

Aus dem Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie, Klinikum Saarbrücken  
Chefarzt: Prof. Dr. med. K. Anagnostakos

# **Erste klinische Erfahrungen nach Implantation modularer Schaftprothesen zur Versorgung proximaler Femurfrakturen**

***Dissertation zur Erlangung des Grades Doctor medicinae  
(Dr. med.)  
der Medizinischen Fakultät***

Der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES  
2024

vorgelegt von

Kim-Joline Karoline Krämer  
geb. am 06.01.1997 in Saarbrücken



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	IX
Abkürzungsverzeichnis.....	X
Zusammenfassung.....	1
Abstract.....	3
1 Einleitung.....	5
1.1 Proximale Femurfrakturen (PFF).....	5
1.1.1 Ursachen und Risikofaktoren.....	5
1.1.2 Anatomische Grundlagen.....	5
1.1.2.1 Schenkelhalsfrakturen.....	6
1.1.2.1.1 Pauwels-Klassifikation.....	7
1.1.2.1.2 Garden-Klassifikation.....	8
1.1.2.1.3 AO-Klassifikation.....	9
1.1.2.2 Pertrochantäre Femurfrakturen.....	10
1.1.2.3 Subtrochantäre Femurfrakturen.....	11
1.2 Radiologische Diagnostik.....	11
1.3 Therapie proximaler Femurfrakturen.....	12
1.3.1 Indikationen für ein konservatives Prozedere bei proximalen Femurfrakturen ...	12
1.3.2 OP-Zeitpunkt.....	13
1.3.3 Überblick über die Operationsmöglichkeiten bei proximalen Femurfrakturen ....	13
1.3.4 Überblick über osteosynthetische Verfahren bei proximalen Femurfrakturen ....	14
1.4 Überblick der endoprothetischen Versorgung.....	15
1.4.1 Modulare Prothesen.....	15
1.5 Fragestellung.....	17
2 Methodik und Material.....	18
2.1 Patientenkollektiv.....	18
2.2 Erhobene Parameter.....	18

2.2.1	Basischarakteristik .....	18
2.2.2	Einteilung der Frakturen .....	18
2.2.3	Operationsbezogene Parameter .....	18
2.2.3.1	Präoperatives Risikoprofil: ASA-Klassifikation .....	18
2.2.3.2	OP-Zeit sowie intensivmedizinische Therapie.....	19
2.2.3.3	Implantat: Restoration® Modular Prothese .....	19
2.2.3.4	OP-Ablauf.....	20
2.2.3.5	stationäre Aufenthaltsdauer .....	21
2.2.4	Komplikationen .....	21
2.2.4.1	Differenzierung in systemische und lokale Komplikationen.....	21
2.2.4.2	Blutungsassoziierte Komplikationen .....	21
2.2.5	Mobilität .....	22
2.2.6	Mortalität .....	22
2.3	Statistik .....	22
3	Ergebnisse .....	24
3.1	Basischarakteristik .....	24
3.2	Einteilung der Frakturtypen .....	24
3.3	Operationsbezogene Parameter .....	25
3.3.1	Präoperatives Risikoprofil: ASA-Klassifikation.....	25
3.3.2	OP-Zeit sowie intensivmedizinische Therapie .....	25
3.3.2.1	Differenzierte Betrachtung der OP-Zeit in Abhängigkeit zur jeweiligen Frakturversorgung .....	25
3.3.2.2	Intensivstation postoperativ .....	26
3.3.3	Implantatwahl.....	27
3.3.4	Dauer des stationären Aufenthalts .....	29
3.4	Komplikationen .....	30
3.4.1	Systemische Komplikationen.....	30
3.4.2	Lokale Komplikationen .....	30
3.4.3	Lokale Komplikationen der Revisionsoperationen .....	31

3.4.4	Zusammenhang zwischen lokalen Komplikationen und der Verwendung von Cerclagen/Krallenplatte .....	32
3.4.5	Blutungsassoziierte Komplikationen .....	32
3.5	Mobilität .....	33
3.5.1	Nachbelastung postoperativ .....	33
3.5.2	Vergleich Mobilität präoperativ/postoperativ .....	33
3.6	Mortalität .....	35
4	Diskussion .....	36
4.1	Zusammenfassung .....	36
4.2	Aktueller Forschungsstand .....	37
4.3	Ergebnisdiskussion .....	38
4.3.1	Basischarakteristik .....	38
4.3.2	Operationsbezogene Parameter .....	38
4.3.2.1	ASA .....	38
4.3.2.2	Intensivstationärer Aufenthalt .....	39
4.3.2.3	Dauer des stationären Aufenthaltes .....	39
4.3.3	Komplikationen .....	40
4.3.3.1	Systemische Komplikationen .....	40
4.3.3.2	Lokale Komplikationen .....	41
4.3.3.2.1	Luxation .....	41
4.3.3.2.2	Aseptische Lockerung .....	41
4.3.3.2.3	Frühinfekt .....	42
4.3.3.2.4	Prolongierte Wundsekretion .....	42
4.3.3.2.5	Periprothetische Fraktur .....	43
4.3.3.3	Blutungsspezifische Komplikationen .....	43
4.3.4	Mobilität .....	44
4.3.5	Mortalität .....	44
4.4	Limitationen .....	46
5	Schlussfolgerung und Ausblick .....	47
6	Literaturverzeichnis .....	48

Inhaltsverzeichnis	VI
7 Danksagung.....	57
8 Publikation.....	58
9 Anhang.....	59
9.1 Abbildungen zu hüftkopferhaltenden OP-Verfahren .....	59
9.1.1 Extramedulläre Verfahren .....	59
9.1.1.1 Dynamische Hüftschraube.....	59
9.1.1.2 Kanülierte Schraubenosteosynthese .....	60
9.1.2 Intramedulläre Verfahren: Gammanagel .....	61
9.2 Abbildung zu hüftkopfresezierenden OP-Verfahren .....	62
9.3 Verwendete Implantatgrößen.....	63
9.3.1 Verwendete Schaftgrößen.....	63
9.3.2 Verwendete Halskomponenten .....	64
9.3.3 Verwendete Implantatgrößen bzgl. der Köpfe bei den Duokopfprothesen .....	65
9.3.4 Kopfgrößen der Totalendoprothesen und deren Häufigkeit .....	66
9.3.5 Pfannengrößen der Totalendoprothesen und deren Häufigkeit .....	66
10 Lebenslauf.....	67
10.1 Persönliche Informationen .....	67
10.2 Ausbildung .....	67
10.3 Sprachkenntnisse .....	67
10.4 Berufserfahrung / Praktika .....	67

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dargestellt ist die Unterteilung des proximalen Femurs in Femurkopf („Oberschenkelkopf“), Femurhals („Oberschenkelhals“), per-/intertrochantäre Region und subtrochantäre Region, entnommen aus (37).....	6
Abbildung 2: Konventionelle Röntgenaufnahme (a.p. Hüftübersicht), welche eine mediale Schenkelhalsfraktur rechtsseitig zeigt.....	7
Abbildung 3: Pauwels-Klassifikation entnommen aus (92).....	8
Abbildung 4: Garden-Klassifikation entnommen aus (59). ....	9
Abbildung 5: Klassifikation nach Evans-Jensen, entnommen aus (53) .....	10
Abbildung 6: Konventionelle Röntgenaufnahme (a.p. Beckenübersicht), welche eine pertrochantäre Femurfraktur links zeigt. ....	11
Abbildung 7: Übersicht der Therapieoptionen bei Schenkelhalsfrakturen, entnommen aus (20) .....	12
Abbildung 8: Restoration® Prothese im Sinne einer Totalendoprothese, entnommen aus (101) .....	20
Abbildung 9: Überblick über die Frakturtypen mit der jeweiligen Anzahl, n= Anzahl der jeweiligen Patienten .....	24
Abbildung 10: Boxplots zur Darstellung der OP-Zeit (min) in Abhängigkeit zur operativen Versorgung.....	25
Abbildung 11: Histogramm zur Darstellung der Häufigkeit sowie der Dauer der postoperativen intensivmedizinischen Überwachung, Angabe in Tagen .....	26
Abbildung 12: Wahl der Implantate bzw. Ergänzung durch Cerclagen/Krallenplatte und deren jeweiligen Nachbelastung, VB=Vollbelastung, TB=Teilbelastung, E=Entlastung .....	28
Abbildung 13: Dauer des stationären Aufenthaltes postoperativ in Abhängigkeit zur Implantatwahl (1= Duokopf, 2= TEP), weiter differenziert nach den Geschlechtern.....	29
Abbildung 14: Vergleich der Mobilität präoperativ/postoperativ differenziert nach der Prothesenversorgung in Duokopfprothese/Totalendoprothese für n = 31 .....	34
Abbildung 15: Folgende Grafik zeigt die Anzahl der Todesfälle unterteilt nach den Ursachen .....	35
Abbildung 16: Versorgung einer lateralen Schenkelhalsfraktur mittels dynamischer Hüftschraube (DHS), entnommen aus (37).....	59
Abbildung 17: kanülierte Schraubenosteosynthese bei proximaler Femurfraktur, entnommen aus (37).....	60
Abbildung 18: intramedulläre hüftkopferhaltende Operationen mittels: Gammanagel, entnommen aus (37) .....	61
Abbildung 19: Darstellung der hüftkopfresezierenden Verfahren: Hemiarthroplastik (links) mit Ersatz des Hüftkopfes bei Erhalt der natürlichen Pfanne, Totalarthroplastik (rechts) mit Ersatz	

beider artikulierender Gelenkpartner (Hüftkopf sowie Acetabulum/Hüftpfanne), entnommen aus (4).....	62
Abbildung 20: Kreisdiagramm zur Darstellung der verwendeten Schaftgrößen der Implantate, Angabe der jeweiligen Schaftgröße in mm, erste Zahl entspricht dem Durchmesser des Implantats in mm, die zweite Zahl der Codierung der Länge in mm.....	63



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Basisstatistik der Probanden (n=37) bei Normalverteilung der Daten erfolgte die Angabe mittels MW und SD, falls keine Normalverteilung vorlag, erfolgte die Angabe mittels Median und IQR .....	24
Tabelle 2: Darstellung der prothesenassoziierten Komplikationen in Abhängigkeit zur operativen Versorgung .....	31
Tabelle 3: Darstellung der Häufigkeit der prothesenassoziierten Komplikationen in Abhängigkeit zur Verwendung ohne/mit Cerclagen/Krallenplatte.....	32
Tabelle 4: Darstellung der Häufigkeit der Verwendung der jeweiligen Größe einer Halskomponente (Cone Body) in Abhängigkeit zur Versorgung mittels Duokopfprothese (1), Totalendoprothese (2) .....	64
Tabelle 5: Überblick über die Häufigkeit der verwendeten Implantate der Köpfe (bei Duokopfversorgung) (n=28).....	65
Tabelle 6: Größe der verwendeten Köpfe der Totalendoprothesen und deren jeweilige Häufigkeit, Gesamtzahl der TEP n=9.....	66
Tabelle 7: Größe der verwendeten Pfannen der Totalendoprothesen und deren jeweilige Häufigkeit, Gesamtzahl der TEP n=9.....	66

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr(e)
a.p.	anterior posterior
ASA	Klassifikation der American Society of Anesthesiologists
BMI	Body-Mass-Index
CCD	Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel
cm	Centimeter
CRP	C-reaktives Protein
d	Tage
DHS	Dynamische Hüftschraube
DK	Dauerkatheter
dl	Deziliter
E	Entlastung
h	Stunden
H	Hemiendoprothese
Hb	Hämoglobin
HTEP	Hüfttotalendoprothese
IQR	Interquartilsabstand
kg	Kilogramm
mg	Milligramm
mm	Millimeter
MSIS	Musculoskeletal Infection Society
MW	Mittelwert
PFF	proximale Femurfraktur
PFN	proximaler Femurnagel
SD	Standardabweichung
SHF	Schenkelhalsfraktur
T	Totalendoprothese
TAA	Tachyarrhythmia absoluta
TB	Teilbelastung
TEP	Totalendoprothese
VB	Vollbelastung

vs.            versus

# Zusammenfassung

**Hintergrund:** Proximale Femurfrakturen können osteosynthetisch oder mittels Endoprothesen versorgt werden. Indikationen für die endoprothetische Versorgung sind z.B. zusätzliche Arthrose, ausgeprägte knöcherne Defektzone oder schlechte Knochenqualität. Eine Möglichkeit mit hoher Flexibilität in der Zusammensetzung der Prothesen bieten modulare Schaftprothesen. Die vorliegende unizentrische Studie beschäftigt sich mit den ersten klinischen Erfahrungen nach Implantation modularer Schaftprothesen zur Versorgung proximaler Femurfrakturen.

**Methodik:** 37 PatientInnen wurden in unserer Klinik bei proximaler Femurfraktur mittels modularer Hüftprothese versorgt (Zeitraum: 08/2016 - 05/2022). Folgende Daten wurden erhoben: Alter, Geschlecht, Frakturlokalisierung, Zeitspanne zwischen Fraktur und OP, präoperative laborchemische Werte (Leukozyten, CRP), ASA-Klassifikation, Art der operativen Versorgung (Hemi (H) vs. Total (T)), OP-Zeit, Mobilität (prä-, postoperativ), postoperative Komplikationen (operationsspezifisch vs. nicht-operationsspezifisch) und Outcome.

**Ergebnisse:** 37 PatientInnen wurden in die Studie eingeschlossen (16 männliche, 21 weibliche). Das durchschnittliche Alter der PatientInnen betrug 81 (56-97) Jahre. Bzgl. der Frakturklassifikation und deren operativer Versorgung zeigte sich folgende Aufteilung: 21 Patienten mit pertrochantärer Femurfraktur (14 H, 7T), eine mit einer subtrochantären Femurfraktur (1H), 12 mit lateraler Schenkelhalsfraktur (11H, 1T) und drei mit medialer Schenkelhalsfraktur (2H, 1T).

Die mittlere OP-Zeit betrug 109 (39 - 224) Minuten. Die Aufenthaltsdauer im Krankenhaus betrug im Mittel 11 (7 - 27) Tage. Beim Vergleich der Mobilität der Patienten prätraumatisch vs. postoperativ zeigt sich ein heterogenes Bild. Bei einem Patienten kam es zur Verbesserung der Mobilität (3%), 18 Patienten erreichten das Ausgangsniveau (49%). 12 Patienten benötigten postoperativ eine zusätzliche Gehhilfe (32%). Bei sechs Patienten entfiel die Erhebung der Mobilität postoperativ (16%) aufgrund von z.B. fehlender Erreichbarkeit oder Todesfällen. Es gab insgesamt 10 Patienten mit lokalen revisionsbedürftigen Komplikationen (Indikationen: Luxation, Frühinfekt, aseptische Lockerung, persistierende Wundsekretion). Sieben Hemiprothesen und drei Totalendoprothesen wurden revidiert. Die Totalarthroplastik erforderte weniger Transfusionen als die Hemiarthoplastik (H: 25% vs. T:22,2%).

**Schlussfolgerung:** Folglich sind die ersten klinischen Erfahrungen bezüglich der Implantation modularer Schaftprothesen zur Versorgung proximaler Femurfrakturen sehr vielversprechend v.a. vor dem Hintergrund der hohen Rate an Komorbiditäten der Patienten. Es konnte kein relevanter Unterschied bzgl. der Komplikationen zwischen Duokopf- und Totalendoprothese nachgewiesen werden. Zudem zeigte sich keine erhöhte Rate der 180 Tage Mortalität. Das

Outcome nach Implantation von modularen Schaftprothesen bei proximalen Femurfrakturen sollte künftig in größeren Studien weiter untersucht werden.

# Abstract

## **First clinical experiences after use of modular stems for the treatment of proximal femur fractures**

**Background:** Proximal femur fractures can be treated with either osteosynthesis or hip arthroplasty. Indications for a joint replacement include for example additional osteoarthritis, pronounced osseous defect zone or inferior bone quality. Modular shaft prostheses offer a possibility with high flexibility in the composition of the prostheses. The present unicentric study deals with the first clinical experiences after implantation of modular stem prostheses in the treatment of proximal femoral fractures.

**Methods:** In our clinic, 37 patients were treated for proximal femur fractures with modular hip prostheses (period: 08/2016 – 05/2022). The following parameters were evaluated: age, gender, location of fracture, time period between fracture and surgery, preoperative laboratory values (leucocytes, CRP), ASA classification, type of surgical treatment (hemi (H) vs. total (T)), surgical time, mobility (pre-, postoperative), postoperative complications (surgery-specific (local) vs. non-surgery-specific (systemic)) and outcome.

**Results:** 37 patients were included into the study (16 male, 21 female). The average age of the patients was 81 (56 – 97) years. The following distribution regarding the fracture classification and their surgical treatment was observed: 21 patients with pertrochanteric femur fractures (14H, 7T), one subtrochanteric femur fracture (1H), 12 with lateral femoral neck fractures (11H, 1T) and three with medial femoral neck fractures (2H, 1T).

The mean surgery time was 109 (39 - 224) minutes. The mean length of hospital stay was 11 (7 - 27) days. A heterogeneous result was shown with regard to the pre- and postoperative mobility. One patient showed an improvement in mobility (3%), 18 patients returned to their initial level (49%). 12 patients required additional walking assistance postoperatively (32%). In six patients, the mobility could not be assessed postoperatively (16%). Possible reasons for this were lack of accessibility or deaths. 10 patients had local complications requiring surgical revision (indications: dislocation, early infection, aseptic loosening, persistent wound secretion). Seven hemiprotheses and three total endoprotheses were revised. Total arthroplasty patients were transfused less than hemiarthroplasty patients (H: 25% vs. T: 22.2%).

**Conclusion:** In conclusion, the first clinical experiences regarding the implantation of modular stem prostheses for the treatment of proximal femur fractures are very promising, especially with the background of the high rate of comorbidities in patients. No relevant difference regarding complications between bipolar head and total hip endoprothesis could be demonstrated. There was no increased rate of 180-day mortality. The outcome after implantation of modular

stem prostheses in proximal femur fractures should be further investigated in larger studies in the future.

# 1 Einleitung

## 1.1 Proximale Femurfrakturen (PFF)

Durch den demografischen Wandel rückt die Erkrankung Osteoporose und deren Manifestationen zunehmend in den Fokus der Medizin. Osteoporose ist gekennzeichnet durch eine verminderte Knochendichte und folglich eine erhöhte Anfälligkeit für Frakturen (40). Eine der bedeutendsten osteoporotischen Frakturen sind hüftgelenksnahe Femurfrakturen (27). Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels der Gesellschaft zeigen Prognosen eine Zunahme der jährlichen Inzidenz proximaler Femurfrakturen von 1,66 Millionen im Jahr 1990 hin zu 6,26 Millionen im Jahr 2050 (+377%) (24). Diese Hochrechnungen veranschaulichen die zunehmende sozioökonomische Relevanz dieser Frakturen ((24), (45)).

### 1.1.1 Ursachen und Risikofaktoren

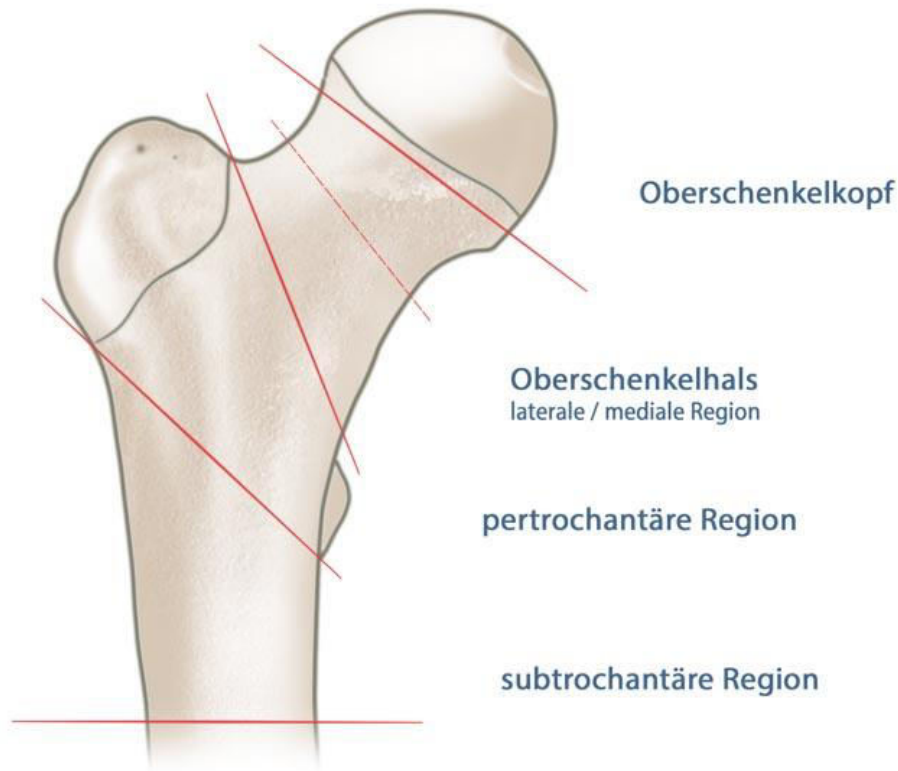
Proximale Femurfrakturen treten, als eine der relevantesten osteoporotischen Frakturen, überwiegend bei älteren Menschen auf (89). Proximale Femurfrakturen bei jüngeren Patienten mit altersentsprechender Knochenqualität sind in der Regel auf Rasanztraumata (z.B. Verkehrsunfälle, Sturz aus größerer Höhe) zurückzuführen (46).

### 1.1.2 Anatomische Grundlagen

Proximale Femurfrakturen können je nach Lage der Frakturlinie (Abbildung 1) weiter unterteilt werden in:

- Femurkopffrakturen
- Femurhalsfrakturen („Schenkelhalsfrakturen“ = SHF)
- Frakturen im Bereich der Trochanterregion (inter- bzw. pertrochantäre Femurfrakturen)
- Subtrochantäre Femurfrakturen (82).





**Abbildung 1:** Dargestellt ist die Unterteilung des proximalen Femurs in Femurkopf („Oberschenkelkopf“), Femurhals („Oberschenkelhals“), per-/intertrochantäre Region und subtrochantäre Region, entnommen aus (37)

Femurkopffrakturen sind im Vergleich zu den anderen Untergruppierungen der proximalen Femurfrakturen selten. Sie sind meist auf ein Hochrasanztrauma (Sturz aus großer Höhe, Verkehrsunfälle) zurückzuführen (82). Folglich sind Femurkopffrakturen keine typische Verletzung des alten Menschen (82).

Die vorliegende Studie beinhaltet keine Femurkopffrakturen, da diese in der Regel keine alleinige Indikation für eine endoprothetische Versorgung ist. Daher wird im Folgenden nicht näher auf diese Untergruppe der proximalen Femurfrakturen eingegangen.

#### 1.1.2.1 Schenkelhalsfrakturen

Bei Schenkelhalsfrakturen handelt es sich um intrakapsuläre Frakturen zwischen dem Femurkopf und der Trochanterregion (46).

Es existieren verschiedene Möglichkeiten zur Einteilung von Schenkelhalsfrakturen:

- Pauwels-Klassifikation
- Garden-Klassifikation
- AO-Klassifikation

- Unterteilung in Abhängigkeit zur Lokalisation der Frakturlinie (mediale und laterale SHF)

Im Alltag nimmt die AO-Klassifikation zur Unterteilung von Schenkelhalsfrakturen im Vergleich zu den drei anderen genannten Einteilungsmöglichkeiten häufig eine untergeordnete Rolle ein (6), (82).

Die Klassifikationen dienen der Optimierung der therapeutischen Entscheidungsfindung sowie der Abgabe einer Prognose bzgl. der individuellen Heilungschancen bzw. des Risikos zur Ausbildung einer Pseudarthrose (36).



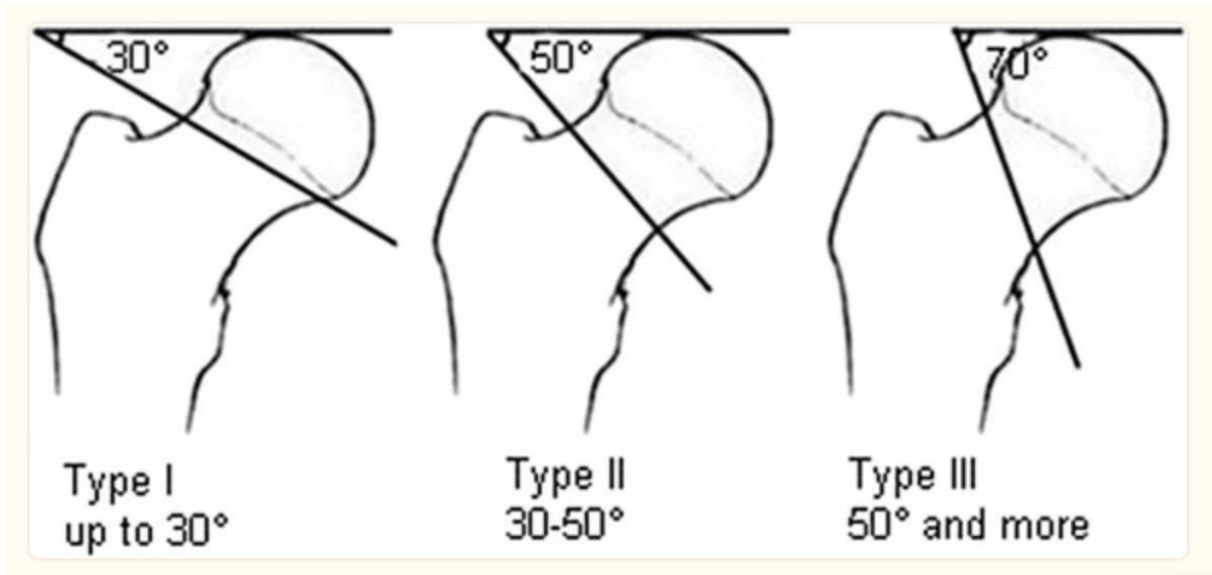
**Abbildung 2:** Konventionelle Röntgenaufnahme (a.p. Hüftübersicht), welche eine mediale Schenkelhalsfraktur rechtsseitig zeigt.

#### 1.1.2.1.1 Pauwels-Klassifikation

Die Klassifikation nach Pauwels basiert auf dem Winkel der Frakturlinie zur Horizontalen in der radiologischen Diagnostik (Röntgen a.p. Projektion). Es werden drei Typen differenziert (Abbildung 3):

- Typ I mit Frakturlinienneigung zur Horizontalen zwischen  $0^\circ$  bis  $30^\circ$
- Typ II mit einem Winkel zwischen  $30^\circ$  bis  $50^\circ$
- Typ III mit einem Winkel von  $50^\circ$  und mehr

Die verschiedenen Frakturwinkel führen zu unterschiedlichen Kräften, welche auf die Fraktur einwirken (72). Mit zunehmendem Winkelmaß nach Pauwels steigt u.A. die Instabilität der Fraktur sowie das Risiko der sekundären Dislokation ((46), (72)). Die Pauwels-Klassifikation ist die erste biomechanische Klassifikation für Schenkelhalsfrakturen ((82), (92)). Jedoch wird die Klassifikation nach Pauwels nicht mehr für die Verwendung zur Prognose der Pseudarthrose oder der Ergebnisse empfohlen (76).



**Abbildung 3:** Pauwels-Klassifikation entnommen aus (92).

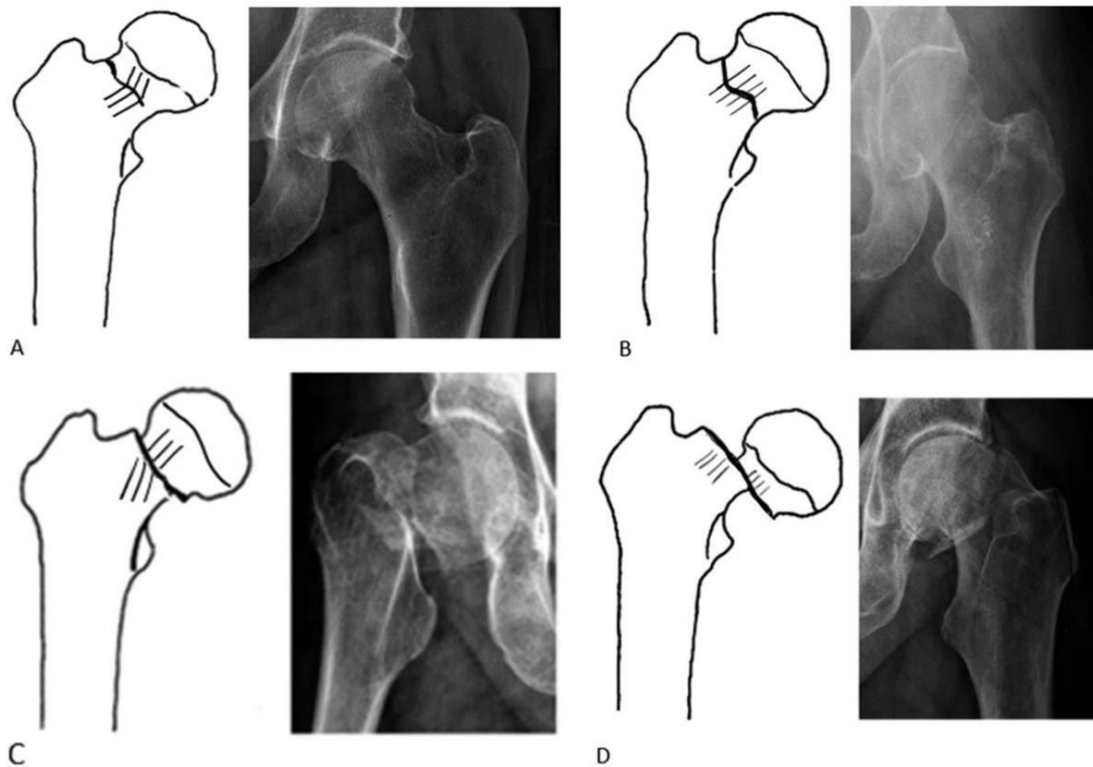
#### 1.1.2.1.2 Garden-Klassifikation

Die Klassifikation nach Garden berücksichtigt folgende Parameter:

- Dislokation: ja/nein
- Vollständigkeit der Fraktur
- Verhältnis der Knochenbälkchen im Femurkopf und -hals zueinander (59).

Als diagnostische Grundlage der Einteilung dient die a.p.- Darstellung der Fraktur im nativen Röntgen. Vier verschiedene Typen werden nach Garden differenziert (Abbildung 4):

- Typ 1: unvollständige Fraktur mit Unterbrechung der lateralen Kortikalis (mediale Kortikalis intakt)
- Typ 2: mediale und laterale Kortikalis frakturiert (undisloziert)
- Typ 3: mediale und laterale Kortikalis frakturiert (teilweise disloziert)
- Typ 4: mediale und laterale Kortikalis frakturiert (komplett disloziert) (59)



**Abbildung 4:** Garden-Klassifikation entnommen aus (59).

Die Klassifikation nach Garden beschreibt die Dislokation der Fraktur und folglich indirekt das Risiko der Ausbildung einer Pseudarthrose/Hüftkopfnekrose bei hüftkopferhaltender Operation, da der Dislokationsgrad mit der Zerreißung der Gefe korreliert (34). Folglich hat diese Klassifikation Relevanz bei der Entscheidung des Operationsprinzips (hftkopferhaltend vs. Hftkopfersatz) (46).

### 1.1.2.1.3 AO-Klassifikation

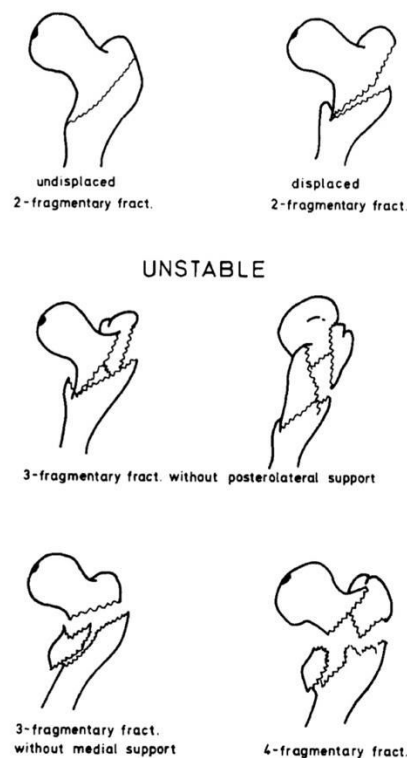
Die AO-Klassifikation setzt sich aus einem vierstelligen Code zusammen. Die erste Stelle des Codes gibt die Körperregion an. Diese ist bei Femurfrakturen mit 3 festgelegt. Im Anschluss daran wird die Position (innerhalb des Femurs) mit der 2. Stelle festgelegt. Die Ziffer „1“ steht hierbei für proximal. Bei der 3. sowie 4. Stelle der Klassifikation wird die Schwere der Fraktur weiter klassifiziert (8). Die AO-Klassifikation findet aufgrund ihrer Komplexität im Klinikalltag bei proximalen Femurfrakturen (Ausnahme: subtrochantäre Frakturen) jedoch nur selten Verwendung und findet stattdessen v.a. zu akademischen Zwecken Verwendung ((34), (36)).

### 1.1.2.2 Pertrochantäre Femurfrakturen

Die pertrochantären Femurfrakturen zeichnen sich durch einen Frakturverlauf distal des Schenkelhalses im Bereich der Trochanterregion aus (21). Für Frakturen im Bereich der Trochanterregion gibt es diverse Klassifikationen ((53), (98)). Da keine der Klassifikationen ohne Schwachstellen ist, gibt es noch keine einheitliche international akzeptierte Klassifikation (98). 1979 modifizierte Jensen die bereits bekannte Klassifikation nach Evans. Diese modifizierte Klassifikation erwies sich in Studien als zuverlässigste Variante zur Abschätzung des Risikos einer sekundären Dislokation der Fraktur (53).

Die Klassifikation nach Evans-Jensen differenziert in fünf Typen (Abbildung 5):

- Typ 1: undislozierte stabile 2-Fragment-Frakturen
- Typ 2: dislozierte stabile 2-Fragment-Frakturen
- Typ 3: 3-Fragment-Frakturen mit Dislokation des Trochanter majors, ohne posterolaterale Abstützung
- Typ 4: 3-Fragment-Frakturen mit Dislokation des Trochanter minors, ohne mediale Abstützung
- Typ 5: 4-Fragment-Frakturen mit fehlender medialer und posterolateraler Abstützung (53)



**Abbildung 5:** Klassifikation nach Evans-Jensen, entnommen aus (53)



**Abbildung 6:** Konventionelle Röntgenaufnahme (a.p. Beckenübersicht), welche eine pertrochantäre Femurfraktur links zeigt.

### 1.1.2.3 Subtrochantäre Femurfrakturen

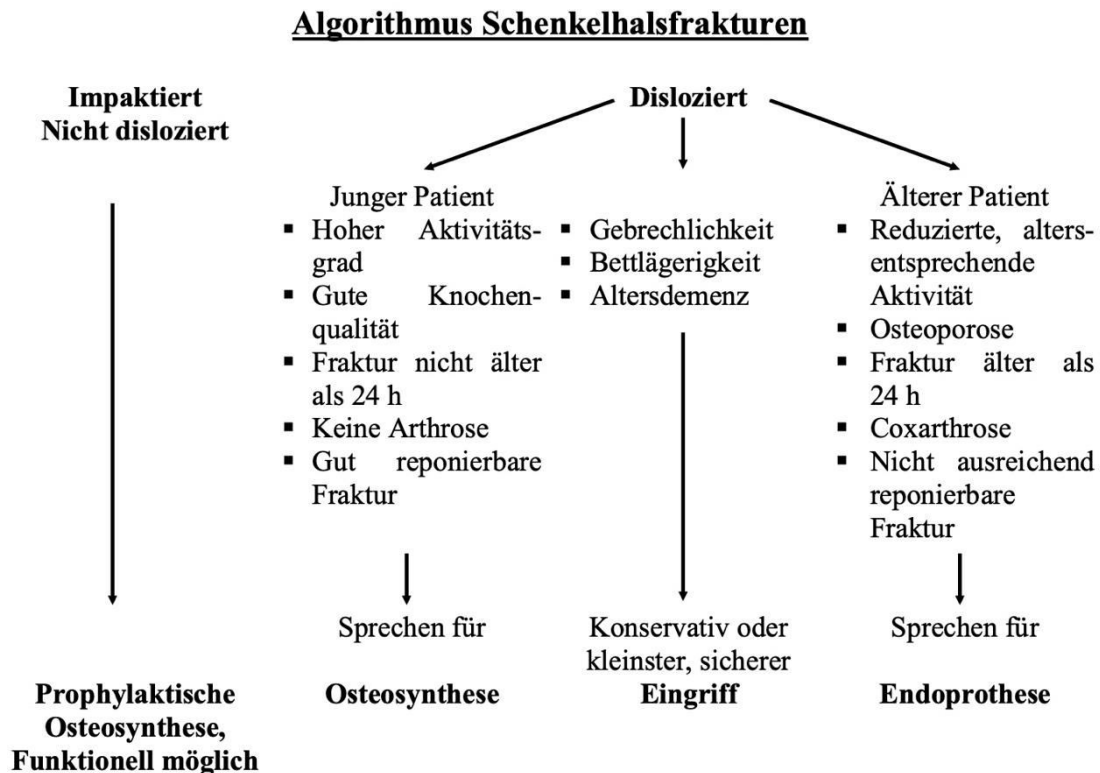
Subtrochantäre Femurfrakturen sind im Segment des proximalen Femurs von der unteren Begrenzung des Trochanter minors bis zum Isthmus angeordnet (54) (Abbildung 1). Die subtrochantäre Region ist großen Kräften (Zug-, Biege-, Rotationskräften) ausgesetzt (86). Pertrochantäre/subtrochantäre Frakturen können anhand der AO-Klassifikation eingeteilt werden (s.o.) (82). Die pertrochantäre/subtrochantäre Region wird dabei als Typ 3.1.A.1-3 beschrieben (82).

## 1.2 Radiologische Diagnostik

Der Goldstandard zur Diagnose von proximalen Femurfrakturen ist die radiologische Diagnostik in Form von Röntgenbildern: Becken-/Hüftübersichtsaufnahme (mit Kalibrierungskugel falls eine endoprothetische Versorgung erfolgen soll) sowie Hüftgelenk in axialer Aufnahme ((46), (61), (82)). Zur Diagnosesicherung bei starker klinischer Symptomatik und fehlendem sicheren Nachweis einer Unterbrechung der Kortikalis kann die radiologische Diagnostik durch eine Computertomographie der Region ergänzt werden (61). Zudem kann eine Computertomographie bei komplexen Frakturen als ergänzende präoperative radiologische Diagnostik sinnvoll sein.

## 1.3 Therapie proximaler Femurfrakturen

Proximale Femurfrakturen können konservativ und operativ (hüftkopferhaltend, hüftkopfersetzend) behandelt werden. Generell sollten bei der Auswahl des geeigneten Therapieverfahrens immer verschiedene Faktoren Beachtung finden (z.B. Alter des Patienten, Komorbiditäten, prätraumatische arthrotische Beschwerden, Aktivitätsniveau, Frakturmorphologie) (Abbildung 7) (46).



**Abbildung 7:** Übersicht der Therapieoptionen bei Schenkelhalsfrakturen, entnommen aus (20)

### 1.3.1 Indikationen für ein konservatives Prozedere bei proximalen Femurfrakturen

Ein konservatives Therapiekonzept bei proximalen Femurfrakturen ist nur in Ausnahmefällen bei bestimmtem Frakturtyp und erheblichen Komorbiditäten indiziert. Generelle Kontraindikationen wie ein hohes OP-Risiko aufgrund von Vorerkrankungen (z.B. schwere kardiale Vorerkrankung) müssen gegen die Immobilisation mit möglichen Komplikationen (z.B. Tiefe Beinvenenthrombose, Lungenarterienembolie) aufgrund des konservativen Prozederes abgewogen werden (6). Ein wesentlicher Bestandteil des konservativen Prozederes sollte die frühzeitige Mobilisation sein (61). Zudem sind engmaschige radiologische Kontrollen zum Ausschluss einer sekundären Dislokation erforderlich (61).

Beispielsweise können eingestauchte, stabile Schenkelhalsfrakturen mit geringer Dislokation/Achsabweichung des Hüftkopfes in der radiologischen Diagnostik (Pauwels I, Garden I) konservativ therapiert werden (61). Die Leitlinie empfiehlt jedoch auch in diesem Fall ein operatives Prozedere, da bei konservativem Therapieregime ein hohes Risiko der sekundären Dislokation besteht ((61), (93), (107)).

Bei pertrochantären und subtrochantären Femurfrakturen ist aufgrund der hohen Instabilität der Fraktur durch den Muskelzug an der Trochanterregion nur in Ausnahmefällen und mit strikter Nachbehandlung ein konservatives Prozedere möglich. Zwei mögliche Indikationen für ein konservatives Prozedere sind okkulte Frakturen mit einer geeigneten Nachbelastung (v.a. bzgl. der Entlastung der betroffenen Extremität) sowie immobile, multimorbide Menschen mit erheblichen Kontraindikationen gegen ein operatives Prozedere (88).

### **1.3.2 OP-Zeitpunkt**

Proximale Femurfrakturen sollten innerhalb von 24h operativ versorgt werden, da ein Aufschub über dieses Zeitintervall hinaus die Überlebensrate der Patienten senkt (12). Zudem konnte in Studien gezeigt werden, dass eine Verzögerung des OP-Zeitpunktes über 48h posttraumatisch mit einem Anstieg der allgemeinen Komplikationen, der generellen chirurgischen Komplikationen sowie der Druckulcera einhergeht (95).

### **1.3.3 Überblick über die Operationsmöglichkeiten bei proximalen Femurfrakturen**

Die meisten proximalen Femurfrakturen sollten operativ behandelt werden. Bei der Auswahl des geeigneten OP-Verfahrens sollten, wie bereits erwähnt, unterschiedliche Einflussfaktoren Beachtung finden, wie z.B. Alter des Patienten, Aktivitätslevel, arthrotische Beschwerden, Art der Fraktur, Vorerkrankungen, OP-Risiko (46).

Osteosynthetische, hüftkopferhaltende Operationen werden bei jüngeren, körperlich aktiven Patienten mit guter Knochenqualität, ohne arthrotische Beschwerden und geringgradiger Dislokation bevorzugt (6). Hüftkopferhaltende Operationen führen bei nichtdislozierten bzw. gering-dislozierten Schenkelhalsfrakturen im Vergleich zu hüftkopfersetzenden OPs zu guten Ergebnissen in Hinblick auf die Funktion/Beweglichkeit des Hüftgelenks und die postoperativen Schmerzen (67). Die Reoperationsgefahr ist bei hüftkopferhaltenden Verfahren höher im Vergleich zur endoprothetischen Versorgung (u.A. aufgrund des Risikos einer Hüftkopfnekrose) (39). Hieraus ergibt sich eine Indikation der endoprothetischen Versorgung: geriatrische



Patienten mit schlechter Knochenqualität und arthrotischen Beschwerden (46). Die hüftkopf-ersetzende Therapie senkt das Risiko einer Reoperation und soll eine zügige Wiederherstellung der Mobilität und Belastbarkeit der operierten Extremität ermöglichen ((39), (61)). Das Ergebnis der endoprothetischen Versorgung bei dislozierten Schenkelhalsfrakturen ist der hüftkopferhaltenden Versorgung überlegen in Bezug auf die Reoperationsrate, die Schmerzen der Patienten sowie deren Lebensqualität ((38), (39)). Zudem ist für ältere, körperlich noch aktive Patienten die endoprothetische Versorgung effektiver und kostengünstiger (bezogen auf die Gesamtkosten, inklusive aller nachfolgender hüftbezogener Einweisungen) (60).

### **1.3.4 Überblick über osteosynthetische Verfahren bei proximalen Femurfrakturen**

Bei der osteosynthetischen Versorgung proximaler Femurfrakturen kann zwischen intra- und extramedullären Kraftträgern differenziert werden. Eine Möglichkeit der osteosynthetischen Versorgung mittels extramedullären Kraftträger stellt die dynamische Hüftschraube (DHS) (mit Antirotationsschraube) dar (6). Das Prinzip der DHS beruht auf zwei Komponenten: einer Seitenplatte am proximalen Femur sowie einer Zugschraube, welche dynamisch über die Frakturzone hinweg in das Femur gleitet (67) (siehe Anhang; Abbildung 16). Folglich kommt es bei der Mobilisation unter Vollbelastung zur Sinterung und Kompression des Frakturspalts (46).

Eine intramedulläre Fixation von Schenkelhalsfrakturen kann beispielsweise über kanülierte Schrauben (meist zwei bis vier Schrauben) erfolgen, welche über die Fraktur in den Femurkopf platziert werden ((6), (67)) (siehe Anhang; Abbildung 17). Pertrochantäre Femurfrakturen werden häufig osteosynthetisch mittels Gamma-Nagel oder proximalem Femurnagel intramedullär fixiert werden (97) (siehe Anhang; Abbildung 18).

## 1.4 Überblick der endoprothetischen Versorgung

Die Endoprothetik gilt als Goldstandard bei der Versorgung dislozierter Schenkelhalsfrakturen (30). Es gibt verschiedene Arten der endoprothetischen Versorgung. Eine mögliche Differenzierung der Prothesen ist die Unterteilung in Total- und Hemiendoprothesen (siehe Anhang, Abbildung 19). Totalendoprothesen ersetzen beide artikulierende Gelenkpartner. Hemiendoprothesen wie beispielsweise die bipolare Prothese (Duokopf) ersetzen lediglich den Hüftkopf, die Acetabulumpfanne bleibt unberührt. Der Duokopf besteht aus zwei ineinander liegenden Köpfen mit unterschiedlichen Durchmessern. Dies dient der Funktionssteigerung sowie der Verminderung des Knochenabriebs im Acetabulum (46).

Vorteile der Hemiarthroplastik im Vergleich zum totalen Gelenkersatz sind die kürzere OP-Zeit, der geringere Blutverlust sowie die geringere Luxationsneigung ((11), (46), (50), (91)). Mögliche Indikationen zur Versorgung mittels Hemiarthroplastik sind Patienten mit relevanten Komorbiditäten (folglich hohes OP-Risiko) sowie Patienten mit geringerem Aktivitätsniveau ((46), (61)). Sie profitieren von der kurzen OP-Zeit ((61), (67)). Nachteilig ist die geringere Funktion sowie die kürzere Standzeit des Implantates (50). Folglich profitieren Patienten mit hohem funktionellen Anspruch sowie hohem Anspruch an die Langlebigkeit des Implantats häufig von einer totalendoprothetischen Versorgung ((46), (61), (67)). Gleichzeitig haben TEPs jedoch eine höhere Rate an Revisionsoperationen (57).

Weitere Differenzierungsmöglichkeiten der endoprothetischen Versorgung ist das Design der Prothese (anatomisch vs. Geradschaft; Monoblock vs. modular) sowie die Verankerung (zementiert vs. nicht zementiert). Viele Studien zeigen ähnliche Ergebnisse bzgl. der langfristigen Mortalität (33). In den ersten postoperativen Tagen ist die Mortalität bei zementierten Prothesen im Vergleich zu nicht zementierten erhöht (111). Dies ist auf das erhöhte Risiko der Fettembolie durch den Zementiervorgang zurückzuführen (111). Nach Abschluss der ersten postoperativen Woche kann kein signifikanter Unterschied bzgl. des Mortalitätsrisikos gezeigt werden (111). Ein Vorteil des Zementierens der Prothesen ist die langfristige Reduktion der postoperativen Schmerzen sowie die Verbesserung der Mobilität (77). Zudem konnte gezeigt werden, dass Patienten mit zementfreien Prothesen in den ersten 90 postoperativen Tagen mehr mechanische Komplikationen und Oberschenkelfrakturen erlitten (111).

### 1.4.1 Modulare Prothesen

Modulare Hüftprothesen sind Implantate, welche im Gegensatz zu den konventionellen „Monoblock“-Hüftschäften aus mindestens drei metallischen Komponenten bestehen (7). Zu den einzelnen Implantatteilen werden verschiedene Größen je nach Hersteller angeboten. Durch die Kombinationsmöglichkeit der einzelnen Bestandteile der Hüftprothese wird die Rekonstruk-

tion der ursprünglichen bzw. gewünschten Gelenkanatomie vereinfacht (99). Konkret ermöglicht dies beispielsweise die intraoperative Anpassung des CCD-Winkels (Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel), der femoralen Anteversion, des femoralen Offsets sowie der Beinlänge unabhängig vom implantierten Femurschaft (44). Neben den generellen Komplikationen der Endoprothetik (Luxation, Infekt, Lockerung) ergeben sich durch die Modularität dennoch weitere spezifische Komplikationen. Ein spezifisches Risiko bei modularen Prothesen ist das Korrosionsrisiko an den Verbindungsstellen der modularen Prothesen ((22), (26), (28)). Dies kann zur Bildung von Metallionen und Partikeltrümmern führen, welche das Risiko für Gewebereaktionen mit Osteolyse und aseptischer Prothesenlockerung erhöhen ((49), (58)).

## 1.5 Fragestellung

Modulare Prothesen finden bereits eine breite und erfolgreiche Anwendung in der Revisionsendoprothetik. Die Versorgung mit modularen Prothesen verlangt allerdings eine Expertise und Erfahrung beim Operateur, was nicht flächendeckend gewährleistet werden kann.

Mit dieser Arbeit sollen in Bezug auf die modulare Prothesenversorgung bei Patienten mit proximaler Femurfraktur folgende Fragen beantwortet werden:

- Was sind die Indikationen zur Versorgung proximaler Femurfrakturen mittels modularer Prothesen?
- Wie ist die Mobilität postoperativ?
- Wie hoch ist die Rate der Komplikationen (lokal vs. systemisch)?
- Gibt es Unterschiede bzgl. der operationsspezifischen Komplikation bei der Versorgung mit oder ohne Krallenplatte/Cerclagen?
- Wie sind die Komplikationen bei modularen Duokopfprothesen im Vergleich zu totalen Endoprothesen?
- Wie ist die Mortalitätsrate?

## **2 Methodik und Material**

### **2.1 Patientenkollektiv**

Die vorliegende Studie erfasst alle Patienten, die im Zeitrahmen vom August 2016 bis Mai 2022 im Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie im Klinikum Saarbrücken mittels Implantation einer modularen Hüftprothese zur Behandlung einer traumatischen proximalen Femurfraktur versorgt wurden. Die Studie beinhaltet Hemiendoprothesen sowie Totalendoprothesen.

Ausgeschlossen wurden alle Patienten, welche osteosynthetisch (z.B. Gamma-Nagel oder DHS) oder mit einem anderen Prothesentyp (z.B. zementierten Standardschaft) versorgt wurden. Ebenso wurden Patienten ausgeschlossen, die unter einer pathologischen proximalen Femurfraktur litten. Bezüglich des Alters der Patienten gab es keine Beschränkungen.

Die Daten wurden retrospektiv aus den Patientenakten im klinikinternen SAP-System entnommen.

### **2.2 Erhobene Parameter**

#### **2.2.1 Basischarakteristik**

Die Basischarakteristik beinhaltet das Alter, die Größe, das Gewicht, den Body-Mass-Index (BMI), das Geschlecht sowie die stationäre Verweildauer der Patienten.

#### **2.2.2 Einteilung der Frakturen**

Die Fraktur wurde mittels nativ-radiologischer Diagnostik (Becken-/Hüftübersichtsaufnahme mit Kalibrierungskugel sowie Hüftgelenk in axialer Aufnahme) diagnostiziert und klassifiziert. Bei komplexen Frakturen wurde die präoperative Diagnostik durch eine Computertomographie ergänzt.

#### **2.2.3 Operationsbezogene Parameter**

##### **2.2.3.1 Präoperatives Risikoprofil: ASA-Klassifikation**

Zur Einschätzung des präoperativen Patientenrisikos wurde die Klassifikation der American Society of Anesthesiologists (ASA) angewendet (17). Die ASA-Klassifikation der Patienten wurden aus dem Anästhesieprotokoll entnommen.

Differenziert werden sechs verschiedene Patientengruppen:

- ASA 1: ein normaler, gesunder Patient

- ASA 2: Patient mit milder systemischer Erkrankung
- ASA 3: Patient mit schwerer systemischer Erkrankung
- ASA 4: Patient mit schwerer systemischer Erkrankung, welche eine konstante Bedrohung für das Leben darstellt
- ASA 5: moribunder (todkranker) Patient, der ohne die Operation voraussichtlich nicht überleben kann
- ASA 6: hirntoter Patient (3).

### **2.2.3.2 OP-Zeit sowie intensivmedizinische Therapie**

Die Dauer der operativen Versorgung, eine mögliche intensivmedizinische Therapie sowie die Dauer der intensivmedizinischen Therapie im Anschluss an die Operation wurden ebenfalls erfasst.

### **2.2.3.3 Implantat: Restoration® Modular Prothese**

Das modular aufgebaute Restoration®-Hüftprothesensystem ist eine Kombination aus einer Schaftkomponente (distale Schaftkomponente), einer Cone Body-Komponente (proximale Schaftkomponente) sowie einer Verbindungsschraube. Die Prothese wurde von der Firma Stryker, Kalamazoo (Michigan, Vereinigte Staaten) entwickelt. Die Implantation erfolgt zementfrei (Abbildung 8).

Die beiden Schaftkomponenten können individuell kombiniert werden und werden in der Regel in situ verblockt. Beide Komponenten bestehen aus einer Titanlegierung (Ti-6Al-4V) (103). Im distalen Bereich der Prothese sind Längsrippen in die Schaftkomponente integriert (102). Diese dienen der Erhöhung der Rotationsstabilität (102).

Es gibt sieben verschiedene Größen von Cone Bodies. Diese reichen von 19mm bis 31mm Größe (Staffelung in 2mm-Schritten). Zudem gibt es verschiedene vertikale Offsets zur Anpassung der Gesamtschaftlänge. Die Prothese enthält einen V40-Konus. Der distale Schaft ist in drei verschiedenen Längen verfügbar (155mm, 195mm und 235mm Länge). Jede Länge ist mit einem Durchmesser von 14mm bis 28mm Dicke erhältlich (Staffelung in 1mm-Schritten).



**Abbildung 8:** Restoration® Prothese im Sinne einer Totalendoprothese, entnommen aus (101)

#### **2.2.3.4 OP-Ablauf**

Die Planung der endoprothetischen Versorgung begann bereits präoperativ anhand von Röntgenbildern. Die Operation erfolgte in Rücken- oder Seitenlage über den transglutealen Zugang nach Bauer. Die Operation wurde in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Vor dem Hautschnitt erfolgte die Gabe einer Single-Shot-Antibiose mittels einem Cephalosporin der 2. Generation. Bei bekannter Allergie gegen Penicilline/Cephalosporine erfolgte die Gabe von Clindamycin.

Bei Implantation einer Totalendoprothese erfolgte zunächst die Implantation der Gelenkpfanne. Dieser Schritt entfällt bei einer Duokopfprothese.

Bei einigen Operationen wurden Cerclagen (Dall-Miles<sup>®</sup>, Fa. Stryker) bzw. eine Trochanterkrallenplatte (Dall-Miles<sup>®</sup> Trochanter Grip Plate, Fa. Stryker) mit Cerclagen verwendet. Mögliche Indikationen hierfür waren: dislozierte Fraktur der Trochanter major Region oder nach distal auslaufende Frakturlinie/-zone, welche eine Sinterung bzw. Schaftsprennung verursachen könnte.

### **2.2.3.5 stationäre Aufenthaltsdauer**

Es wurde die stationäre Aufenthaltsdauer postoperativ bezogen auf den Eingriffstag erhoben.

## **2.2.4 Komplikationen**

### **2.2.4.1 Differenzierung in systemische und lokale Komplikationen**

Die Einteilung der Komplikationen erfolgte nach den Kriterien von Pulido et. al (81). Demnach wird zwischen systemischen und lokalen Komplikationen differenziert. Lokale Komplikationen beziehen sich in diesem Fall auf orthopädische, endoprothesenassoziierte Komplikationen. Eine weitere Differenzierung der Komplikationen erfolgt anhand des Schweregrades in major und minor Komplikationen. Major Komplikationen beinhalten Komplikationen, die eine aufwändige Intervention erfordern, zu einer dauerhaften Beeinträchtigung der Lebensqualität oder das Leben des Patienten bedrohen (81). Minor Komplikationen bedürfen einer Überwachung bzw. einer einfachen medizinischen Intervention (81).

Prothesenassoziierte Frühinfektionen wurden stets prothesenerhaltend zunächst chirurgisch revidiert und mit systemischer Antibiose behandelt (DAIR: Débridement, Antibiotika, Implantat-Retention). Im Rahmen der chirurgischen Revision wurde ein Wechsel der austauschbaren Komponenten (Inlay, Kopf) vorgenommen. Bei klinischer und/oder laborchemischer Infektpersistenz nach zwei prothesenerhaltenden Versuchen erfolgte die Explantation der Prothese und der Wiedereinbau im zweizeitigen Verfahren. Die Definition einer periprothetischen Infektion erfolgte anhand der Musculoskeletal Infection Society (MSIS)-Kriterien (78).

### **2.2.4.2 Blutungsassoziierte Komplikationen**

Bei den blutungsassoziierten Komplikationen wurde die Gabe sowie deren Anzahl von Transfusionen analysiert. Die Indikationen zur Transfusion eines Erythrozytenkonzentrates wurden entsprechend des hausinternen Standards abgeleitet. Dieser sieht eine Transfusion bei Abfall des Hb-Wertes <7mg/dl vor, sofern keine kardiovaskulären Risikofaktoren vorliegen. Bei kardiovaskulären Risikofaktoren erfolgt die Transfusion bereits bei einem Hb <8mg/dl. Zusätzlich erfolgte bei klinischen Anzeichen, welche auf eine hypoxische Anämie zurückzuführen waren



(Blässe, Müdigkeit, Abgeschlagenheit, Tachykardie, Hypotonie), die Indikation zur Transfusion.

### **2.2.5 Mobilität**

Die Mobilität wurde präoperativ sowie postoperativ (kurz- und mittelfristig) betrachtet. Die Mobilität differenziert sich in der vorliegenden Studie nicht auf eine objektivierbare Gehstrecke, sondern auf etwaige Gangunsicherheiten oder die Verwendung von Gehhilfen. Es erfolgte die Einteilung in vier Gruppen:

- mobil
- mobil mit Gangunsicherheiten ohne Gehhilfe
- mobil mit Gehhilfe (Stock, Rollator)
- immobil/Bettlägerig/Rollstuhlmobil

Die Daten der präoperativen Mobilität wurden anamnestisch anhand der Patientenakten erhoben. Die kurzfristige Mobilität postoperativ wurden anhand der physiotherapeutischen Dokumentation am Entlassungszeitpunkt erfasst.

Die mittelfristige Mobilität wurde bei den festgelegten Nachuntersuchungszeiträumen (sechs und 12 Wochen sowie sechs Monate postoperativ) erhoben. Falls ein Patient einen Termin nicht wahrgenommen hat, erfolgte die telefonische Kontaktaufnahme mit den Patienten bzw. deren Angehörigen und behandelnden Ärzten.

### **2.2.6 Mortalität**

Die Anzahl der Todesfälle sowie die jeweilige Ursache innerhalb von 180 Tagen postoperativ wurden auch erfasst.

## **2.3 Statistik**

Die statistische Datenanalyse erfolgte mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Office Excel 2021<sup>®</sup> sowie SPSS<sup>®</sup> Statistics (Version 29.0.1.0, IBM Inc., Armonk, New York) für Mac. Es erfolgte die Darstellung bei vorliegender Normalverteilung in Form von: arithmetischer Mittelwert, einfache Standardabweichung, minimaler Wert, maximaler Wert. Bei nicht normalverteilten Daten erfolgte die Darstellung mit Median (Interquartilsabstand). Der Kolmogorow-Smirnow-Test wurde verwendet, um die Parameter auf Normalverteilung zu untersuchen. Bei nominal-skalierten (nicht normalverteilten) Daten wurde der Chi-Quadrat-Test angewendet.

Wurde die Häufigkeit des Auftretens einer der beiden betrachteten nominal-verteilten Variablen mit kleiner fünf geschätzt, erfolgte die Durchführung des exakten Testes nach Fisher. Das Signifikanz-Niveau wurde bei einem p-Wert  $< 0,05$  definiert.

## 3 Ergebnisse

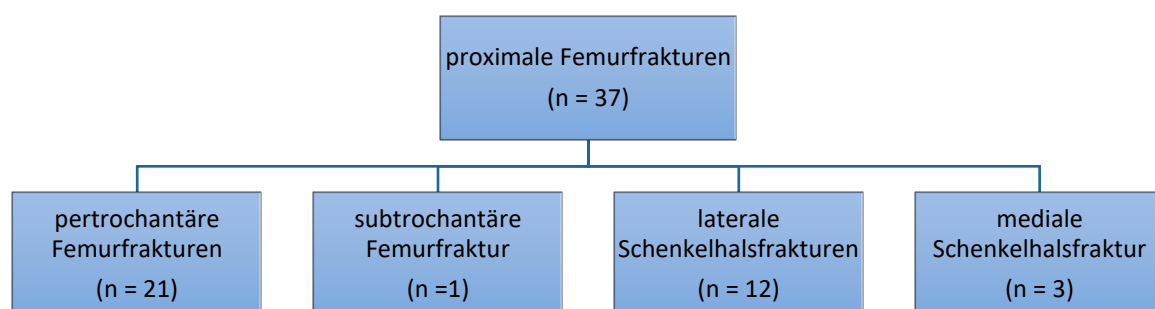
### 3.1 Basischarakteristik

Es wurden insgesamt 37 Patienten/Patientinnen in die vorliegende Arbeit eingeschlossen. Die Geschlechterverteilung zeigte 16 männliche (43,2% der Gesamtpopulation) und 21 weibliche (56,8% der Gesamtpopulation) Patienten.

	MW $\pm$ SD	Median / IQR	Min	Max
Alter (a)	80 $\pm$ 11	-	56	97
Größe (cm)	-	165 / 16	150	188
Gewicht (kg)	-	65 / 15	45	86
BMI	-	23,1 / 4	17,6	31,2
Aufenthaltsdauer postoperativ (d)	-	10 / 6	6	27

**Tabelle 1:** Basisstatistik der Probanden (n=37) bei Normalverteilung der Daten erfolgte die Angabe mittels MW und SD, falls keine Normalverteilung vorlag, erfolgte die Angabe mittels Median und IQR

### 3.2 Einteilung der Frakturtypen



**Abbildung 9:** Überblick über die Frakturtypen mit der jeweiligen Anzahl, n= Anzahl der jeweiligen Patienten

### 3.3 Operationsbezogene Parameter

#### 3.3.1 Präoperatives Risikoprofil: ASA-Klassifikation

33 der 37 Patienten wurden präoperativ als ASA III klassifiziert (89,2%). Jeweils zwei Patienten wurden den Kategorien II und IV zugeordnet (jeweils 5,4%).

#### 3.3.2 OP-Zeit sowie intensivmedizinische Therapie

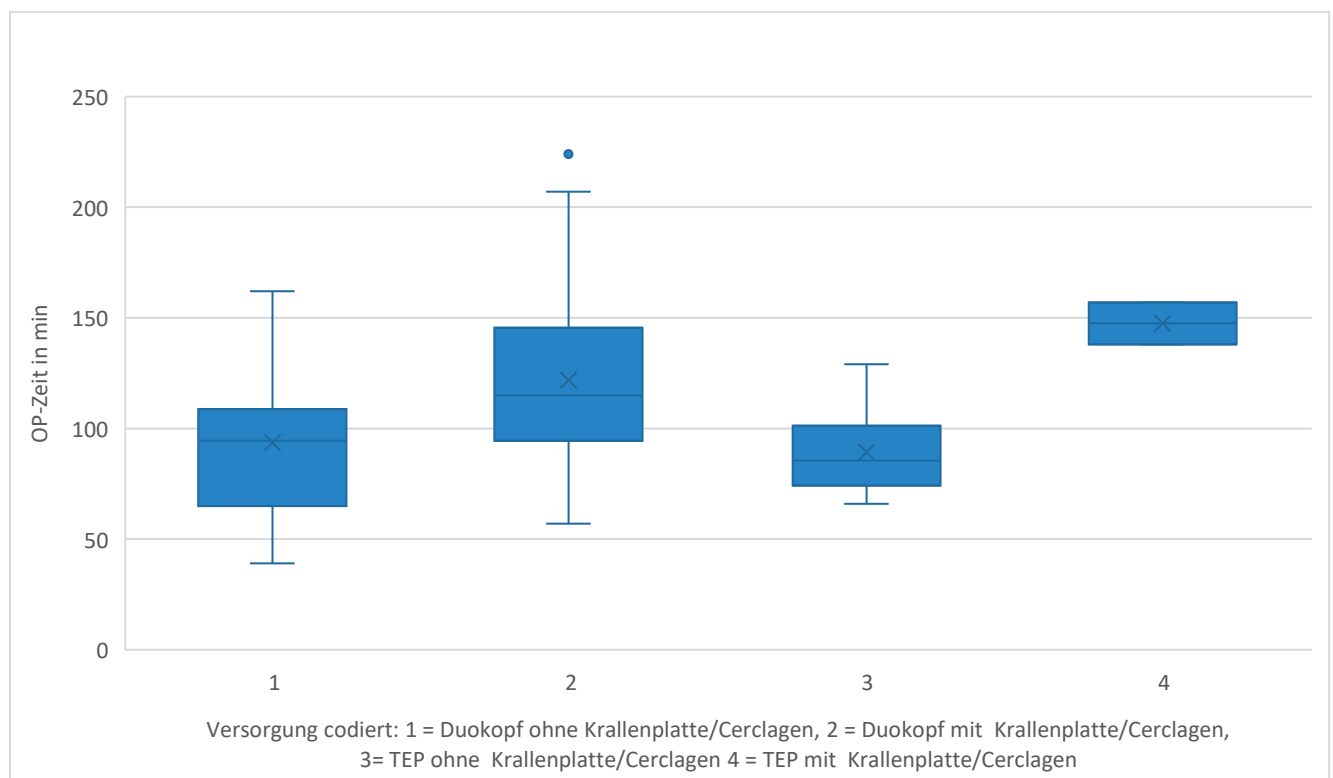
##### 3.3.2.1 Differenzierte Betrachtung der OP-Zeit in Abhängigkeit zur jeweiligen Frakturversorgung

Die mittlere OP-Zeit aller 37 Patienten betrug 108,8 min ( $\pm$  40,4 min). Die OP-Zeit erstreckte sich von 39 Minuten (Minimum) bis zu 224 Minuten (Maximum).

Die mittlere OP-Zeit betrug bei Versorgung mittels Duokopfprothese ohne Cerclagen 93,6 min ( $\pm$  33,6min). Wurde die Versorgung durch Cerclagen (und ggf. Krallenplatte) ergänzt betrug die mittlere OP-Zeit 121,9 min ( $\pm$  45,4min).

Die mittlere OP-Zeit bei Versorgung mittels Totalendoprothese ohne Cerclagen betrug 89,2 min ( $\pm$  21,5min). Nur zwei Patienten wurden mittels Totalendoprothese und Cerclagen (und ggf. Krallenplatte) versorgt. Die OP-Zeit betrug jeweils 138 und 157 min.

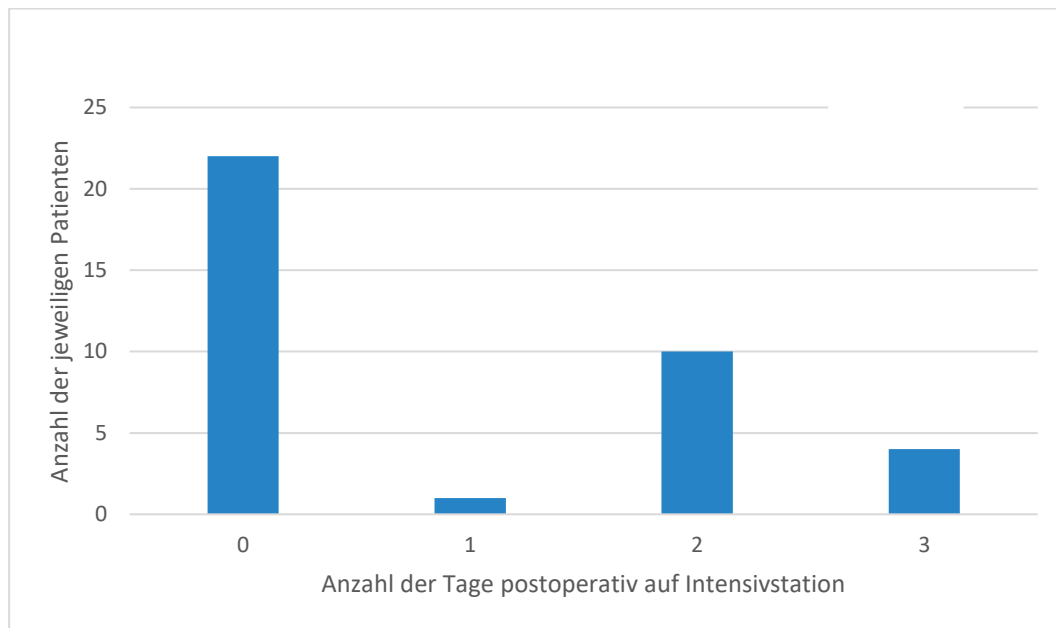
Folgende Abbildung zeigt die jeweilige OP-Zeit in Abhängigkeit zur Art der operativen Versorgung:



**Abbildung 10:** Boxplots zur Darstellung der OP-Zeit (min) in Abhängigkeit zur operativen Versorgung

### 3.3.2.2 Intensivstation postoperativ

15 der 37 Patienten wurden postoperativ auf der Intensivstation überwacht bzw. behandelt. Die Anzahl der postoperativen Tage auf der Intensivstation war nicht normalverteilt (Abbildung 11).



**Abbildung 11:** Histogramm zur Darstellung der Häufigkeit sowie der Dauer der postoperativen intensivmedizinischen Überwachung, Angabe in Tagen

14 der 15 Patienten mit intensivstationärem Aufenthalt erhielten eine Duokopfprothese. Folglich wurden 50% der Duokopfprothesen und 11,1% der Totalendoprothesen postoperativ intensivmedizinisch betreut. Es bestand jedoch kein Hinweis auf einen signifikanten Unterschied bzgl. der Verwendung der jeweiligen Prothese und der Aufnahme auf eine Intensivstation ( $p = 0,056$ ).

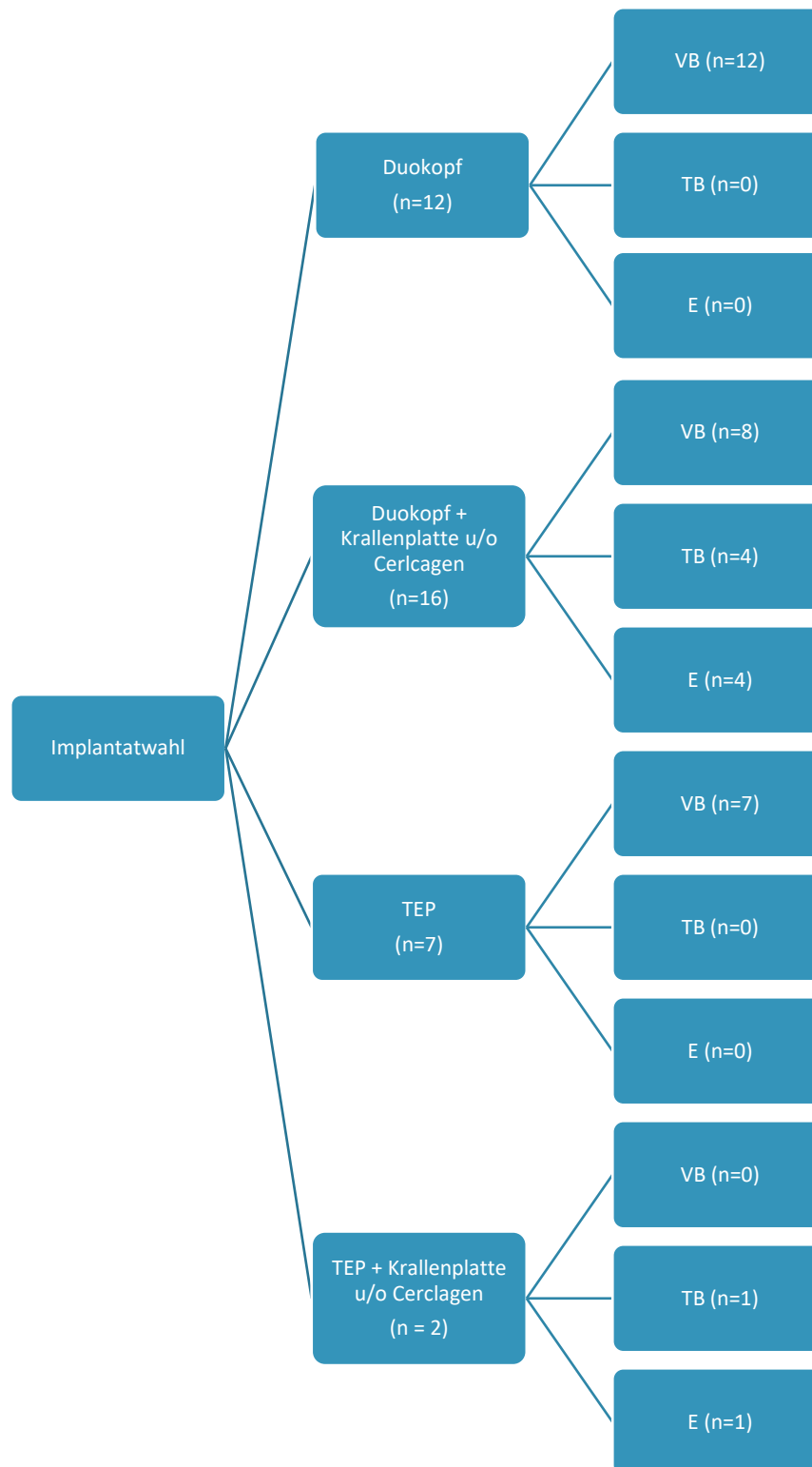
13 der 15 Patienten mit intensivstationärem Aufenthalt waren der ASA-Kategorie III zu zuordnen. Die beiden ASA IV Patienten wurden ebenfalls intensivmedizinisch überwacht/therapiert.

### **3.3.3 Implantatwahl**

28 Patienten (75%) wurden mittels Implantation einer Duokopfprothese versorgt. Hiervon erhielten 13 Patienten zusätzlich eine Krallenplatte mit Cerclagen. Drei der 28 Patienten mit Duokopfversorgung erhielten Cerclagen ohne Verwendung einer Krallenplatte.

Neun Patienten erhielten eine Totalendoprothese. Die Versorgung der Totalendoprothese wurde bei einem Patienten durch eine Krallenplatte mit Cerclagen ergänzt. Ein weiterer Patient erhielt Cerclagen ohne Verwendung einer Krallenplatte.

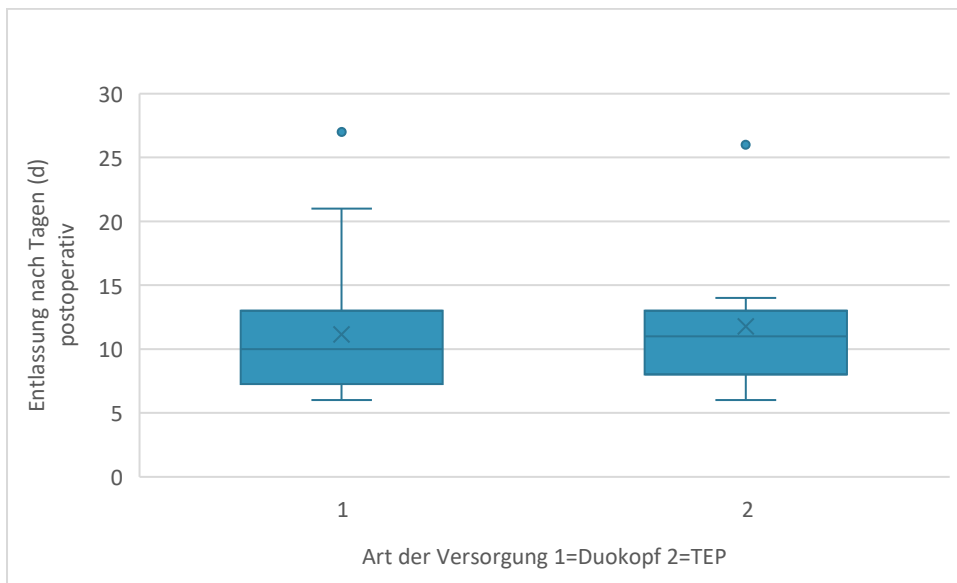
Die große Mehrheit der Patienten durfte postoperativ unter Teil-/Vollbelastung der operierten Extremität mobilisiert werden, während nur fünf Patienten (13%) für die ersten sechs postoperativen Wochen entlasten mussten (Abbildung 12).



**Abbildung 12:** Wahl der Implantate bzw. Ergänzung durch Cerclagen/Krallenplatte und deren jeweiligen Nachbelastung, VB=Vollbelastung, TB=Teilbelastung, E=Entlastung

### 3.3.4 Dauer des stationären Aufenthalts

Die Entlassung aus der stationären Behandlung über beide Geschlechter hinweg erfolgte nach Implantation einer Duokopfprothese im Mittel am 11,1 ( $\pm 4,6$ ) Tag postoperativ. Bei Implantation einer Totalendoprothese erfolgte die Entlassung nach 11,7 ( $\pm 5,9$ ) Tagen (Abbildung 13).



**Abbildung 13:** Dauer des stationären Aufenthaltes postoperativ in Abhängigkeit zur Implantatwahl (1= Duokopf, 2= TEP)



## 3.4 Komplikationen

### 3.4.1 Systemische Komplikationen

Neun Patienten mit Duokopfprothese erlitten systemische Komplikationen (32,1% der Duokopfprothesen). Dabei traten bei zwei Patienten jeweils zwei systemische Komplikationen auf. Zudem traten drei Fälle mit systemischen Komplikationen bei der Versorgung mittels Totalendoprothese auf (33,3% der Totalendoprothesen). Es konnte kein Hinweis auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Verwendung einer Duokopf- bzw. Totalendoprothese und dem Auftreten von systemischen Komplikationen nachgewiesen werden ( $p = 1,000$ ).

Insgesamt traten drei systemische Major-Komplikationen auf, wovon zwei (akutes Nierenversagen und Sepsis) beim gleichen Patienten mit Z.n. Duokopfprothesenimplantation vorkamen. Ein Patient mit Z.n. TEP-Implantation erlitt eine systemische Major-Komplikation in Form einer Tachyarrhythmia absoluta. Die relative Häufigkeit der einzelnen Komplikationen bezogen auf die Gesamtpopulation beträgt jeweils 2,7%.

Zudem traten drei verschiedene systemische Minor-Komplikationen (Harnwegsinfekt, Pneumonie und Ileus) auf. Es kam zu sieben Harnwegsinfektionen (relative Häufigkeit bezogen auf Gesamtpopulation: 18,9%). Hiervon traten fünf bei der Versorgung mittels Duokopfprothese auf. In drei Fällen trat eine Pneumonie auf (alle bei der Versorgung mittels Duokopfprothese; relative Häufigkeit bezogen auf die Gesamtpopulation: 8,1%). Zudem erlitt ein Patient mit Duokopfprothese postoperativ einen Ileus bei bekannter Peritonealkarzinose (2,7% der Gesamtpopulation).

Zusammenfassend kam es bei der Versorgung mittels Duokopfprothesen zu zwei systemischen Major-Komplikationen (7,1% des entsprechenden Kollektivs) sowie neun systemische Minor-Komplikationen (32,1% des entsprechenden Kollektivs). Bei der Versorgung mittels Totalendoprothese kam es zu einer systemischen Major-Komplikation (11,1% des entsprechenden Kollektivs) und zwei systemischen Minor-Komplikationen (22,2% des entsprechenden Kollektivs).

### 3.4.2 Lokale Komplikationen

Eine lokale Komplikation trat bei neun Patienten nach Versorgung mittels einer Hemiprothese (32,1%) und drei Patienten in der Totalendoprothesengruppe (33,3%) auf. Ein Patient mit Totalendoprothese erlitt eine Luxation in Folge einer aseptischen Prothesenlockerung und wurde vor diesem Hintergrund in beiden Unterkategorien der Tabelle berücksichtigt. Es konnte kein Hinweis auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Verwendung einer Duokopf-

bzw. Totalendoprothese und dem Auftreten von lokalen Komplikationen nachgewiesen werden ( $p = 1,000$ ).

In Zusammenschau der Ergebnisse zeigten sich bzgl. der lokalen Komplikationen differenziert nach der jeweiligen Prothesenversorgung numerische Differenzen. Jedoch konnten keine Hinweise auf statistisch signifikante Unterschiede gefunden werden.

Die Übersicht aller Komplikationen ist in Tabelle 2 zu finden.

	Duokopf (n=28)	TEP (n=9)	p-Wert
<b>Major-Komplikationen</b>			
Luxation	1 (3,6%)	2 (22,2%)	$p = 0,141$
Aseptische Prothesenlockerung	0 (0%)	2 (22,2%)	$p = 0,054$
Frühinfekt mit operativer Revision	3 (10,7%)	0 (0%)	$p = 0,562$
Periprothetische Fraktur bei Z.n. Sturz	2 (7,1%)	0 (0%)	$p = 1,000$
Periphere Nervenläsion	1 (3,6%)	0 (0%)	$p = 1,000$
<b>Minor-Komplikationen</b>			
Dekubitus (Fersennekrose)	1 (3,6%)	0 (0%)	$p = 1,000$
prolongierte Wundsekretion	1 (3,6%)	0 (0%)	$p = 1,000$

**Tabelle 2:** Darstellung der prothesenassoziierten Komplikationen in Abhängigkeit zur operativen Versorgung

### 3.4.3 Lokale Komplikationen der Revisionsoperationen

Ein Patient wurde aufgrund von rezidivierenden Luxationen revidiert. Im Anschluss an die Revisionsoperation erlitt er einen Frühinfekt, welcher zu mehreren chirurgischen Débridements (inklusive Vakuumtherapie) und antibiotischer Therapie führte. Im Verlauf der Therapie verstarb er an einem septischen Geschehen.

Ein weiterer Patient wurde bei aseptischer Prothesenlockerung revidiert; im weiteren Verlauf erlitt er eine Bursitis trochanterica, welche mittels Bursektomie therapiert wurde.

Zwei Patienten mit einem Frühinfekt wurden aufgrund einer Infektpersistenz mit einem zwei-zeitigen, septischen Vorgehen behandelt.

Eine weitere Patientin erlitt am ersten postoperativen Tag im Rahmen ihrer Revisionsoperation bei Frühinfekt einen Mediainfarkt und verstarb an dessen Folgen.

### 3.4.4 Zusammenhang zwischen lokalen Komplikationen und der Verwendung von Cerclagen/Krallenplatte

	Keine Komplikation	Komplikation
Ohne Cerclagen/Krallenplatte (N=19)	12	7
Mit Cerclagen/Krallenplatte (N=18)	13	5

**Tabelle 3:** Darstellung der Häufigkeit der prothesenassoziierten Komplikationen in Abhängigkeit zur Verwendung ohne/mit Cerclagen/Krallenplatte

Es bestand kein Hinweis auf einen signifikanten Unterschied bzgl. des Auftretens von lokalen Komplikationen in Abhängigkeit zur Versorgung mit bzw. ohne Cerclagen/Krallenplatte ( $p = 0,728$ ).

### 3.4.5 Blutungsassoziierte Komplikationen

Neun der 37 Patienten erhielten postoperativ eine Erythrozytentransfusion aufgrund einer postoperativen Anämie (24,3%). Von diesen neun Blutungskomplikationen traten sieben bei der Versorgung mittels Duokopfprothese und zwei bei der Versorgung mittels Totalendoprothese auf. Folglich sind numerische Effekte erkennbar, welche eine erhöhte Rate der Blutungskomplikationen bei der Versorgung mittels Duokopfprothesen zeigten (25% bei der Versorgung mittels Duokopf, 22,2% bei der Versorgung mittels TEP). Es konnte kein Hinweis auf einen signifikanten Unterschied bzgl. des Auftretens der Blutungskomplikationen in Abhängigkeit zur Versorgung mittels Duokopf oder Totalendoprothese festgestellt werden ( $p = 1,00$ ).

## 3.5 Mobilität

### 3.5.1 Nachbelastung postoperativ

Die erlaubte Belastung postoperativ unterteilte sich wie folgt:

- Vollbelastung (27 Patienten)
- Teilbelastung (fünf Patienten)
- Entlastung der betroffenen Extremität (fünf Patienten).

### 3.5.2 Vergleich Mobilität präoperativ/postoperativ

Bzgl. der mittelfristigen Mobilität konnte bei 31 Patienten Daten erhoben werden (83,8% der in die Studie eingeschlossenen Patienten). Sechs Patienten sind in der frühen postoperativen Phase verstorben, weshalb die Datenerhebung bzgl. der mittelfristigen Mobilität entfiel. Diese sechs Patienten erhielten alle eine Duokopfprothese (21,4% der Patienten mit Duokopfprothese).

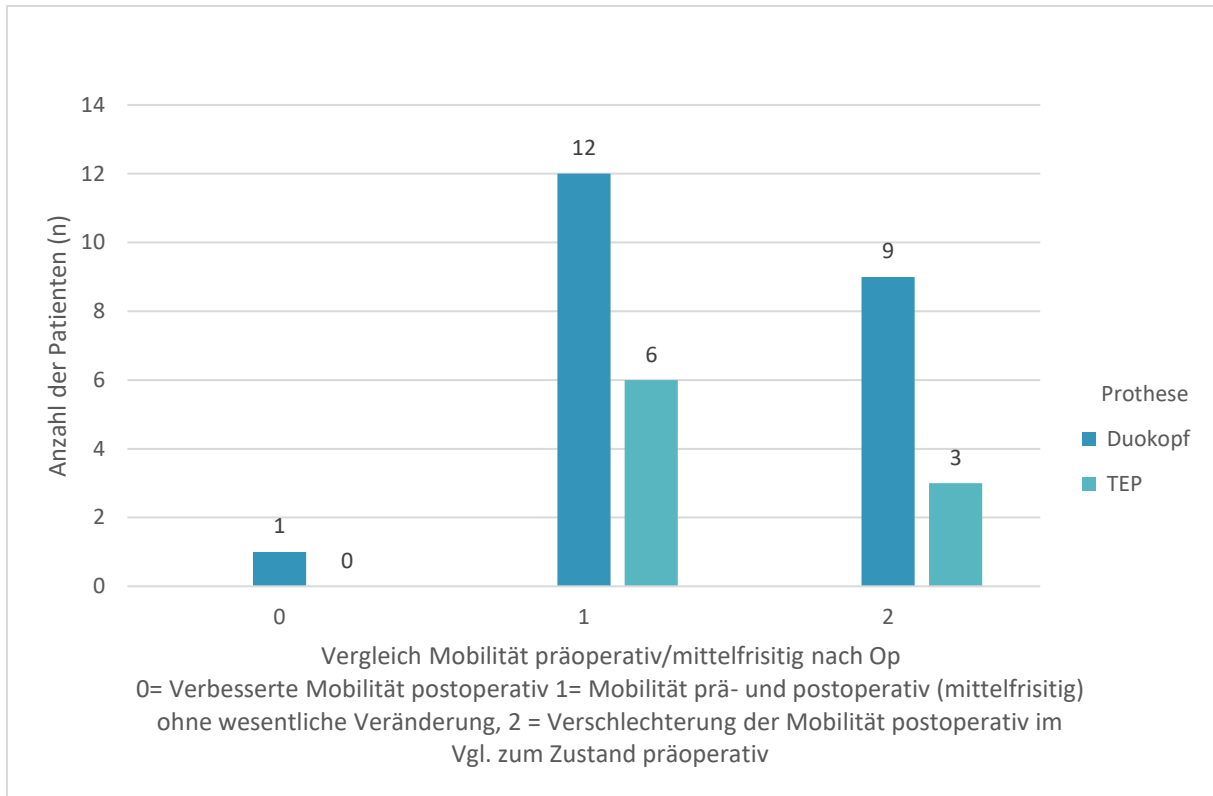
Die Daten waren für beide Subgruppen (Duokopf, TEP) nicht normalverteilt (p-Wert Duokopf <0,001, p-Wert TEP <0,001) (Abbildung 14).

Der Vergleich der individuellen präoperativen Mobilität mit der postoperativen Mobilität wurde in drei Subgruppen (verbesserte Mobilität, keine wesentliche Veränderung der Mobilität und verschlechterte Mobilität) unterteilt. Der Patient mit verbesserter Mobilität im präoperativen/postoperativen Vergleich war präoperativ zunehmend immobil. Postoperativ gelang die Mobilisation unter Zuhilfenahme eines Rollators.

Patienten ohne wesentliche Veränderung der Mobilität waren beispielsweise präoperativ bereits auf Gehhilfen angewiesen und benötigten diese auch postoperativ.

Patienten mit verschlechterter Mobilität waren postoperativ immobil oder auf zusätzliche Gehhilfen im Vergleich zur präoperativen Mobilität angewiesen.

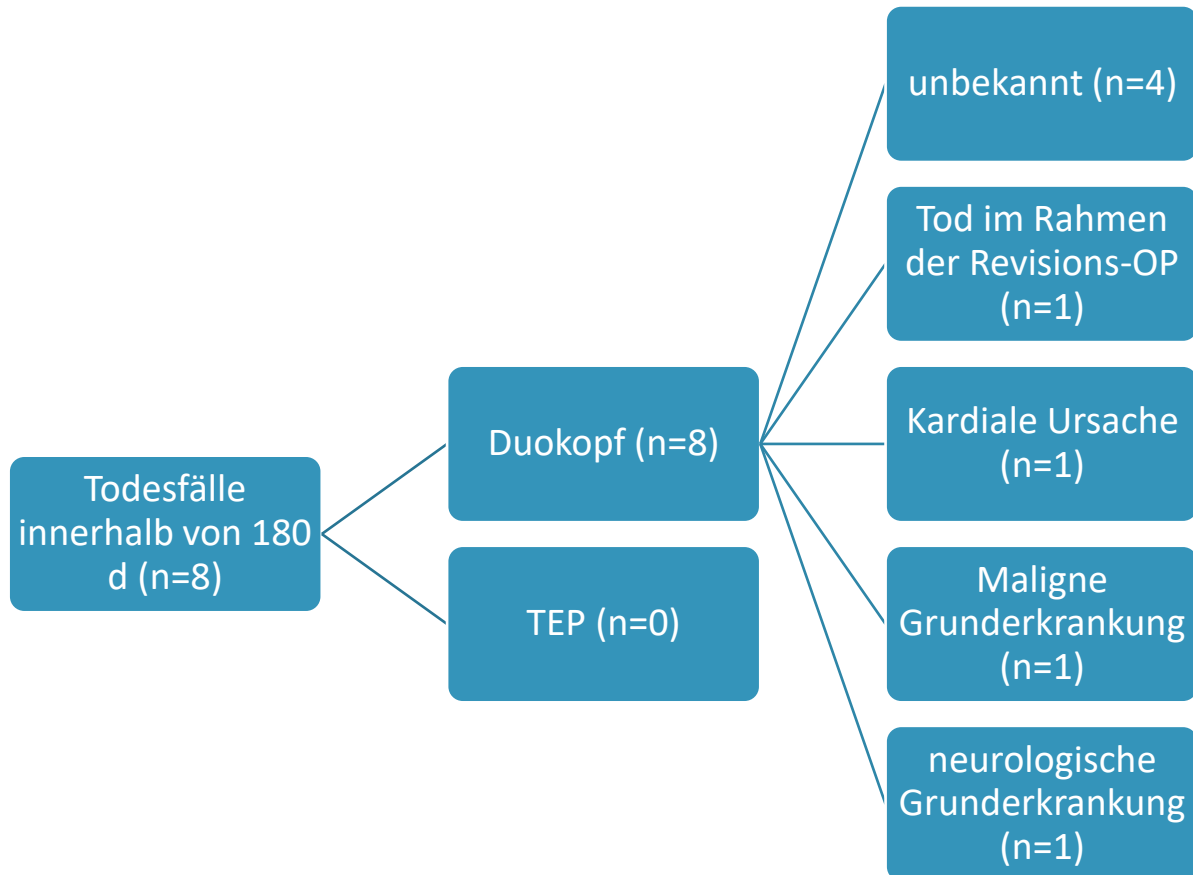
Es konnte kein Hinweis auf einen signifikanten Unterschied bzgl. des Vergleichs der präoperativen und postoperativen Mobilität in Abhängigkeit zur Versorgung mittels Duokopf oder Totalendoprothese festgestellt werden ( $p = 0,79$ ).



**Abbildung 14:** Vergleich der Mobilität präoperativ/postoperativ differenziert nach der Prothesenversorgung in Duokopfprothese/Totalendoprothese für n = 31

### 3.6 Mortalität

Insgesamt sind acht der 37 Patienten innerhalb der ersten 180 postoperativen Tage verstorben (21,6%); Revisionsoperationen wurden nicht berücksichtigt. Der Altersdurchschnitt der verstorbenen Patienten betrug 84,4 Jahre.



**Abbildung 15:** Folgende Grafik zeigt die Anzahl der Todesfälle unterteilt nach den Ursachen

Sämtliche Todesfälle traten bei der Versorgung mittels Duokopfprothese auf. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen (Duokopf vs. TEP) festgestellt werden ( $p = 0,16$ ).

## 4 Diskussion

### 4.1 Zusammenfassung

Die Anzahl proximaler Femurfrakturen nahm in den vergangenen Jahren aufgrund des demografischen Wandels der Gesellschaft zu. Vor diesem Hintergrund erweckt die Versorgung dieser Frakturen ein zunehmendes Interesse. Proximale Femurfrakturen können osteosynthetisch oder mittels Hüftgelenksprothesen versorgt werden. Während bei medialer Schenkelhalsfraktur der Duokopf bereits ein etabliertes Verfahren ist, beschränkt sich die Therapie der Wahl bei pertrochantären / subtrochantären Femurfrakturen meist auf osteosynthetische Verfahren wie z.B. Gamma-Nagel (19). Endoprothetische Versorgung gilt bei trochantären Femurfrakturen als die Ausnahme (19). Ein Grund hierfür ist der steigende Anspruch an den Operateur bei der Implantation einer Endoprothese mit regelrechtem Sitz, je mehr die mediale Abstützung zerstört ist (18).

Parallel dazu spielt die Verwendung von modularen Hüftgelenksendoprothesen in der Frakturversorgung bisher nur eine untergeordnete Rolle. Modulare Prothesen zeichnen sich durch ihre hohe Flexibilität bzgl. der Rotationsanpassung, Anpassung der Beinlänge und des Offsets aus. Insbesondere bei schlechter Knochenqualität, erheblicher Defektzone oder fehlender medialer Abstützung sind gescheiterte osteosynthetischen Therapien möglich (z.B. Cutting-Out, Pseudarthrose), was wiederum die direkte endoprothetische Versorgung als therapeutisches Vorgehen in den Vordergrund bringt.

Zudem zeigen einige Publikationen, dass bei älteren Patienten die endoprothetische Versorgung der osteosynthetischen überlegen zu sein scheint (51). Bezüglich der Wahl zwischen Total- und Hemiendoprothesen bei dislozierten proximalen Femurfrakturen ist die Literatur bisher weniger eindeutig (67). Vorteile der Hemiarthroplastik sind die kürzere OP-Zeit und das geringere Blutungsrisiko ((46), (67)). Aufgrund dessen werden Hemiarthroplastiken v.a. bei multimorbiden Patienten verwendet (67). Demgegenüber werden Totalendoprothesen überwiegend bei vorher bestehenden arthrotischen Beschwerden oder hohem funktionellen Anspruch verwendet (67).

Die aktuelle Literatur beschäftigt sich meist mit dem Vergleich der Hemiarthroplastik und Totalarthroplastik bei dislozierten proximalen Femurfrakturen. Modulare Prothesen wurden, trotz ihrer großen Vorteile im Rahmen von Revisionsoperationen, bisher wenig im Rahmen der primären Endoprothetik berücksichtigt.

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, eine Beurteilung über die ersten klinischen Erfahrungen nach Implantation modularer Schaftprothesen zur Versorgung proximaler Femurfrakturen zu erlangen.

Hinsichtlich der Komplikationsraten zeigen sich im Rahmen der vorliegenden Untersuchung positive Ergebnisse bei der Verwendung von modularen Hüftendoprothesen insbesondere vor dem Hintergrund der Komplexität des Eingriffs sowie der erheblichen Komorbiditäten der Patienten.

Es konnte kein relevanter Unterschied bzgl. der Komplikationen zwischen Duokopf- und Totalendoprothese nachgewiesen werden.

## 4.2 Aktueller Forschungsstand

Es existieren zahlreiche Studien zur Therapie proximaler Femurfrakturen. V.a. bei pertrochantären und subtrochantären Femurfrakturen ist die Osteosynthese bisher der operative Standard (15). Jedoch zeigten beispielsweise Grote et. al bei dislozierten pertrochantären Femurfrakturen im geriatrischen Kollektiv eine rasche Mobilisation bei endoprothetischer Versorgung, ohne einen Anstieg der Mortalität zu verzeichnen (43).

Hinsichtlich der Prothesen beziehen sich die bisherigen Daten selten auf modulare Schaftprothesen bei der primären Versorgung proximaler Femurfrakturen (73). Beim Vergleich modularer vs. nicht-modularer Schäfte bzgl. der primären Operation bei Arthrose konnte bisher kein Vorteil der modularen Prothese gegenüber der nicht-modularen Prothese festgestellt werden, sofern das Hüftdrehzentrum mittels nicht-modularer Prothese wiederhergestellt werden kann (29).

Bisher finden modulare Prothesen v.a. Relevanz in der Revisionsendoprothetik bei aseptischen Lockerungen, Infektionen oder periprothetischen Frakturen ((71), (85), (106)). In zahlreichen Studien zeigten sich gute klinische sowie radiologische Ergebnisse ((56), (83), (84), (96), (100)). Vor allem bei ausgeprägter knöcherner Defektzone erscheint die Verwendung des modularen Schaftsystems sinnvoll (41). Weitere Vorteile der Modularität sind die Flexibilität bzgl. der Rotationsanpassung, Anpassung der Beinlänge und des Offsets. Parallel dazu konnte in Studien gezeigt werden, dass ein Scheitern der hüftkopferhaltenden Operation mit sekundärer Konversion auf eine gelenkersetzende Arthroplastik mit einem schlechteren Outcome als die primäre endoprothetische Versorgung assoziiert ist (63). Neben den Vorteilen müssen jedoch auch die zusätzlichen Probleme durch die Modularität, wie beispielsweise das erhöhte Korrosionsrisiko an den Verbindungsstellen bei suboptimaler Anwendung, betrachtet werden ((26), (28)). Dies kann zur Bildung von Metallionen und Partikeltrümmern/-ablagerungen führen, welche das Risiko für Gewebereaktionen mit Osteolyse und aseptischer Prothesenlockerung erhöht (52).



Nur wenige Studien analysierten modulare Prothesen in der primären Versorgung nach einer proximalen Femurfraktur (73). Andere Studien untersuchten modulare Prothesen bei proximalen Femurfrakturen, beinhalten jedoch auch Monoblock-Prothesen und differenzierten ihre Ergebnisse nicht vollständig voneinander (105). Folglich sind die Daten und Erfahrungen zur Verwendung modularer Prothesen bei proximalen Femurfrakturen gering. Die vorliegende Studie soll diesen bisher gering erforschten Bereich weiter analysieren.

## 4.3 Ergebnisdiskussion

### 4.3.1 Basischarakteristik

57% der Probanden waren weiblich. Dieser Anteil ist verglichen mit anderen Studien im Schnitt leicht vermindert ((66), (90)). Als Grund für die heterogene Geschlechtsverteilung proximaler Femurfrakturen ist unter anderem die postmenopausale Osteoporose zu nennen.

Das mittlere Alter im Rahmen der Studie betrug 80 Jahre, was dem typischen Alter für proximale Femurfrakturen laut der aktuellen Datenlage entspricht ((30), (66)).

### 4.3.2 Operationsbezogene Parameter

#### 4.3.2.1 ASA

In zahlreichen Publikationen konnte gezeigt werden, dass ein erhöhter ASA-Wert mit einer signifikant erhöhten Rate an postoperativen Komplikationen sowie einer erhöhten Rate an Morbidität und Mortalität nach der Operation einhergeht (47). Zudem konnte ein Zusammenhang zwischen steigender Bewertung in der ASA-Klassifikation und frühen Revisionsoperationen bei Hüft-TEPs beobachtet werden ((32), (79)).

33 der 37 Patienten im Rahmen der Studie wurden der Kategorie ASA III zugeteilt (89,2%). Jeweils zwei Patienten wurden als ASA II und IV eingestuft (je 5,4%). Diese Verteilung unterscheidet sich stark von zahlreichen Studien sowie Daten aus nationalen Endoprothesenregistern zur ASA-Klassifikation bei Hüft-TEP Ersteingriffen ((14), (32)). In der Literatur sind in der Mehrheit der Fälle die Patienten ASA II zuzuordnen ((14), (32), (94)). Bei einer Vergleichsstudie von sieben nationalen Endoprothesenregistern verschiedener Länder schwankte der kumulierte Anteil an ASA III/ ASA IV zwischen 14 % (Niederlande) und 37% (Finnland) (94). Die Auswertung des norwegischen Endoprothesenregister bei proximalen Femurfrakturen ergab einen ASA-III-Anteil zwischen 45 und 52% der Patienten (39). In einer Studie zur reinen Frakturendoprothetik konnte dagegen ein höherer Anteil (60,9%) an ASA III/IV Patienten gezeigt werden (24).

Dennoch fällt in unserer Studie auf, dass die Patienten verglichen mit anderen Studien eine auffällig gehäufte Anzahl schwerer Allgemeinerkrankungen haben. Gründe hierfür sind die große intensivmedizinische Kapazität des Hauses sowie die Stellung der Klinik als Maximalversorger und überregionales Traumzentrum.

Eine erhöhte Rate präoperativer Komorbiditäten bzw. höhere ASA-Klassifizierung führt zu einer erhöhten Rate postoperativer Komplikationen sowie zu einem erhöhten Mortalitätsrisiko (87). Daher sollte dies bei der Beurteilung der Komplikationsraten berücksichtigt werden.

#### **4.3.2.2 Intensivstationärer Aufenthalt**

Eine zunehmende Anzahl an Komorbiditäten gilt als wesentlicher Faktor für die Aufnahme auf eine Intensivstation (35). Dennoch sind Kriterien zur Aufnahme auf eine Intensivstation häufig nicht homogen bzw. transparent genug, sondern viel mehr individuelle hausinterne Entscheidungen. Im Rahmen dieser Studie wurden viele Patienten postoperativ geplant für 24h intensivmedizinisch betreut. Trotzdem spiegelte sich der Faktor der Komorbiditäten auf die Aufnahme auf eine Intensivstation auch im Rahmen der Studie wieder. Alle Patienten mit ASA IV Klassifizierung wurden postoperativ intensivmedizinisch betreut.

#### **4.3.2.3 Dauer des stationären Aufenthaltes**

Eine frühzeitige stationäre Entlassung wird aus gesundheitsökonomischen Interessen immer relevanter. Ziel ist es vor allem für wirtschaftliche Entlastung im Gesundheitssystem zu sorgen (112). Gleichzeitig konnte allerdings gezeigt werden, dass die Mortalitätsrate innerhalb eines Jahres bei Entlassung innerhalb von zehn Tagen ansteigt (112). Die Entlassung erfolgte im Rahmen dieser Studie nach der Implantation einer Duokopfprothese nach durchschnittlich 11,1 ( $\pm$  4,6) Tagen. Nach Implantation einer Totalendoprothese erfolgte die Entlassung nach 11,7 ( $\pm$  5,9) Tagen. Im Jahr 2014 betrug die durchschnittliche stationäre Verweildauer der Hüft-TEP (inklusive elektiver Hüft-TEPs bei Arthrose) in Deutschland 11,8 Tagen (14). Bei der Analyse der Epidemiologie proximaler Femurfrakturen im Zeitraum von 2001 bis 2016 in Italien, zeigte sich eine mediane stationäre Aufenthaltsdauer von 12 Tagen (66).

Es gibt Prädiktoren für einen verlängerten Krankenhausaufenthalt nach Hüft-Arthroplastiken (1). Hierzu zählen unter anderem das weibliche Geschlecht, Alter >65 Jahre sowie eine Einstufung als ASA Kategorie III und IV (1). Nur ein Patient hatte im Rahmen der vorliegenden Studie keinen dieser Prädiktoren.

Trotz erhöhter Anzahl an Prädiktoren für einen verlängerten stationären Aufenthalt im Rahmen der vorliegenden Patientenpopulation zeigt unsere Auswertung keine relevante Zunahme der Aufenthaltsdauer und der damit verbundenen Kosten.

### 4.3.3 Komplikationen

Das Risiko für Komplikationen hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Generell ist die frakturassoziierte Endoprothetik mit einer erhöhten Komplikationsrate im Vergleich zur primären elektiven Endoprothetik assoziiert (110).

Weitere Einflussfaktoren auf die erlittenen Komplikationen sind die Erfahrung des Operateurs bzw. dessen Fähigkeiten, die Operationsdauer sowie patientenassoziierte Faktoren wie beispielsweise Komorbiditäten ((80), (109)).

Der Vergleich der Komplikationsraten zwischen den Studien ist nicht immer möglich, da Komplikationen in den verschiedenen Studien unterschiedlich definiert werden bzw. häufig Angaben fehlen, welche Komplikationen (neben prothesen-, blutungsassoziierte Komplikationen) analysiert wurden. Zur besseren Beurteilung erfolgte in unserer Arbeit die Differenzierung in systemische, lokale („prothesenassoziierte“) sowie blutungsassoziierte Komplikationen. Insbesondere bzgl. der systemischen Komplikationen erscheint der Vergleich mit anderen Studien erschwert.

#### 4.3.3.1 Systemische Komplikationen

Prozentual zeigte sich keine wesentliche Diskrepanz zwischen dem Auftreten von systemischen Komplikationen bei der Versorgung mittels Duokopfprothese (32,1%) und Totalendoprothese (33,3%). Eine weitere Differenzierung der systemischen Komplikationen erfolgte nach den Kriterien von Pulido et. al in Major- und Minor-Komplikationen (81). Der Vergleich der Komplikationsraten im Rahmen dieser Studie zu Pulido et. al ist jedoch nur sehr eingeschränkt sinnvoll. Dies liegt zum einen daran, dass es sich in der Studie von Pulido et. al ausschließlich um elektive Endoprothetik handelte. Zum anderen waren die Patienten in der genannten Arbeit deutlich jünger (Median: 62 Jahre) als in der vorliegenden Studie. Dies erscheint vor allem relevant, da ein höheres Alter als relevanter Faktor beim Auftreten von systemischen Komplikationen gilt (81).

Dawson et. al zeigten eine erhöhte Komplikationsrate bei der Versorgung von dislozierten proximalen Femurfrakturen mittels Hemiarthroplastik (45,7%) verglichen mit der totalen Arthroplastik (8,7%) (25). In unserer Studie erlitten vier Patienten (ausschließlich mittels Hemiarthroplastik versorgt) eine pulmonale Infektion (10,8%). Darüber hinaus erlitten sieben Patienten eine Infektion des Urogenitaltraktes (n=5 Hemitprothesen (13,5%), n=2 TEPs (5,4%)). Li und Lu konnten im Bereich der Frakturendoprothetik eine erhöhte Rate pulmonaler Infekte sowie Nierenversagens bei Hemiarthroplastiken im Vergleich zu Totalarthroplastiken zeigen (64).

Generell konnte in verschiedenen Publikationen gezeigt werden, dass das Auftreten von systemischen Komplikationen mehr auf patientenbezogenen Faktoren basiert als beispielsweise auf der Differenzierung Hemiarthroplastik versus Totalarthroplastik ((16), (74), (81)).

#### **4.3.3.2 Lokale Komplikationen**

Die relative Häufigkeit lokaler Komplikationen war bei Versorgung mittels Duokopfprothese (32,1% der Duokopfprothesen) gleichwertig verglichen mit der Versorgung mittels Totalendoprothesen (33,3% der Totalendoprothesen).

Differenziert man die lokalen, revisionsbedürftigen Komplikationen weiter mussten 25% der Duokopfprothesen (sieben Patienten) sowie 33% der Totalendoprothesen (drei Patienten) revidiert werden.

##### **4.3.3.2.1 Luxation**

Bei Versorgung mittels Duokopf erlitt ein Patient eine Luxation (3,6%). Dies liegt unter der in der Literatur angegebenen Luxationsrate ((30), (73)). Zwei der neun Totalendoprothesen sind postoperativ luxiert (22,2%). Die erhöhte Rate von Luxationen bei der Verwendung von Totalendoprothesen im Vergleich zu Duokopfprothesen konnte in weiteren Studien gezeigt werden ((31), (48), (104)). Caeiro et. al zeigten zudem, dass eine hohe ASA Klassifikation sowie steigendes Alter positiv mit dem Luxationsrisiko korreliert (23).

18 Patienten benötigten eine Krallenplatte und/oder Cerclagen, was sowohl eine Trochanterfraktur als auch einen beeinträchtigten Ansatz der pelvitrochantären Muskulatur adressiert. Kostewicz et. al zeigten, dass der Erhalt der Muskulatur sowie deren Ursprünge/Ansätze spätere Funktionsstörungen, welche letztlich zu einer Luxation führen können, verhindert (62).

Folglich erhöht sich die Luxationswahrscheinlichkeit mit steigendem Alter, steigender Anzahl an Komorbiditäten sowie zerstörter Trochanterregion. Berücksichtigt man diese Faktoren und die große Häufigkeit der luxationsbegünstigenden Faktoren im Rahmen der Studie erscheint die Luxationsrate gering.

##### **4.3.3.2.2 Aseptische Lockerung**

Die aseptische Prothesenlockerung gilt als häufigste Ursache für ein Prothesenversagen ((42), (75)). Als Hauptursachen gelten eine Vielzahl von Mechanismen, die durch Abriebpartikel induziert werden und letztlich zum Abbau von Knochenmaterial führen (75). Zudem ist ein spezifisches Risiko modularer Prothesen das Korrosionsrisiko an den Verbindungsstellen (28).

Auch im deutschen Endoprothesenregister gilt die aseptische Prothesenlockerung weiterhin als häufigster Grund für eine operative Revision (2022: 22,7% aller Hüftrevisionsoperationen

aufgrund von aseptischer Lockerung) (42). Dennoch zeigt sich in den letzten Jahre eine Abnahme der Rate an operativen Revisionen aufgrund von aseptischen Lockerungen (42). Eine mögliche Ursache des Abfalls könnten die optimierten Prothesenmaterialien sein (42).

Im Rahmen der vorliegenden Studie kam es zu zwei aseptischen Lockerungen (5,4% des Gesamtkollektivs). Bei beiden Patienten wurde eine Totalendoprothese implantiert. Es kam hierbei jeweils einmal zu einer Schaft- sowie einer Pfannenlockerung. Insgesamt wurden zehn Patienten operativ revidiert. Folglich wurden 20% der Revisionseingriffe im Rahmen der Studie aufgrund von aseptischen Prothesenlockerungen durchgeführt. Es zeigt sich folglich eine leicht verminderte Rate der Lockerungen verglichen mit dem deutschen Endoprothesenregister (2022: 22,7%) (42). Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass bei der Auswertung des EPRD sämtliche Prothesenmodelle und Arten der Verankerung und nicht ausschließlich zementfreie, modulare Prothesen ausgewertet werden.

Vor diesem Hintergrund erscheint die Revisionsrate aufgrund von aseptischer Prothesenlockerung im Rahmen der Studie gering trotz der Verwendung modularer Prothesen unter Berücksichtigung der kleinen Fallzahl.

#### **4.3.3.2.3 Frühinfekt**

Postoperative Wundinfektionen sind die zweithäufigste Ursache nosokomialer Infektionen (55). Bei der Implantation primärer, elektiver Hüft-TEPs ohne Fraktur liegt das Infektionsrisiko bei 1,89%, bei geschlossenen Frakturen bei 4,35% (55). Risikofaktoren für postoperative Wundinfektionen sind unter anderem: hohes Patientenalter, Diabetes mellitus, periphere arterielle Verschlusskrankheit sowie die Länge des operativen Eingriffs (55). Drei Patienten mit Duokopfprothese hatten einen Frühinfekt mit operativer Revision (8,1% der Patienten der Studie). Es kam zu keinem Frühinfekt bei der Versorgung mittels Totalendoprothese.

Jedoch sollte man bei der erhöhten Infektrate verglichen mit Referenzpublikationen die Komorbiditäten der Patientenpopulation und die sich hieraus ergebenden Risikofaktoren berücksichtigen.

#### **4.3.3.2.4 Prolongierte Wundsekretion**

Eine verlängerte Wundsekretion trat lediglich in einem Fall mit Z.n. TEP auf (3,6%), welche zu einem weiteren Revisionseingriff führte. Dies kam bei keiner bipolaren Prothese vor. Es konnte dabei kein Keimnachweis in den intraoperativ entnommenen Proben erbracht werden. Dies schließt jedoch einen Infekt nicht mit Sicherheit aus.

#### 4.3.3.2.5 Periprothetische Fraktur

Zwei Patienten erlitten eine periprothetische Fraktur nach erneutem Sturzereignis im stationären Setting (5,4% des Gesamtkollektivs). Dies stellt verglichen mit der Literatur eine leicht erhöhte Rate dar ((2), (65)). Beide periprothetischen Frakturen erforderten eine operative Revision. 2022 zeigte sich im EPRD eine Rate von 15,9% der Revisionsoperationen aufgrund von periprothetischen Frakturen, welche im Verlauf der letzten Jahren kontinuierlich zugenommen hat (42).

Bei beiden Fällen handelte es sich um eine Hemiarthroplastik. Die Literatur zu Risikofaktoren für postoperative periprothetische Frakturen ist nicht vollständig konsistent. Risikofaktoren für eine periprothetische Fraktur sind unter Anderem Alter, weibliches Geschlecht und schlechte Knochenqualität ((13), (69), (70), (113)). Auf beide periprothetischen Frakturen trifft dabei mehr als ein Kriterium zu (1. Patient: Alter, prätraumatisch Osteolyse im proximalen Femurschaft sowie 2. Patient: Alter, weibliches Geschlecht). In anderen Publikationen konnte keine Korrelation zwischen den Faktoren Patientenalter und Geschlecht bzgl. des postoperativen periprothetischen Frakturrisikos nachgewiesen werden (2).

#### 4.3.3.3 Blutungsspezifische Komplikationen

Neun der 37 Patienten erhielten postoperativ eine Erythrozytentransfusion aufgrund einer postoperativen Anämie (24,3%). Eine Studie zu operativ versorgten proximalen Femurfrakturen bei älteren Patienten (>65 Jahre) zeigte eine Transfusionsrate von 28,3% (5). In unserer Untersuchung wurden Patienten unter 65 Jahren nicht von der Studie ausgeschlossen, dennoch zeigte sich eine erhöhte Rate an hochbetagten Patienten (Median 82 J.).

Auffällig im Rahmen der Studie ist die erhöhte Rate der Blutungskomplikationen bei Versorgung mittels Hemiprothesen verglichen mit der totalendoprothetischen Versorgung (25% bei der Versorgung mittels Duokopf, 22,2% bei der Versorgung mittels TEP). Die meisten Studien gehen von dem gegensätzlichen Sachverhalt aus ((10), (16), (31), (64), (104)). Der erhöhte Blutverlust könnte durch die zusätzlich aufgefräste Spongiosafläche des Acetabulums bei Versorgung mittels Totalendoprothese erklärt werden, was zu einem signifikant erhöhten Blutungsrisiko führt (91).

Daher erscheint diese Statistik im ersten Moment widersprüchlich. Jedoch gilt es zu berücksichtigen, welche Faktoren relevant bei der Implantatwahl (Hemiarthroplastik vs Totalarthroplastik) sind. Hemiarthroplastiken werden vor allem bei multimorbiden Patienten mit einer geringeren Lebenserwartung eingesetzt. Gründe hierfür sind die kürzere OP-Zeit sowie die fehlende Relevanz der Acetabulumabnutzung bei geringerer Lebenserwartung. Demgegenüber sind die Indikationen für eine Totalarthroplastik unter anderem ein erhöhter Anspruch an das

Implantat bzgl. Funktion sowie Standzeit der Prothese. Diese Überlegungen konnten numerisch anhand der ASA-Klassifikation im Rahmen der vorliegenden Studie gestützt werden: beide Patienten der ASA II Kategorie erhielten eine TEP, beide Patienten der ASA IV Kategorie erhielten eine Duokopfprothese.

Unter Berücksichtigung der erhöhten Rate an Komorbiditäten erscheint es logisch, dass die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten im Rahmen der Studie fast ausschließlich bei Duokopfprothesen erfolgt ist.

#### **4.3.4 Mobilität**

Die Mobilität differenziert sich in der vorliegenden Studie nicht auf eine objektivierbare Gehstrecke, sondern auf etwaige Gangunsicherheiten oder die Verwendung von Gehhilfsmitteln. Sechs der 37 Patienten sind in der frühen postoperativen Phase verstorben. Bei diesen sechs Patienten entfiel die Datenerhebung bzgl. der mittelfristen Mobilität.

Laut Literatur kann eine bessere Mobilität bei Implantation einer Totalarthroplastik im Vergleich zur Hemiarthroplastik gezeigt werden (9). Im Rahmen der Studie erhielten lediglich 24,3% der Patienten eine Totalarthroplastik.

Ein negativer Prädiktor für die postoperative Mobilität ist das Vorhandensein von Komorbiditäten (68). 33 der 37 Patienten wurden der ASA Kategorie III und jeweils zwei Patienten den ASA-Kategorien II und IV zugeordnet. Dies verdeutlicht die hohe Rate an Komorbiditäten im Rahmen der Studie.

Ein weiterer wesentlicher Prädiktionsfaktor für das Nichterreichen der Ausgangsmobilität ist ein niedriges prätraumatisches Aktivitätsniveau (68). 18 der 37 Patienten (48,6%) waren prätraumatisch bereits eingeschränkt mit Gangunsicherheiten/Gehhilfen mobil oder immobil. Bei 19 der 37 Patienten (51,3%) konnte mindestens die Ausgangsmobilität postoperativ erneut erreicht werden. Dies entspricht circa den Werten der Literatur (108). Folglich erreichten die Patienten unter Berücksichtigung der hohen Rate an Komorbiditäten sowie dem niedrigen Ausgangsmobilitätsniveau eine gute postoperative Mobilität.

#### **4.3.5 Mortalität**

Mortalitätsraten zwischen verschiedenen Studien beinhalten häufig einen unterschiedlichen Betrachtungszeitraum postoperativ. In zahlreichen Studien konnte keine erhöhte Mortalitätsrate bei der Differenzierung zwischen Hemi- und Totalarthroplastiken in der Frakturversorgung festgestellt werden ((9), (11)). Es konnte stattdessen gezeigt werden, dass die Mortalität durch andere Faktoren wie z.B. ASA>2 und Dauer des Krankenaufenthalts >1 Woche beeinflusst wird (10). Acht der 37 Patienten sind in unserer Studie innerhalb von 180 Tagen postoperativ

verstorben (21,6%). Die Todesfälle waren dabei ausschließlich bei Verwendung von Duokopfprothesen. Insgesamt sind sieben der acht Todesfälle an nicht-operationsspezifischen Ursachen (wie z.B. Lymphom, kardiale Ursache, neurologische Ursache) verstorben. Lediglich ein Patient ist direkt an einer operationsbezogenen Sepsis im Rahmen eines Frühinfektes verstorben. Ähnlich zu unserer Beobachtung berichteten Barışhan et. al über eine Mortalitätsrate zwischen 18,2% (Hemiarthroplastik) und 25% (Totalarthroplastik) bei der operativen Versorgung von dislozierten Schenkelhalsfrakturen (10).



## 4.4 Limitationen

Die Daten der Studie wurden retrospektiv und monozentrisch erfasst. Dies bringt den Vorteil, dass schnell auf sämtliche erhobene Daten der betrachteten Patienten zugegriffen werden kann. Die Studie analysiert lediglich Fälle, welche bei proximaler Femurfraktur mittels modularer Prothese versorgt wurden (uni- sowie bipolar). Es können folglich keine Aussagen über alternative Behandlungsmöglichkeiten (gelenkerhaltende osteosynthetische Verfahren sowie Monoblock Prothesen) getroffen werden.

Gleichzeitig bietet dieses Studiendesign jedoch auch Limitierungen. Die Daten können retrospektiv nicht auf ihre Ätiologie und Richtigkeit überprüft werden. Die Patienten wurden durch unterschiedliche Operateure mit unterschiedlichen Ausbildungsständen und somit Erfahrungen versorgt. Folglich kann ein operateurbezogener Einfluss nicht ausgeschlossen werden.

Zudem ist der Datensatz nicht in allen Parametern vollständig, was in Anbetracht des Patientenalters bzw. deren Komorbiditäten nicht untypisch im Vergleich zu anderen Studien ist. Bei unvollständigem Follow-up erfolgte der telefonische Kontaktversuch mit den Patienten selbst, deren Angehörigen sowie deren behandelnden Ärzten, um die Daten möglichst zu vervollständigen. Dies ist von der Validität und Objektivität jedoch nicht mit klinisch erhobenen Daten zu vergleichen. Dennoch erfolgte kein Ausschluss der Patienten aus der Studie.

Ebenfalls wurde im Rahmen der Datenerhebung die Mobilität bzw. Gelenkfunktion nicht standardisiert anhand eines funktionellen Scores erfasst. Präoperativ war die Mobilität nur anamnestisch bzw. fremdanamnestisch zu erheben, da der erste Kontakt mit den Patienten erst bei bereits stattgehabter Fraktur und sich hieraus ergebender Immobilität erfolgte. Zudem stellt sich die Frage der Beurteilbarkeit/Relevanz dessen in Anbetracht zahlreicher Komorbiditäten (z.B. Apoplex mit Paresen/Spastik), welche bereits prätraumatisch zur Immobilität führten sowie der fehlenden Möglichkeit einer zuverlässigen, objektiven Erhebung der prätraumatischen Mobilität. Folglich führten fehlende bzw. telefonisch erhobene Datensätze zur Mobilität mittelfristig nicht zum Ausschluss aus der Studie. Dennoch wurde der Betrachtungsschwerpunkt der Studie auf die Komplikationen sowie die Revisionsoperationen gelegt.

## 5 Schlussfolgerung und Ausblick

Osteosynthetische Verfahren sind weiterhin die Therapie der Wahl bei proximalen Femurfrakturen. Jedoch bieten modulare Prothesen eine mögliche alternative Therapieoption bei bestimmten Frakturmorphologien (z.B. ausgeprägter knöcherner Defektzone, fehlende mediale Abstützung).

Es konnte im Vergleich zu anderen Studien mit einer vergleichbaren Patientenpopulation kein wesentlicher Anstieg der Mortalität bzw. der Komplikationsrate festgestellt werden. Vor dem Hintergrund der Vorteile bzgl. der Flexibilität und Kombinationsmöglichkeit von modularen Prothesen stellt dies folglich eine sinnvolle Alternative zu Monoblockprothesen in der Frakturoprothetik geriatrischer Patienten dar.

Aus unserer Sicht sollte eine modulare Schaftprothese in traumatologischen Zentren als Alternative zu gängigen osteosynthetischen Verfahren vorhanden sein, insbesondere vor dem Hintergrund des zunehmend geriatrischen Patientengutes. Hierzu ist es erforderlich, dass der Operateur eine Expertise sowohl im osteosynthetischen als auch im endoprothetischen Sektor hat, um die optimale Patientenversorgung zu gewährleisten.

Jedoch sollten in Zukunft weitere Studien zu modularen Schaftprothesen in der Frakturoprothetik durchgeführt werden, um die Komplikationsrate sowie die funktionellen Ergebnisse an größeren Patientenpopulationen beurteilen zu können. Insbesondere bietet sich der Vergleich modularer Prothesen mit osteosynthetischen Verfahren an. Hierbei sollte ein Fokus daraufgelegt werden, welche Patientenpopulation jeweilig individuell mehr von osteosynthetischen bzw. endoprothetischen Verfahren profitiert.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Abbas K, Qadir I, ur Rashid H, Umer M, Zaheer J (2011) Predictors of length of hospital stay after total hip replacement. *J Orthop Surg Hong Kong* 19:284–7
2. Abdel MP, Berry DJ, Houdek MT, Lewallen DG, Watts CD (2016) Epidemiology of periprosthetic fracture of the femur in 32 644 primary total hip arthroplasties: a 40-year experience. *Bone Jt J.* 98:461–7
3. American Society of Anesthesiologists (2020) Statement on ASA Physical Status Classification System [Online im Internet] Verfügbar unter: <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-asa-physical-status-classification-system> [zitiert 15. September 2024]
4. Apivatthakakul T, Oh JK (2022) Total hip arthroplasty for Displaced subcapital femoral neck fractures [Online im Internet] Verfügbar unter: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/proximal-femur/femoral-neck-fracture-subcapital-displaced/total-hip-arthroplasty> [zitiert 4. Juni 2023]
5. Arshi A, Iglesias BC, Lai WC, McPherson EJ, Stavrakis AL, Zeegen EN (2021) Blood transfusion rates and predictors following geriatric hip fracture surgery. *Hip Int J Clin Exp Res Hip Pathol Ther.* 31:272–9
6. Ärzteblatt DÄG Redaktion Deutsches (2005) Zertifizierte medizinische Fortbildung: Der Oberschenkelhalsbruch. *Deutsches Ärzteblatt* [Online im Internet] Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/49467/Zertifizierte-medizinische-Fortbildung-Der-Oberschenkelhalsbruch> [zitiert 20. März 2023]
7. Back DA, Rauhut F (2012) MODULARE HÜFT-ENDOPROTHETIK - FLUCH ODER SEGEN? *Wehrmedizinische Monatsschrift* 2-3 [Online im Internet] Verfügbar unter: <https://wehrmed.de/humanmedizin/modulare-hueft-endoprothetik-fluch-oder-segen.html> [zitiert 19. April 2023]
8. Baierlein S (2011) 1.3 AO-Einteilung. Thieme Verlag: Auflage. *Frakturklassifikationen* [Online im Internet] Verfügbar unter: <https://www.thieme-connect.de/products/ebooks/lookinside/10.1055/b-0034-42389> [zitiert 3. Oktober 2024]
9. Baker RP, Bannister GC, Gargan MF, Squires B (2006) Total hip arthroplasty and hemiarthroplasty in mobile, independent patients with a displaced intracapsular fracture of the femoral neck. A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 88:2583–9
10. Barışhan FC, Akesen B, Atıcı T, Bilgen MS, Durak K (2018) Comparison of hemiarthroplasty and total hip arthroplasty in elderly patients with displaced femoral neck fractures. *J Int Med Res.* 46:2717–30
11. van den Bekerom MPJ, Bonke H, Hilverdink EF, Reuling EMBP, Schnater JM, Sierevelt

- IN (2010) A comparison of hemiarthroplasty with total hip replacement for displaced intracapsular fracture of the femoral neck: a randomised controlled multicentre trial in patients aged 70 years and over. *J Bone Joint Surg Br.* 92:1422–8
12. Beringer TR, Brown JG, Crawford VL (1996) Audit of surgical delay in relationship to outcome after proximal femoral fracture. *Ulster Med J.* 65:32–8
  13. Berry DJ (2003) Periprosthetic fractures associated with osteolysis: a problem on the rise. *J Arthroplasty* 18:107–11
  14. Bleß HH, Kip M (2017) *Weißbuch Gelenkersatz: Versorgungssituation bei endoprothetischen Hüft- und Knieoperationen in Deutschland.* Springer: Berlin, Heidelberg, S.43-93 [Online im Internet] Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-53260-7> [zitiert 27. August 2023]
  15. Bliemel C, Buecking B, Eschbach DA, Liener U, Oberkircher L, Ruchholtz S (2013) Treatment standards for proximal femoral fractures in the elderly. *Osteologie/Osteology* 23:22–8
  16. Blomfeldt R, Eriksson K, Ponzer S, Söderqvist A, Tidermark J, Törnkvist H (2007) A randomised controlled trial comparing bipolar hemiarthroplasty with total hip replacement for displaced intracapsular fractures of the femoral neck in elderly patients. *J Bone Joint Surg Br.* 89:160–5
  17. Böhmer A, Defosse J, Geldner G, Rossaint R, Zacharowski K, Zwißler B (2021) Die aktualisierte Version der ASA-Klassifikation. *Anästh Intensivmed* 62:223–8
  18. Bonnaire F, Bula P, Lein T (2011) Pertrochantäre Femurfrakturen. *Unfallchirurg* 114:491–500
  19. Bonnaire F, Bula P (2017) Hüftgelenknahe Frakturen/Luxationen. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date:* 247–69
  20. Bonnaire F, Weber A (2020) Leitlinien Unfallchirurgie: 012-001 Schenkelhalsfraktur des Erwachsenen: 359 ff.
  21. Boy O, Hahn S, Kociemba E (2013) Hüftgelenknahe Femurfraktur. *yumpu.com:*138–45 [Online im Internet] Verfügbar unter: <https://www.yumpu.com/de/document/read/7632713/huftgelenknahe-femurfraktur> [zitiert 27. August 2023]
  22. Brown SA, Flemming CA, Kawalec JS, Merritt K, Placko HE, Vassaux C (1995) Fretting corrosion accelerates crevice corrosion of modular hip tapers. *J Appl Biomater Off J Soc Biomater* 6:19–26
  23. Caeiro JR, Gomar F, Riba J (2011) Incidence and risk factors of dislocation after total hip replacement with a ceramic acetabular system. *Rev Esp Cir Ortopédica Traumatol Engl Ed.* 55:437–45

24. Cooper C, Campion G, Melton LJ (1992) Hip fractures in the elderly: a world-wide projection. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 2:285–9
25. Dawson D, Callachand F, Cusick L, Milligan D (2018) Hip Hemi-Arthroplasty vs Total Hip Replacement for Displaced Intra-Capsular Hip Fractures: Retrospective Age and Sex Matched Cohort Study. *Ulster Med J.* 87:17–21
26. De Martino I, Assini JB, Elpers ME, Westrich GH, Wright TM (2015) Corrosion and Fretting of a Modular Hip System: A Retrieval Analysis of 60 Rejuvenate Stems. *J Arthroplasty* 30:1470–5
27. Dhanwal DK, Cooper C, Dennison EM, Harvey NC (2011) Epidemiology of hip fracture: Worldwide geographic variation - PubMed 45:5–22
28. Dos Santos CT, Abud IC, Barbosa C, Caminha IMV, Monteiro MJ, Roesler CRM (2016) Characterization of the fretting corrosion behavior, surface and debris from head-taper interface of two different modular hip prostheses. *J Mech Behav Biomed Mater* 62:71–82
29. Duwelius PJ, Branam G, Burkhart B, Carnahan C, Ko LM, Wu Y (2014) Modular versus Nonmodular Neck Femoral Implants in Primary Total Hip Arthroplasty: Which is Better? *Clin Orthop Relat Res.* 472:1240–5
30. Ekman E, Nurmi H, Paloneva J, Reito A (2019) Complications following 250 cemented modular hip hemiarthroplasties. *Scand J Surg.* 108:321–8
31. Fan L, Dang X, Wang K (2012) Comparison between Bipolar Hemiarthroplasty and Total Hip Arthroplasty for Unstable Intertrochanteric Fractures in Elderly Osteoporotic Patients. *PLOS ONE* 7:e39531
32. Ferguson RJ, Bulow E, Combescure C, Hannouche D, Odin D, Silman AJ (2019) ASA class is associated with early revision and reoperation after total hip arthroplasty: an analysis of the Geneva and Swedish Hip Arthroplasty Registries. *Acta Orthop.* 90:324–30
33. Figved W, Frihagen F, Jervidalo T, Madsen JE, Nordsletten L, Opland V (2009) Cemented versus Uncemented Hemiarthroplasty for Displaced Femoral Neck Fractures. *Clin Orthop.* 467:2426–35
34. Fischer H, Ahmad S, Braun KF, Eder C, Maleitzke T, Stöckle U (2021) Management of proximal femur fractures in the elderly: current concepts and treatment options. *Eur J Med Res.* 26:86
35. Fuchs L, Baumfeld Y, Chronaki CE, Novack V, Park S, Scott D (2012) ICU admission characteristics and mortality rates among elderly and very elderly patients. *Intensive Care Med.* 38:1654–61
36. Geissmann D, Babst R (2002) Die Schenkelhalsfraktur (SHF) beim Erwachsenen. *OP-J.* 18:106–12
37. Germer CT, Klein I, Meir M, Meyer T, Wiegering A, Schönleben F (2015) mySurgery |

Oberschenkel [Online im Internet] Verfügbar unter: <https://www.mysurgery.de/unfallchirurgie/spezielle-traumatologie/oberschenkel/> [zitiert 3. Juni 2023]

38. Gjertsen JE, Engesaeter LB, Furnes O, Havelin LI, Lie SA, Vinje T (2010) Internal screw fixation compared with bipolar hemiarthroplasty for treatment of displaced femoral neck fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg Am.* 92:619–28
39. Gjertsen JE, Engesaeter LB, Fevang JM, Matre K, Vinje T (2011) Clinical outcome after undisplaced femoral neck fractures. *Acta Orthop.* 82:268–74
40. Glaser DL, Kaplan FS (1997) Osteoporosis: Definition and Clinical Presentation. *Spine* 22:12-16
41. Gravius S, Randau T, Wirtz DC (2011) Was tun, wenn die Hüftendoprothese versagt? *Orthop.* 40:1084–94
42. Grimberg A, Lützner J, Melsheimer O, Morlock M, Steinbrück A (2023) EPRD Jahresbericht 2023. DE: EPRD Endoprothesenregister Deutschland: 1-96. [Online im Internet] Verfügbar unter: <https://doi.org/10.36186/reportepd082023> [zitiert 11. August 2024]
43. Grote S, Biberthaler P, Bogner V, Mutschler W, Stegmeyer F (2012) Behandlungsergebnisse nach zementierter Hemiprothese zur Versorgung instabiler pertrochantärer Femurfrakturen alter Patienten. *Unfallchirurg* 115:234–42
44. Grupp TM, Bloemer W, Knaebel HP, Weik T (2010) Modular titanium alloy neck adapter failures in hip replacement - failure mode analysis and influence of implant material. *BMC Musculoskelet Disord.* 11:3
45. Gullberg B, Johnell O, Kanis JA (1997) World-wide projections for hip fracture. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 7:407–13
46. Hack J, Bücking B, Eschbach D, Ruchholtz S (2017) Hüftendoprothetik nach Trauma. *Trauma Berufskrankh.* 19:192–7
47. Hackett NJ, De Oliveira GS, Jain UK, Kim JYS (2015) ASA class is a reliable independent predictor of medical complications and mortality following surgery. *Int J Surg Lond Engl.* 18:184–90
48. HEALTH Investigators, Bhandari M, Einhorn TA, Guyatt G, Schemitsch EH, Zura RD (2019) Total Hip Arthroplasty or Hemiarthroplasty for Hip Fracture. *N Engl J Med.* 381:2199–208
49. Hodges NA, Stegemann JP, Sussman EM (2021) Aseptic and septic prosthetic joint loosening: Impact of biomaterial wear on immune cell function, inflammation, and infection. *Biomaterials* 278:121127
50. Hopley C, Ekkernkamp A, Stengel D, Wich M (2010) Primary total hip arthroplasty versus hemiarthroplasty for displaced intracapsular hip fractures in older patients: systematic review. *BMJ*; 340:c2332

51. Hui AC, Anderson GH, Boyle J, Choudhry R, Gregg PJ (1994) Internal fixation or hemiarthroplasty for undisplaced fractures of the femoral neck in octogenarians. *J Bone Joint Surg Br.* 76:891–4
52. Jacobs JJ, Gilbert JL, Urban RM (1998) Current Concepts Review - Corrosion of Metal Orthopaedic Implants 80:268-82
53. Jensen JS (1980) Classification of Trochanteric Fractures. *Acta Orthop Scand.* 51:803–10
54. Joglekar SB, Lindvall EM, Martirosian A (2015) Contemporary Management of Subtrochanteric Fractures. *Orthop Clin North Am.* 46:21–35
55. Kalbitz M, von Baum H (2009) Frühe postoperative Wundinfektionen. *Orthopädie und Unfallchirurgie* 44:49-62
56. Kang MN, Goodman SB, Huddleston JI, Hwang K, Imrie S (2008) Early outcome of a modular femoral component in revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 23:220–5
57. Kannan A, Hawdon G, Kancherla R, Malhotra R, McMahon S, Soral A (2012) Arthroplasty options in femoral-neck fracture: answers from the national registries. *Int Orthop.* 36:1–8
58. Karachalios T, Komnos G, Koutalos A (2018) Total hip arthroplasty. *EFORT Open Rev.* 3:232–9
59. Kazley JM, Abousayed MM, Banerjee S, Rosenbaum AJ (2018) Classifications in Brief: Garden Classification of Femoral Neck Fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 476:441
60. Keating JF, Forbes JF, Grant A, Masson M, Scott NW (2005) Displaced intracapsular hip fractures in fit, older people: a randomised comparison of reduction and fixation, bipolar hemiarthroplasty and total hip arthroplasty. *Health Technol Assess* 9:1-74
61. Klopfer T, Bahrs C, Hemmann P, Stöckle U, Ziegler P (2017) Proximale Femurfraktur und Insuffizienzfrakturen im Alter. *Trauma Berufskrankh.* 19:27–36
62. Kostewicz M, Malyk P, Szczęśny G, Tomaszewski W (2022) Narrative Review of the Mechanism of Hip Prosthesis Dislocation and Methods to Reduce the Risk of Dislocation. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res.* 28:e935665-1-e935665-9
63. Lee YK, Alkitaini AA, Ha YC, Kim JT, Kim KC, Koo KH (2017) Conversion Hip Arthroplasty in Failed Fixation of Intertrochanteric Fracture: A Propensity Score Matching Study. *J Arthroplasty* 32:1593–8
64. Li X, Luo J (2021) Hemiarthroplasty compared to total hip arthroplasty for the treatment of femoral neck fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg.* 16:172
65. Lindahl H (2007) Epidemiology of periprosthetic femur fracture around a total hip arthroplasty. *Injury* 38:651–4
66. Longo UG, Banfi G, Denaro V, de Girolamo L, Salvatore G, Viganò M (2022) Epidemiology and Management of Proximal Femoral Fractures in Italy between 2001 and 2016 in Older

- Adults: Analysis of the National Discharge Registry. *Int J Environ Res Public Health* 19:16985.
67. Lutnick E, Freccero DM, Kang J (2020) Surgical Treatment of Femoral Neck Fractures: A Brief Review. *Geriatrics* 5:22
  68. Mariconda M, Cerbasi S, Costa GG, Gambacorta M, Orabona G, Recano P (2016) Factors Predicting Mobility and the Change in Activities of Daily Living After Hip Fracture: A 1-Year Prospective Cohort Study. *J Orthop Trauma* 30:71–7
  69. Marsland D, Mears SC (2012) A Review of Periprosthetic Femoral Fractures Associated With Total Hip Arthroplasty. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 3:107–20
  70. Meek RMD, Brenkel IJ, Howie CR, Norwood T, Smith R (2011) The risk of peri-prosthetic fracture after primary and revision total hip and knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 93:96–101
  71. Mumme T, Andereya S, Müller-Rath R, Wirtz DC (2007) Zementfreier Femurschaftwechsel mit der Modularen Revisions ProtheseMRP-TITAN-Revisionschaft (19):56-77
  72. Nandi S (2021) Revisiting Pauwels' classification of femoral neck fractures. *World J Orthop.* 12:811–5
  73. Ninh CC, Hatahet M, Les C, Morandi M, Sethi A, Vaidya R (2009) Hip dislocation after modular unipolar hemiarthroplasty. *J Arthroplasty* 24:768–74
  74. Ogawa T, Miyatake K, Morishita S, Moriwaki M, Oh Y, Yoshii T (2020) Association between Hemiarthroplasty vs. Total Hip Arthroplasty and Major Surgical Complications among Patients with Femoral Neck Fracture. *J Clin Med.* 9:3203
  75. Otto M, Bertz S, Gehrke T, Kriegsmann J (2006) Abriebpartikel: Schlüssel der aseptischen Prothesenlockerung? *Pathol.* 27:447–60
  76. Parker MJ, Dynan Y (1998) Is Pauwels classification still valid? *Injury* 29:521–3
  77. Parker MJ, Azegami S, Gurusamy KS (2010) Arthroplasties (with and without bone cement) for proximal femoral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 6:CD001706
  78. Parvizi J, Bauer TW, Berbari EF, Della Valle CJ, Springer BD, Zmistowski B (2011) New Definition for Periprosthetic Joint Infection: From the Workgroup of the Musculoskeletal Infection Society. *Clin Orthop.* 469:2992–4
  79. Peters RM, Bulstra SK, Rijk PC, Stevens M, Stewart RE, van Steenberghe LN (2020) Patient Characteristics Influence Revision Rate of Total Hip Arthroplasty: American Society of Anesthesiologists Score and Body Mass Index Were the Strongest Predictors for Short-Term Revision After Primary Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty* 35:188-192.e2
  80. Prokopetz JJ, Baron JA, Bliss RL, Katz JN, Losina E, Wright J (2012) Risk factors for revision of primary total hip arthroplasty: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 13:251
  81. Pulido L, Macgibeny M, Parvizi J, Purtill J, Rothman RH, Sharkey PF (2008) In Hospital Complications After Total Joint Arthroplasty. *J Arthroplasty* 23:139–45



82. Raschke M, Everding J (2019) SOP Proximale Femurfraktur. Orthop Unfallchirurgie Up2date 14:120–6
83. Restrepo C, Austin MS, Hozack WJ, Mashadi M, Parvizi J (2011) Modular femoral stems for revision total hip arthroplasty. Clin Orthop. 469:476–82
84. Rieger B, Bolliger L, Clauss M, Ilchmann T, Stoffel KK, Zwicky L (2018) Mid-term results of revision total hip arthroplasty with an uncemented modular femoral component. Hip Int. 28:84–9
85. Riesgo AM, Adler EM, Hochfelder JP, Iorio R, Slover JD, Specht LM (2015) Survivorship and Complications of Revision Total Hip Arthroplasty with a Mid-Modular Femoral Stem. J Arthroplasty 30:2260–3
86. Rizkalla JM, Jones AL, Nimmons SJB (2019) Classifications in Brief: The Russell-Taylor Classification of Subtrochanteric Hip Fracture. Clin Orthop Relat Res. 477:257–61
87. Roche JJW, Moran CG, Sahota O, Wenn RT (2005) Effect of comorbidities and post-operative complications on mortality after hip fracture in elderly people: prospective observational cohort study. BMJ 331:1374
88. Russel TA, Andrew H MD, Schmidt MD, Stannard JP (eds) (2012) 26: Pertrochantäre Femurfrakturen. In: Stannard J, Gebhard F, Grützner PA, Ruchholtz S, Schmidt A, Stöckle U (eds) Spezielle Unfallchirurgie. Thieme Verlag: Stuttgart New York, 2. Auflage:744–80
89. Sanders KM, Martin TJ, Pasco JA, Seeman E, Skoric B, Ugoni AM (1999) Age- and gender-specific rate of fractures in Australia: a population-based study. Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA 10:240–7
90. Saul D, Ammon JC, Hoffmann DB, Riekenberg J, Sehmisch S (2019) Hip Fractures: Therapy, Timing, and Complication Spectrum. Orthop Surg. 11:994–1002
91. Seekamp, A, Machens, C, Pohlemann T (2002) Die Schenkelhalsfraktur beim Erwachsene Kopfersetzende Therapie. OP-JOURNAL 17:114–20
92. Shen M, Chen H, Rui Y feng, Wang C, Zhao S (2016) An update on the Pauwels classification. J Orthop Surg. 11:161
93. Shuqiang M, Kunzheng W, Mingyu Z, Wei W, Zhichao T (2006) Outcome of non-operative management in Garden I femoral neck fractures. Injury 37:974–8
94. Silman AJ, Combescure C, Frampton C, Ferguson RJ, Graves SE, Paxton EW (2021) International variation in distribution of ASA class in patients undergoing total hip arthroplasty and its influence on mortality: data from an international consortium of arthroplasty registries. Acta Orthop. 92:304–10
95. Smektala R, Bonnaire F, Hahn S, Raestrup U, Schröder P, Schulze, Siebert H (2010) Mediale Schenkelhalsfraktur: Einfluss des Versorgungszeitpunkts auf die Ergebnisqualität. Unfallchirurg 113:287–92
96. Smith MA, Allen D, Baines J, Deakin AH (2016) Midterm Outcomes of Revision Total

Hip Arthroplasty Using a Modular Revision Hip System. *J Arthroplasty* 31:446–50

97. Socci AR, Baumgaertner MR, Casemyr NE, Leslie MP (2017) Implant options for the treatment of intertrochanteric fractures of the hip: rationale, evidence, and recommendations. *Bone Jt J.* 99:128–33
98. Sonawane DV (2015) Classifications of Intertrochanteric fractures and their Clinical Importance. *Trauma International* 1:7-11 [Online im Internet] Verfügbar unter: <http://traumainternational.co.in/classifications-intertrochanteric-fractures-clinical-importance/> [zitiert 27. März 2023]
99. Steppacher SD, Ecker TM, Murphy MD, Timmerman I (2008) Managing Length and Stability: The Role of the Modular Neck. *Hip Arthroplasty: Avoiding Pitfalls, Managing Problems* 31:1–3
100. Stimac JD, Boettner F, Boles J, Gonzalez Della Valle A, Parkes N, Westrich GH (2014) Revision total hip arthroplasty with modular femoral stems. *J Arthroplasty* 29:2167–70
101. Stryker (2007) LFIT Anatomic CoCr Femoral Heads with X3 Liners [Online im Internet] Verfügbar unter: <http://www.rpa.spot.pt/getdoc/e64df491-fc27-4cea-97f4-6c4ba8ee307e/LFIT-Anatomic-Resto-Modular-%28Stryker%29.aspx> [zitiert 3. Juni 2023]
102. Stryker (2008) Restoration® Modular Femur-Revisionssystem Operationstechnik. Stryker: Kalamazoo, Michigan: 1-16
103. Stryker (2021) Restoration ® Modular Revision Hip System: 1-36 [Online im Internet] Verfügbar unter: [https://www.stryker.com/content/dam/stryker/joint-replacement/products/restorationmodular/resources/RMOD-SP-15\\_31256.pdf](https://www.stryker.com/content/dam/stryker/joint-replacement/products/restorationmodular/resources/RMOD-SP-15_31256.pdf) [zitiert 18. Oktober 2024]
104. Tang X, Chen J, Li P, Liu Y, Wang D, Zhou Z (2020) The comparison between total hip arthroplasty and hemiarthroplasty in patients with femoral neck fractures: a systematic review and meta-analysis based on 25 randomized controlled trials. *J Orthop Surg.* 15:596
105. Tung T, Bohm ER, Gascoyne TC, Stipelman CH, Tran S, Trepman E (2022) Modes of failure of hip hemiarthroplasty for femoral neck fracture. *Can J Surg.* 65:E519–26
106. Valtanen RS, Amanatullah DF, Goodman SB, Huddleston JI, Hwang KL, Maloney WJ (2023) Revision Hip Arthroplasty Using a Modular, Cementless Femoral Stem: Long-Term Follow-Up. *J Arthroplasty* 38:903–8
107. Verheyen CCPM, Smulders TC, van Walsum ADP (2005) High secondary displacement rate in the conservative treatment of impacted femoral neck fractures in 105 patients. *Arch Orthop Trauma Surg.* 125:166–8
108. Vochteloo AJ, Bloem RM, de Vries MR, Maier AB, Moerman S, Tuinebreijer WE (2013) More than half of hip fracture patients do not regain mobility in the first postoperative year. *Geriatr Gerontol Int.* 13:334–41
109. Weißer M, Bleß HH, Klein S, Krupka S, Schönfelder T, Zerwes U (eds) (2017) Versorgungssituation. In: Bleß HH, Kip M (eds) *Weißbuch Gelenkersatz: Versorgungssituation bei*

endoprothetischen Hüft- und Knieoperationen in Deutschland. Springer: Berlin, Heidelberg:43–93. [Online im Internet] Verfügbar unter: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-53260-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-662-53260-7_3) [zitiert 8. August 2023]

110. Wu VJ, Billings CR, Ross BJ, Sanchez FL, Sherman WF (2020) Complications Following Total Hip Arthroplasty: A Nationwide Database Study Comparing Elective vs Hip Fracture Cases. *J Arthroplasty* 35:2144-2148.e3

111. Yli-Kyyny T, Heinänen M, Kröger H, Sund R, Venesmaa P (2014) Cemented or uncemented hemiarthroplasty for the treatment of femoral neck fractures? *Acta Orthop.* 85:49–53

112. Yoo J, Choi H, Kim BS, Kim S, Lee JS, Song DY (2019) Length of hospital stay after hip fracture surgery and 1-year mortality. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 30:145–53

113. Zhu Y, Chen W, Liu S, Sun T, Zhang X, Zhang Y (2015) Risk factors for the periprosthetic fracture after total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Surg SJS Off Organ Finn Surg Soc Scand Surg Soc.* 104:139–45

## 7 Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben. Folgende Personen möchte ich hierbei hervorheben:

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater **Prof. Dr. med. K. Anagnostakos** für die Bereitstellung des interessanten Themas und das entgegengebrachte Vertrauen das Dissertationsvorhaben zu realisieren. Zudem möchte ich mich für ihr Engagement, ihre Zuverlässigkeit und die zahlreichen konstruktiven Gespräche bedanken.

Ein weiterer Dank gilt meinem Betreuer **Dr. med. I. Sahan**, der mich zu jeder Phase der Arbeit stets unterstützt hat, große Geduld bewies und immer ein offenes Ohr für sämtliche Probleme hatte.

Abschließend möchte ich herzlich meinen **Eltern** danken, für ihre Unterstützung und ihre nicht abreißende Geduld, während meines Studiums und meines Promotionsvorhabens, mich immer weiter zu unterstützen.

## 8 Publikation

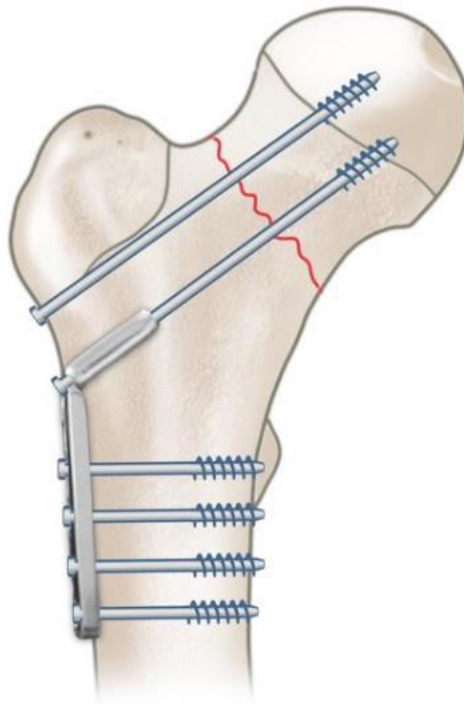
**Krämer K-J**, Anagnostakos K, Sahan I, Meyer C (2024). Erste klinische Erfahrungen nach Implantation modularer Schaftprothesen zur Versorgung proximaler Femurfrakturen. Kongressbeitrag / Nachwuchspreis auf der 32. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Saarländischen Chirurgenvereinigung e.V.

## 9 Anhang

### 9.1 Abbildungen zu hüftkopfhaltenden OP-Verfahren

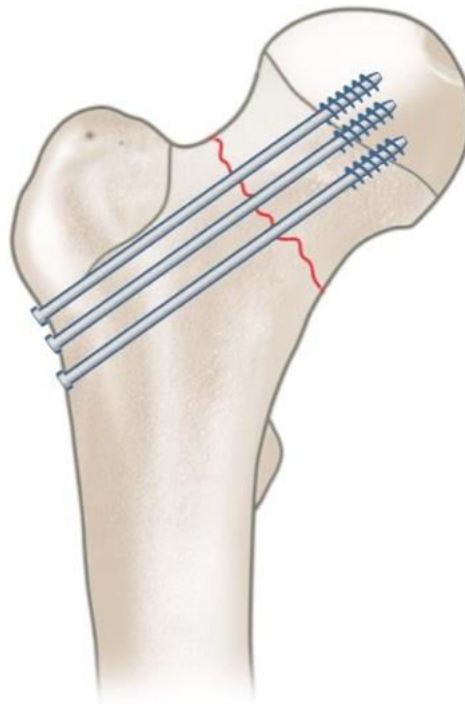
#### 9.1.1 Extramedulläre Verfahren

##### 9.1.1.1 Dynamische Hüftschraube



**Abbildung 16:** Versorgung einer lateralen Schenkelhalsfraktur mittels dynamischer Hüftschraube (DHS), entnommen aus (37)

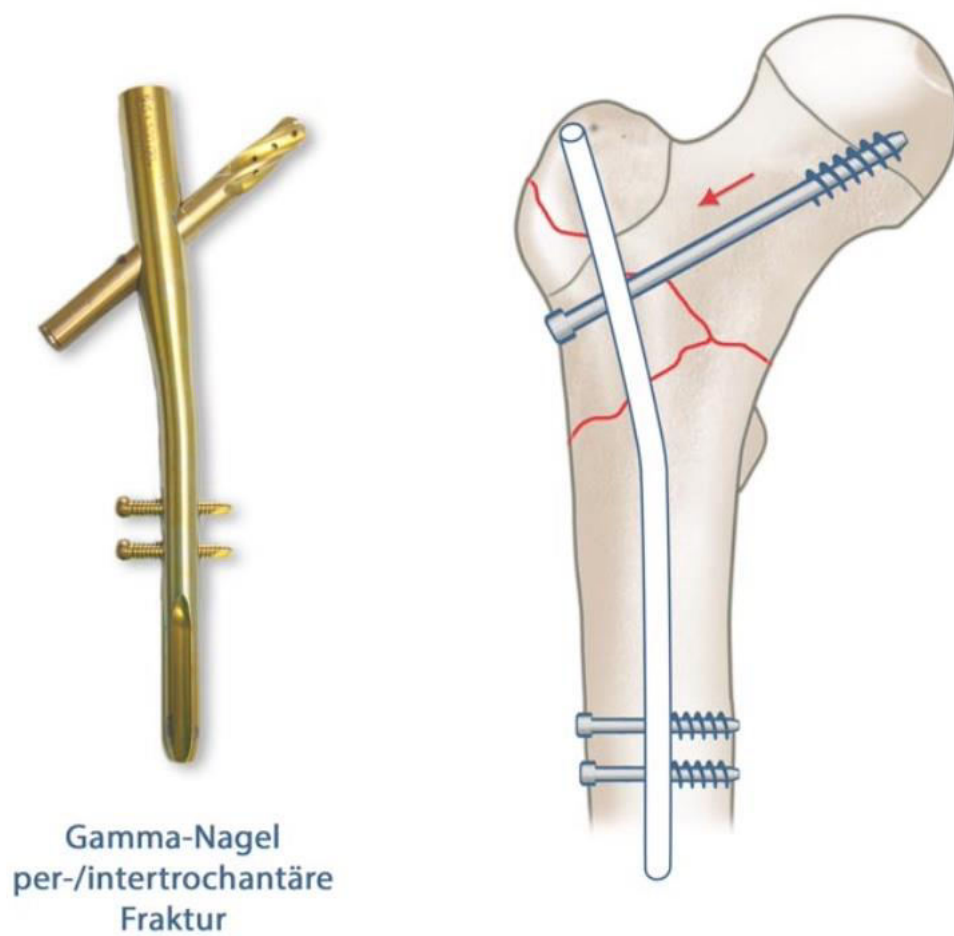
### 9.1.1.2 Kanülierte Schraubenosteosynthese



## Erwachsener Spongiaschrauben

**Abbildung 17:** kanülierte Schraubenosteosynthese bei proximaler Femurfraktur, entnommen aus (37)

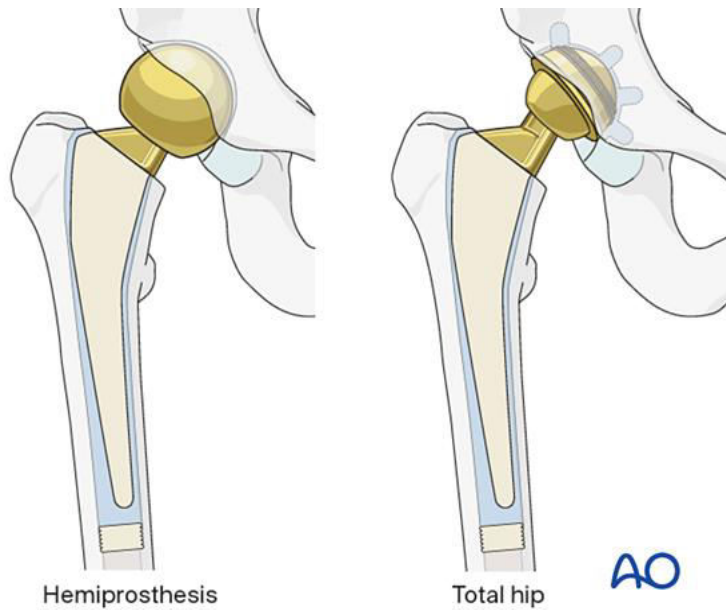
### 9.1.2 Intramedulläre Verfahren: Gammanagel



**Abbildung 18:** intramedulläre hüftkopfhaltende Operationen mittels: Gammanagel, entnommen aus (37)



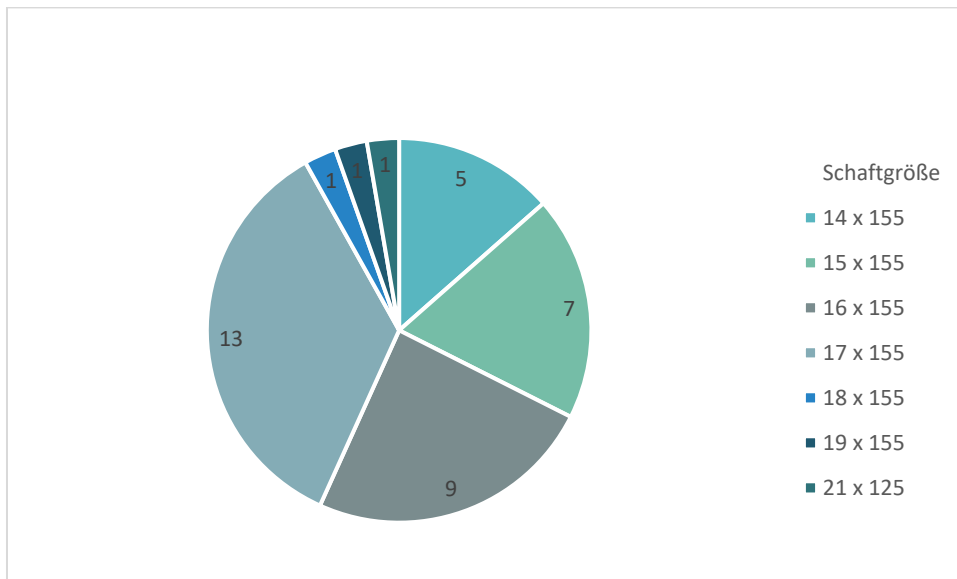
## 9.2 Abbildung zu hüftkopfresezierenden OP-Verfahren



**Abbildung 19:** Darstellung der hüftkopfresezierenden Verfahren: Hemiarthroplastik (links) mit Ersatz des Hüftkopfes bei Erhalt der natürlichen Pfanne, Totalarthroplastik (rechts) mit Ersatz beider artikulierender Gelenkpartner (Hüftkopf sowie Acetabulum/Hüftpfanne), entnommen aus (4)

## 9.3 Verwendete Implantatgrößen

### 9.3.1 Verwendete Schaftgrößen



**Abbildung 20:** Kreisdiagramm zur Darstellung der verwendeten Schaftgrößen der Implantate, Angabe der jeweiligen Schaftgröße in mm, erste Zahl entspricht dem Durchmesser des Implantats in mm, die zweite Zahl der Codierung der Länge in mm

### 9.3.2 Verwendete Halskomponenten

		1	2	Total
Halsteilgröße	19/-0	1	0	1
	19/+10	1	1	2
	19/+20	1	0	1
	19/+30	1	1	2
	21/ + 30	1	0	1
	21/+10	3	1	4
	21/+20	2	1	3
	21/+30	2	0	2
	21/0	4	1	5
	23/+10	3	1	4
	23/+20	2	0	2
	23/+30	0	1	1
	23/0	1	0	1
	25/+0	1	0	1
	25/+10	1	0	1
	25/0	2	1	3
	27/+10	1	1	2
	27/0	1	0	1
	<b>Total</b>		<b>28</b>	<b>9</b>

**Tabelle 4:** Darstellung der Häufigkeit der Verwendung der jeweiligen Größe einer Halskomponente (Cone Body) in Abhängigkeit zur Versorgung mittels Duokopfprothese (1), Totalendoprothese (2)

### 9.3.3 Verwendete Implantatgrößen bzgl. der Köpfe bei den Duokopfprothesen

Implantatgröße	Anzahl
44 mm mit Duo 28/-8mm	
44 mm mit Duo 28/-4mm	2
44 mm mit Duo 28/ 0mm	1
44 mm mit Duo 28/+4mm	1
44 mm mit Duo 28/+8mm	
46 mm mit Duo 28/-8mm	
46 mm mit Duo 28/-4mm	1
46 mm mit Duo 28/ 0mm	3
46 mm mit Duo 28/+4mm	
46 mm mit Duo 28/+8mm	2
48 mm mit Duo 28/-8mm	
48 mm mit Duo 28/-4mm	2
48 mm mit Duo 28/ 0mm	2
48 mm mit Duo 28/+4mm	1
50 mm mit Duo 28/+8mm	
50 mm mit Duo 28/-4mm	2
50 mm mit Duo 28/ 0mm	2
50 mm mit Duo 28/+4mm	1
50 mm mit Duo 28/+8mm	
52 mm mit Duo 28/-8mm	
52 mm mit Duo 28/-4mm	3
52 mm mit Duo 28/ 0mm	1
52 mm mit Duo 28/+4mm	
52 mm mit Duo 28/+8mm	1
54 mm mit Duo 28/-8mm	
54 mm mit Duo 28/-4mm	1
54 mm mit Duo 28/ 0mm	
54 mm mit Duo 28/+4mm	
54 mm mit Duo 28/+8mm	
56 mm mit Duo 28/-8mm	
56 mm mit Duo 28/-4mm	1
56 mm mit Duo 28/ 0mm	1
56 mm mit Duo 28/+4mm	
56 mm mit Duo 28/+8mm	

**Tabelle 5:** Überblick über die Häufigkeit der verwendeten Implantate der Köpfe (bei Duokopfversorgung) (n=28)

### 9.3.4 Kopfgrößen der Totalendoprothesen und deren Häufigkeit

Größe des Kopfes	Anzahl der jeweiligen Kopfgröße
28 mm/ 0mm	1
32 mm/+4mm	1
36 mm/ -5mm	1
36 mm/ 0mm	3
36 mm/ +2,5mm	1
36 mm/+5mm	1
36 mm/+7,5mm	1

**Tabelle 6:** Größe der verwendeten Köpfe der Totalendoprothesen und deren jeweilige Häufigkeit, Gesamtzahl der TEP n=9

### 9.3.5 Pfannengrößen der Totalendoprothesen und deren Häufigkeit

Größe der Pfanne	Anzahl der jeweiligen Pfannengröße
44 mm	1
46 mm	1
52 mm	1
54 mm	3
56 mm	1
58 mm	2

**Tabelle 7:** Größe der verwendeten Pfannen der Totalendoprothesen und deren jeweilige Häufigkeit, Gesamtzahl der TEP n=9

## **10 Lebenslauf**

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.

# Kolloquiumsvermerk

Tag der Promotion:

07.03.2025

Dekan:

Univ.-Prof. Dr. med. dent Matthias Hannig

Berichterstatter:

Prof. Dr. med. Konstantinos Anagnostakos

Prof. Dr. med. Emmanouil Liodakis