Nimura-Eckert K (1999) Farbatlas der Gefäßkrankheiten. Sonderausgabe Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.
27. Diehm C, Darius H, Pittrow D, Allenberg JR (2005) Knöchel-Arm-Index. Deutsches Ärzteblatt 102: A 2310-2313
28. Diehm C, Allenberg JR, Pittrow D, Darius H (2007) Stellenwert des Knöchel-Arm-Index (ABI) in der Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen. Herz 32: 404-409
29. Diwan A, Sarkar R, Stanley JC, Zelenock GB, Wakefield TW (2000) Incidence of femoral and popliteal artery aneurysms in patients with abdominal aortic aneurysms . J Vasc Surg 31: 863-869
30. Dorigo W, Pulli R, Turini F, Pratesi G, Credi G, Innocenti AA, Pratesi C (2002) Acute Leg Ischemia from Thrombosed Popliteal Artery Aneurysms: Role of Preoperative Thrombolysis. Eur J Vasc Endovasc Surg 23: 251-254
31. Duffy ST, Colgan MP, Sultan S, Moore DJ, Shanik GD (1998) Popliteal Aneurysms: a 10-year Experience. Eur J Vasc Endovasc Surg 16: 218-222
32. Ebaugh JL, Morasch MD, Matsumura JS, Eskandari MK, Meadows WS, Pearce WH (2003) Fate of excluded popliteal artery aneurysms. J Vasc Surg 37: 954-959
33. Eckstein HH, Heider P, Wolf O, Hanke M (2006) Gefäßchirurgie. In: Siewert JR (ed) Chirurgie. Springer Medizin Verlag Heidelberg, pp 434-492
34. Ender SA, Ender M, Machner A, Neumann HW (2009) Die Amputation der durchblutungsgestörten Extremität aus der Sicht des Orthopäden. VASA 38: 66-71
35. Evans WE, Turnipseed WD (1976) Popliteal Aneurysms. Vasc Endovasc Surg 10: 86-91
36. Frömke J (2006) Standardoperationen in der Gefäßchirurgie. Steinkopff Verlag, Darmstadt

37. Galland RB, Earnshaw JJ, Baird RN, Lonsdale RJ, Hopkinson BR, Giddings AEB, Dawson KJ, Hamilton G (1993) Acute limb deterioration during intra-arterial thrombolysis. *Br J Surg* 80: 1118-1120
38. Galland RB, Magee TR (2002) Management of popliteal aneurysm. *Br J Surg* 89: 1382-1385
39. Galland RB (2005) Popliteal aneurysms: controversies in their management. *Am J Surg* 190: 314-318
40. Galland RB, Magee TR (2005) Popliteal Aneurysms: Distortion and Size Related to Symptoms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 30: 534-538
41. Galland RB (2007) Popliteal aneurysms: from John Hunter to the 21st century. *Ann R Coll Surg Engl* 89: 466-471
42. getABI Study group (2002) getABI: German epidemiological trial on ankle brachial index for elderly patients in family practice to detect peripheral arterial disease, significant marker for high mortality. *VASA* 31: 241-248
43. Ghotbi R, Sotiriou A (2007) Endovaskuläre Ausschaltung von Popliteal-Aneurysmen (4-Jahres-Follow-up). *Vasomed* 19: 253-256
44. Gifford RW, Hines EA, Janes JM (1953) An analysis and follow-up study of one hundred popliteal aneurysms. *Surgery* 33: 284-293
45. Goldyn GL (ed) (2008) *Praxishandbuch Angiographie. Spektrum der Diagnostik und Interventionen. 2. Auflage* Steinkopff Verlag, Darmstadt
46. Gouny P, Bertrand P, Duedal V, Cheynel-Hocquet C, Lancelin C, Escourolle F, Nussaume O, Vayssairat M (2000) Limb Salvage and Popliteal Aneurysms: Advantages of Preventive Surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 19: 496-500
47. Greenberg R, Wellander E, Nyman U, Uher P, Lindh M, Lindblad B, Ivancev K (1998) Aggressive treatment of acute limb ischemia due to thrombosed popliteal aneurysms. *Eur J Radiol.* 28: 211-218
48. Guvendik L, Bloor K, Charlesworth D (1980) Popliteal aneurysm: sinister harbinger of sudden catastrophe. *Br J Surg* 67: 294-296
49. Halliday AW, Taylor PR, Wolfe JH, Mansfield AO (1991) The management of popliteal aneurysm: the importance of early surgical repair. *Ann R Coll Surg Engl.* 73: 253-257
50. Hamish M, Lockwood A, Cosgrove C, Walker AJ, Wilkins D, Ashley S (2006) Management of popliteal artery aneurysms. *ANZ J Surg.* 76: 912-915

51. Hands LJ, Collin J (1991) Infra-inguinal aneurysms: outcome for patient and limb. *Br J Surg*. 78: 996-998
52. Harder Y, Notter H, Nussbaumer P, Leiser A, Canova C, Furrer M (2003) Popliteal Aneurysm: Diagnostic Workup and Results of Surgical Treatment. *World J Surg* 27: 788-792
53. Hepp W, Müller G (2006) Arterien, Venen und Lymphgefäße. In: Bruch HP, Trentz O (eds) *Chirurgie*. Elsevier GmbH, München, pp 687-735
54. Hiatt WR (2001) Medical treatment of peripheral arterial disease and claudication. *N Engl J Med* 344: 1608-1621
55. Hollier LH, Stanson AW, Gloviczki P, Pairolero PC, Joyce JW, Bernatz PE, Cherry KJ (1983) Arteriomegaly: Classification and morbid implications of diffuse aneurysmal disease. *Surgery* 93: 700-708
56. Huang Y, Gloviczki P, Noel AA, Sullivan TM, Kalra M, Gullerud RE, Hoskin TL, Bower TC (2007) Early complications and long-term outcome after open surgical treatment of popliteal artery aneurysms: Is exclusion with saphenous vein bypass still the gold standard? *J Vasc Surg* 45: 706-715
57. Jacob T, Hingorani A, Ascher E (2001) Examination of the Apoptotic Pathway and Proteolysis in the Pathogenesis of Popliteal Artery Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 22: 77-85
58. Johnson ON, Slidell MB, Macsata RA, Faler BJ, Amdur RL, Sidawy AN (2008) Outcomes of surgical management for popliteal artery aneurysms: An analysis of 583 cases. *J Vasc Surg* 48: 845-851
59. Johnston KW, Rutherford RB, Tilson MD, Shah DM, Hollier L, Stanley JC (1991) Suggested standards for reporting on arterial aneurysms. *J Vasc Surg* 13: 452-458
60. Jones WT, Hagino RT, Chiou AC, Decaprio JD, Franklin KS, Kashyap VS (2003) Graft patency is not the only clinical predictor of success after exclusion and bypass of popliteal artery aneurysms. *J Vasc Surg* 37: 392-398
61. Kald A, Carlsson R, Nilsson E (1989) Major amputation in a defined population: incidence, mortality and results of treatment. *Br J Surg* 76: 308-310
62. Kallakuri S, Ascher E, Hingorani A, Marks N, Shiferson A, Tran V, Patel N, Puggioni A, Jacob T (2008) Effect of Duplex Arteriography in the Management of Acute Limb-Threatening Ischemia From Thrombosed Popliteal Aneurysms. *Angiology*

63. Kirkpatrick UJ, McWilliams RG, Martin J, Brennan JA, Gilling-Smith GL, Harris PL (2004) Late complications after ligation and bypass for popliteal aneurysm. *Br J Surg* 91: 174-177
64. Kogel H (2001) Möglichkeiten des Gefäßersatzes und Einsatz von Nahtmaterialien. In: Hepp W, Kogel H (eds) *Gefäßchirurgie*. Urban & Fischer Verlag, München Jena, pp 84-99
65. Kolb M, Guhl L, Arlart IP (1997) MRT und MRA in der Diagnostik des komplizierten Popliteaaneurysmas. *Radiologe* 37: 145-151
66. Kopp R, Cascio R, Weidenhagen R, Stelter I, Meimarakis G, Lauterjung L (2006) Results of different operative procedures for patients with popliteal artery aneurysms. *VASA* 35: 185-190
67. Kortmann H (2007) Aneurysmen der unteren Extremität. In: Hepp W, Kogel H (eds) *Gefäßchirurgie*. Elsevier GmbH München, pp 311-315
68. Kröger K, Esser N (2007) Schwerpunktthema: Dürfen Stents in die Poplitealarterie? *Gefäßmedizin.net* 3: 4-15
69. Largiadèr J (1987) *Lehrbuch und Atlas der Gefäßchirurgie am Unterschenkel*. Verlag Hans Huber, Bern Stuttgart Toronto
70. Leithäuser B, Park JW (2009) Endovascular treatment of an occluded popliteal aneurysm with locoregional thrombolysis followed by stent graft exclusion. *VASA* 38: 85-90
71. Lichtenfels E, Frankini AD, Bonamigo TP, Cardozo MA, Schulte AA (2008) Popliteal Artery Aneurysm Surgery: The Role of Emergency Setting. *Vasc Endovascular Surg* 42: 159-164
72. Link J, Müller-Hülsbeck S, Brossmann J, Schwarzenberg H, Heller M (1996) Erste Ergebnisse der perkutanen Therapie von Poplitealaneurysmen mit Stents. *Fortschr. Röntgenstr.* 164: 244-248
73. Lowell RC, Gloviczki P, Hallett JW, Naessens JM, Maus TP, Cherry KJ, Bower TC, Pairolero PC (1994) Popliteal Artery Aneurysms: The Risk of Nonoperative Management. *Ann Vasc Surg* 8: 14-23
74. Mahmood A, Salaman R, Sintler M, Smith SRG, Simms MH, Vohra RK (2003) Surgery of popliteal artery aneurysms: A 12-year experience. *J Vasc Surg* 37: 586-593
75. Marin ML, Veith FJ, Panetta TF, Cynamon J, Bakal CW, Suggs WD, Wengerter KR, Baronè HD, Schonholz C, Parodi JC (1994) Transfemoral

- endoluminal stented graft repair of a popliteal artery aneurysm. *J Vasc Surg* 19: 754-757
76. Martelli E, Ippoliti A, Ventoruzzo G, de Vivo G, Ascoli Marchetti A, Pistolese GR (2004) Popliteal artery aneurysms. Factors associated with thromboembolism and graft failure. *Int Angiol* 23: 54-65
 77. Marty B, Wicky S, Ris HB, Mueller X, Fischer A, Hayoz D, von Segesser LK (2002) Success of thrombolysis as a predictor of outcome in acute thrombosis of popliteal aneurysms. *J Vasc Surg* 35: 487-493
 78. Metha M, Champagne B, Darling RC, Roddy SP, Kreienberg PB, Ozsvath KJ, Paty PSK, Chang BB, Shah DM (2004) Outcome of popliteal artery aneurysms after exclusion and bypass: Significance of residual patent branches mimicking type II endoleaks. *J Vasc Surg* 40: 886-890
 79. Michaels JA, Galland RB (1993) Management of Asymptomatic Popliteal Aneurysms: The Use of a Markov Decision Tree to Determine the Criteria for a Conservative Approach. *Eur J Vasc Surg* 7: 136-143
 80. Neukirch C, Bahnini A, Delcourt A, Kieffer E (1996) Popliteal aneurysm due to fibromuscular dysplasia. *Ann Vasc Surg* 10: 578-581
 81. Newman DL, Gosling RG, Bowden NLR, King DH (1973) Pressure amplitude increase on unmatching the aortic-iliac junction of the dog. *Cardiovasc Research* 7: 6-13
 82. Ohrlander T, Holst J, Malina M (2007) Emergency intervention for thrombosed popliteal artery aneurysm: can the limb be salvaged? *J Cardiovasc Surg* 48: 289-297
 83. Pittathankal AA, Dattani R, Magee TR, Galland RB (2004) Expansion Rates of Asymptomatic Popliteal Artery Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 27: 382-384
 84. Pulli R, Dorigo W, Troisi N, Innocenti A, Pratesi G, Azas L, Pratesi C (2006) Surgical management of popliteal artery aneurysms: Which factors affect outcomes? *J Vasc Surg* 43: 481-487
 85. Ramesh S, Michaels JA, Galland RB (1993) Popliteal aneurysm: morphology and management. *Br J Surg* 80: 1531-1533
 86. Ravn H, Bergqvist D, Björck M (2007) Nationwide study of the outcome of popliteal artery aneurysms treated surgically. *Br J Surg* 94: 970-977

87. Reilly MK, Abbott WM, Darling RC (1983) Aggressive Surgical Management of Popliteal Artery Aneurysms. *Am J Surg* 145: 498-502
88. Reimer P, Vosshenrich R, Landwehr P (2007) Peripheres Gefäßsystem. In: Freyschmidt J (ed) *Handbuch diagnostische Radiologie. Kardiovaskuläres System*. Springer Verlag Berlin Heidelberg, pp 253-313
89. Rieker O, Düber C, Wollmann JC, Neufang A, Schmiedt W, Böttger Th (1995) Das Popliteaaneurysma: Klinik und Diagnostik. *Fortschr. Röntgenstr.* 162: 120-127
90. Robinson WP, Belkin M (2009) Acute Limb Ischemia Due to Popliteal Artery Aneurysm: A Continuing Surgical Challenge. *Semin Vasc Surg* 22: 17-24
91. Roggo A, Brunner U, Ottinger LW, Largiader F (1993) The continuing challenge of aneurysms of the popliteal artery. *Surg Gynecol Obstet* 177: 565-572
92. Ruland WO (2000) Duplex-Sonographie der Arterien des Beines. In: Ruland WO (ed) *Dopplersonographische Diagnostik*. Deutscher Ärzteverlag, Köln, pp 93-99
93. Ruland WO, Borkenhagen N (2000) Technische Grundlagen der Cw-Doppler- und Duplex-Sonographie. In: Ruland WO (ed) *Dopplersonographische Diagnostik*. Deutscher Ärzteverlag, Köln, pp 31-57
94. Sadat U, Cooper DG, Cousins C, Boyle JR (2008) Endovascular stenting of large popliteal artery aneurysm is feasible! *Adv Med Sci* 53: 335-337
95. Sandgren T, Sonesson B, Rydén Ahlgren Å, Länne T (1998) Factors predicting the diameter of the popliteal artery in healthy humans. *J Vasc Surg* 28: 284-289
96. Sandgren T, Sonesson B, Rydén Ahlgren Å, Länne T (2001) Arterial dimensions in the lower extremities of patients with abdominal aortic aneurysms – no indications of a generalized dilating diathesis. *J Vasc Surg* 34: 1079-1084
97. Sanjay P, Lewis MH (2007) Deep vein thrombosis and pulmonary embolus associated with a ruptured popliteal aneurysm - a cautionary note. *World Journal of Emergency Surgery* 2: 34-36
98. Schellack J, Smith RB, Perdue GD (1987) Nonoperative Management of Selected Popliteal Aneurysms. *Arch Surg* 122: 372-375

99. Schröder A, Gohlke J, Groß-Fengels W, Horstmann R (1996) Poplitea-Aneurysmen – operative Versorgung versus konservatives Vorgehen. *Langenbeck's Arch Chir (Suppl. Kongressband)* 113: 857-863
100. Shortell CK, DeWeese JA, Ouriel K, Green RM (1991) Popliteal artery aneurysms: A 25-year surgical experience. *J Vasc Surg* 14: 771-779
101. Sie RB, Dawson I, van Baalen JM, Schultze Kool LJ, van Bockel JH (1997) Ruptured Popliteal Artery Aneurysm. An Insidious Complication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 13: 432-438
102. Stein J, Martin C (2008) Physikalisch-technische Grundlagen. In: Schmidt G, Görg C (eds) *Kursbuch Ultraschall*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, pp 13-19
103. Steinmetz E, Bouchot O, Faroy F, Charmasson L, Terriat B, Becker F, Cercueil JP, Krause D, Brenot R, David M (2000) Preoperative Intraarterial Thrombolysis before Surgical Revascularization for Popliteal Artery Aneurysm with Acute Ischemia. *Ann Vasc Surg* 14: 360-364
104. Stiegler H, Mandler G, Baumann G (2002) Prospective study of 36 patients with 46 popliteal artery aneurysms with non-surgical treatment. *VASA* 31: 43-46
105. Szilagyi DE, Schwartz RL, Reddy DJ (1981) Popliteal Arterial Aneurysms. Their Natural History and Management. *Arch Surg* 116: 724-728
106. Thompson JF, Beard J, Scott DJA, Earnshaw JJ (1993) Intraoperative thrombolysis in the management of thrombosed popliteal aneurysm. *Br J Surg* 80: 858-859
107. Thompson MM, Bell PRF (2000) Arterial aneurysms (Clinical review). *Br Med J* 320: 1193-1196
108. Tielliu IFJ, Verhoeven ELG, Zeebregts CJ, Prins TR, Span MM, van den Dungen JJAM (2005) Endovascular treatment of popliteal artery aneurysms: Results of a prospective cohort study. *J Vasc Surg* 41: 561-567
109. Tielliu IFJ, Verhoeven ELG, Zeebregts CJ, Prins TR, Bos WTGJ, van den Dungen JJAM (2007) Endovascular treatment of popliteal artery aneurysms: is the technique a valid alternative to open surgery? *J Cardiovasc Surg* 48: 275-279
110. Trickett JP, Scott RAP, Tilney HS (2002) Screening and management of asymptomatic popliteal aneurysms. *J Med Screen* 9: 92-93

111. Varga ZA, Locke-Edmunds JC, Baird RN, Joint Vascular Research Group (1994) A multicenter study of popliteal aneurysms. *J Vasc Surg* 20: 171-177
112. Vermilion BD, Kimmins SA, Pace WG, Evans WE (1981) A review of one hundred forty-seven popliteal aneurysms with long-term follow-up. *Surgery* 90: 1009-1014
113. Wain RA, Hines G (2007) A Contemporary Review of Popliteal Artery Aneurysms. *Cardiol Rev* 15: 102-107
114. Whitehouse WM, Wakefield TW, Graham LM, Kazmers A, Zelenock GB, Cronenwett JL, Stanley JC (1983) Limb-threatening potential of arteriosclerotic popliteal artery aneurysms. *Surgery* 93: 694-699
115. Widmer MK, Schmidli J, Carrel T (2006) Poplitealaneurysma. *Gefäßchirurgie* 11: 299-311
116. Widmer MK, Blatter S, Schmidli J, Baumgartner I, Gahl B, Carrel T, Savolainen H, Diehm N (2008) Generalized dilating diathesis in patients with popliteal arterial aneurysm. *Vasa* 37: 157-163
117. Wolf YG, Kobzantsev Z, Zelmanovich L (2006) Size of normal and aneurysmal popliteal arteries: A duplex ultrasound study. *J Vasc Surg* 43: 488-492
118. Wychulis AR, Spittell JA, Wallace RB (1970) Popliteal aneurysms. *Surgery* 68: 942-952
119. Zierler RE, Zierler BK (1997) Duplex sonography of lower extremity arteries. *Semin Ultrasound CT MR*. 18: 39-56

7 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
ABI	Ankle-Brachial-Index, Knöchel-Arm-Index
AFS	Arteria femoralis superficialis
aHT	arterielle Hypertonie
art.	Arteriell
AZ	Allgemeinzustand
BAA	Bauchaortenaneurysma
BMI	Body-Mass-Index
COPD	chronisch obstruktive Bronchitis
CT	Computertomographie
CTA	Computertomographie-Angiographie
D. m.	Diabetes mellitus
DSA	digitale Subtraktionsangiographie
FKDS	farbkodierte Duplexsonographie
G-Status	Gerinnungsstatus
Hb	Hämoglobin
i. v.	intravenös
KHK	koronare Herzkrankheit
KM	Kontrastmittel
M.	Musculus
MHz	Megahertz
MR	Magnetresonanz
MRA	Magnetresonanzangiographie
N.	Nervus
OP	Operation
PA	Poplitealaneurysma
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PTFE	Polytetrafluorethylen
PTT	partielle Thromboplastinzeit
rt-PA	recombinant tissue plasminogen activator

SBD	systolischer Blutdruck
s. c.	subcutan
TVT	tiefe Venenthrombose
V.	Vena
V. a.	Verdacht auf
Z. n.	Zustand nach

8 Dank

An dieser Stelle möchte ich all denjenigen ganz herzlich danken, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen und mich unterstützt haben.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Professor Dr. Martin K. Schilling für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit, diese Arbeit an seinem Institut durchführen zu können.

Frau Dr. Dorit Kreissler-Haag danke ich ganz besonders für die ständige tatkräftige Unterstützung, die exzellente Betreuung, ihre Geduld und dafür, dass sie immer ein offenes Ohr für mich hatte.

Bei Frau Dr. Sabine Jäger möchte ich mich für die große Hilfe bei der Einbestellung der Patienten bedanken und bei Frau Dr. Britta Link und Herrn PD Dr. Friedrich für die Durchführung eines Teils der duplexsonographischen Untersuchungen und die zahlreichen Erklärungen.

Mein weiterer Dank gilt Herrn Peter Jacob für die Erläuterung des SAP-Systems und die Hilfe bei jeglichen Computerproblemen.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Dr. Mei Fang Ong für die Einführung in SPSS und die Ratschläge bei der statistischen Auswertung bedanken.

Abschließend möchte ich noch meinen Freunden und meiner Familie dafür danken, dass sie immer für mich da sind, wenn ich sie brauche. Mein ganz besonderer Dank gilt hierbei vor allem meinen Eltern, die mir das Medizinstudium erst ermöglicht haben und mich jederzeit mit voller Kraft unterstützen und mir immer mit Rat und Tat zur Seite stehen.

9 Lebenslauf