Analyse von Einflussfaktoren auf Mortalität und Lebensqualität nach periprothetischer Femurfraktur

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Scheibler, Nadja Denise
aus Stuttgart

Gießen 2024

Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Thaqif El Khassawna

Gutachter: Prof. Dr. Markus Rickert

Tag der Disputation: 25. November 2024

Inhalt

1 Einleitung 1
1.1 Der endoprothetische Gelenkersatz 1
1.1.1 Exkurs: Endoprothetik 2
1.1.2 Komplikationen einer Totalendoprothese 4
1.2 Die periprothetische Femurfraktur 5
1.2.1 Inzidenz 5
1.2.2 Risikofaktoren 5
1.2.3 Klassifikationen 11
1.2.4 Therapie 15
1.2.5 Prognose 21
1.3 Fragestellung und Zielsetzung 22
2 Studienkohorte und Methoden 23
2.1 Retrospektive Datenerhebung 23
2.1.1 Score der American Society of Anesthesiologists 24
2.1.2 Charlson Comorbidity Index 26
2.2 Nachverfolgung 27
2.2.1 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index 27
2.2.2 Harris Hip Score 28
2.3 Statistische Auswertung 29
3 Ergebnisse 30
3.1 Patientencharakteristika 30
3.1.1 Initiale Versorgung 32
3.1.2 Nachverfolgung 33
3.2 Mortalität und Outcome 35
3.2.1 Alter bei Fraktur 35
3.2.2 Vorerkrankungen 36
3.2.3 Wartezeit auf operative Versorgung 40
3.2.4 Gesamte Hospitalisationszeit 43
3.2.5 Revisionsart 44
3.2.6 Schmerztherapie mit Opioidanalgetika 45
4 Diskussion 46
4.1 Patientencharakteristika 46
4.1.1 Alter bei Fraktur 47

4.1.2 Vorerkrankungen 49
4.1.3 Wartezeit auf operative Versorgung 51
4.1.4 Gesamte Hospitalisationszeit 53
4.1.5 Revisionsart 54
4.1.6 Schmerztherapie mit Opioidanalgetika 55
4.2 Limitationen 55
4.3 Schlussfolgerung 57
5 Zusammenfassung 59
6 Summary 60
7 Anhang 61
7.1 Abkürzungsverzeichnis 61
7.2 Literatur 62
7.3 Fragebögen 73
7.3.1 Harris Hip Score 73
7.3.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index 75
7.3.3 Charlson Comorbidity Index 77
7.4 Einverständniserklärung 78
7.5 Publikationsverzeichnis 85
7.6 Ehrenwörtliche Erklärung 86
7.7 Danksagung 87

Hinweis:

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich gleichermaßen auf weibliche, männliche und diverse Personen. Auf eine Doppelnennung und gegenderte Bezeichnungen wird zugunsten einer besseren Lesbarkeit verzichtet.

1 Einleitung

Eine periprothetische Femurfraktur (PFF) stellt eine schwerwiegende Komplikation nach Implantation einer Endoprothese dar. Für die Hüftprothese nahmen die Zahlen der Implantationen in Deutschland zwischen 2005 und 2021 um 20% zu [136,138]. Dieser Anstieg lässt auch die periprothetischen Frakturen dieser Körperregion steigen [157]. Für Schweden beschreibt das landeseigene Hüftarthroplastik-Register einen Anstieg der PFF von 10,3% auf 14% innerhalb der letzten 21 Jahre [67]. Somit muss sich die Unfallchirurgie immer häufiger mit dem komplexem Bild der PFF befassen. Die operative Versorgung gestaltet sich oft schwierig, sodass hohe Anforderungen an die fachlichen Kompetenzen der Operateure gestellt werden. Trotzdem ist sie mit einer hohen Komplikationsrate und einem schlechten klinischen Outcome verbunden [72]. Als weitere erschwerende Faktoren verfügen einige Patienten über eine eingeschränkte gesundheitliche Konstitution und ein höheres Alter [118]. All diese Faktoren verlangen eine hohe Expertise in der Versorgung und eine gute Zusammenarbeit mit mitwirkenden Fachdisziplinen.

Aus der Sicht der Betroffenen stellt das Ereignis einer PFF eine große Belastung dar, was mit hoher gesundheitlicher und emotionaler Belastung verbunden sein kann [14]. Dabei ist die Frage nach der Rückkehr in den gewohnten Alltag insbesondere für aktivere Patienten nicht immer mit der gewünschten Prognose zu beantworten [42,127].

1.1 Der endoprothetische Gelenkersatz

Der Gelenkersatz stellt oft die Ultima Ratio zur Therapie von unterschiedlichen Gelenkdestruktionen dar, wenn durch andere konservative und operative Verfahren der Erfolg ausbleibt. Heute findet er zumeist an Knie- und Hüftgelenken Anwendung, wenn der Leidensdruck der Patienten aufgrund von arthrotischen Veränderungen mit anderweitigen Interventionen nicht gelindert werden kann. Dabei standen im Jahr 2022 die Implantationen von Hüft- und Knieendoprothesen auf Platz 6 und 11 der am häufigsten durchgeführten Operationen in Deutschland [30].

Aber auch traumatische Femurkopf- oder Schenkelhalsfrakturen, ein maligner Tumor und eine idiopathische Hüftkopfnekrose können mittels Endoprothesenversorgung primär therapiert werden [51]. Weitere Indikationen für eine Hüftendoprothese sind vor allem Krankheitsbilder, die zu einer sekundären Koxarthrose führen, wie etwa die Hüftdysplasie, der Morbus Perthes, die Epiphyseolysis capitis femoris und die

rheumatoide Arthritis (RA) [55,141]. Dabei ist zu beachten, dass die Hüftdysplasie, der Morbus Perthes und die Epiphyseolysis capitis femoris formal zu den juvenilen Krankheitsbildern zählen. Wenn deren Therapie jedoch im jungen Alter ausbleibt, präsentieren sich die Patienten zumeist erst ab der 5. Lebensdekade mit der Klinik einer sekundären Koxarthrose [149]. Da bei den genannten Erkrankungen die Gelenkdestruktion mit steigendem Alter zunimmt und die Klinik voranschreitet, wird auch die Indikation für eine Endoprothese im steigenden Alter häufiger gestellt. Der Altershöhepunkt für die Implantation einer Hüftprothese lag in Deutschland 2021 zwischen 80 und 85 Jahren [135]. Im Schwedischen Hüftarthroplastik-Register wird ein durchschnittliches Alter bei Primärimplantation einer Hüfttotalendoprothese (Hüft-TEP) von 67,9 Jahren für Männer und 70,1 Jahren für Frauen beschrieben [67]. Aber auch jüngere Patienten unterziehen sich immer häufiger der Prothesenimplantation, was zum einen an hohen Erwartungen an das Ergebnis und zum anderen an immer fortgeschritteneren Materialien liegen könnte [54]. Die Ziele dieses operativen Eingriffes sind eine Schmerzreduktion und Minimierung von Bewegungseinschränkungen im Alltag sowie die bestmögliche Wiedererlangung der Gelenkfunktion [40].

1.1.1 Exkurs: Endoprothetik

Das Prinzip der Endoprothesenimplantation beruht auf der Resektion der erodierten Flächen von Gelenkkopf und/oder Gelenkpfanne, welche durch künstliche Materialien ersetzt werden, sodass eine Schmerzreduktion und Verbesserung des Bewegungsumfanges ermöglicht wird. Werden beide artikulierenden Gelenkflächen ersetzt, spricht man von einer Totalendoprothese (TEP). Diese wird von der Hemiendoprothese unterschieden, bei der nur eine artikulierende Fläche – zumeist der Femurkopf – ersetzt wird [48].

Eine Hüft-TEP setzt sich aus den Komponenten Femurschaft mit Konus und Gelenkkopf sowie Gelenkpfanne mit Inlay zusammen [24]. Im Bereich des Femurschaftes werden neben den Standardschäften immer mehr Kurzschäfte implantiert, da diese als knochensparend gelten und hierdurch bessere Voraussetzungen für eine allfällige Revision bieten [81]. Bis 2021 stieg der Anteil der Kurzschäfte an implantierten Schäften auf einen Höchstwert von 12,0% [37]. Hingegen wird die zeitweise praktizierte Implantation von Kappenprothesen heute nur noch selten angewandt, da diese nur schwer zu implantieren sind und eine Revision in der Regel früher nötig ist als bei anderen Verfahren [47]. Weiter gibt es die Option, die Komponenten zementiert zu verankern. Je

nach ossärer Qualität erhalten die Gelenkpfanne und der Femurschaft so ihre Fixierung im Knochen. Es kann auch nur eine Komponente – dann zumeist der Schaft – zementiert werden. Das hierfür genutzte Polymer Polymethylmethacrylat (PMMA) sorgt für eine feste Prothesenfixation auch bei eingeschränkter Knochenqualität. Hierdurch kann dieses Verfahren vor allem bei älteren Patienten, fortgeschrittener Osteoporose und Tumorerkrankungen angewandt werden [55]. Alternativ kann sowohl der Prothesenschaft als auch die Gelenkpfanne unzementiert implantiert werden. Diese erlangen ihre initiale Verankerung durch Druckvorspannung (Pressfit), welche durch die spezifische Geometrie bei deren Einschlagen in den Markraum oder das Acetabulum erzeugt wird. Die Rückstellkräfte des elastischen Knochens sorgen für eine ossäre Verklemmung [149]. Falls nötig können Pressfit-Pfannen durch eine Ergänzung mittels Zapfen, Spikes oder Hohlzylinder zusätzliche Stabilität erhalten [149]. Für den Bereich der Pfanne sind alternativ auch hemisphärische bis konische Schraubenpfannen verfügbar, welche beim Einschrauben durch ihr schneidendes Gewinde fixiert werden [47]. Die hauptsächliche Abstützzone der Schaftkomponente liegt bei der zementfreien Verankerung vor allem im proximalen Femur [149]. Eine zusätzliche sekundäre Verankerung wird durch modifizierte Implantatoberflächen erlangt, welche die Osseointegration fördern. Dies kann entweder durch eine sandbestrahlte, makroporöse Oberflächenstruktur oder durch mikroporöse, osteoinduktive Legierungen wie zum Beispiel Hydroxylapatit- oder Titanplasma-Spraying erreicht werden [115]. Oft werden Verfahren kombiniert. Dies sorgt postoperativ für eine gute Fixierung der Prothese innerhalb des Knochens und ist vor allem bei jüngerem Patientenklientel mit guter Knochenqualität indiziert [149].

Dem Femurschaft aufgesetzt sind Konus und Gelenkkopf. Beide können in modularen Konzepten in ihrer Größe nach präoperativ erfolgter Prothesenplanung gewählt werden. Primär erfolgt dies nach anatomischen Gegebenheiten, wobei für den Gelenkkopf gilt: je größer der Durchmesser, desto länger die Strecke zum Drehzentrum und damit eine geringere Luxationswahrscheinlichkeit. Dies ist jedoch durch die maximale Größe der Gelenkpfanne anatomisch limitiert [24]. Zwischen dem Gelenkkopf und dem Inlay der Gelenkpfanne findet die eigentliche Artikulation statt. Die in diesem Bereich in Kontakt tretenden Materialien sind über die Jahre starker Belastung ausgesetzt, sodass unterschiedliche Kombinationen in der Gleitpaarung abzuwägen sind. Zur Verfügung stehen heute vor allem Metall, Keramik und Polyethylen. Allgemein ist zu beachten, dass die Nutzung von härteren Materialien den Vorteil von geringem Abrieb und Verschleiß

bietet, woraus auch eine geringe Immunreaktion auf die erodierten Partikel resultiert. Jedoch kommt es durch ein geringeres Elastizitätsmodul häufig zu Ermüdungsbrüchen [47]. Betrachtet man die einzelnen Paarungen, lassen sich folgende Eigenschaften festhalten: Die Keramik-Keramik-Paarung zeigt im Vergleich zu anderen Paarungen einen sehr geringen Abrieb, sodass sie vor allem bei jüngeren Patienten empfohlen wird. Jedoch birgt die hohe Festigkeit gleichzeitig das Risiko der erwähnten Materialbrüche. Diese konnten mit verbesserter Produktionstechnik in den letzten Jahren zunehmend reduziert werden. Die Metall-Metall-Paarung wird nur noch in Ausnahmefällen genutzt, da sie durch hohen Abrieb neben Lokalreaktionen und Osteolysen zu einer systemischen Metallose und hiermit verbundenen Nierenschädigung führen kann [62]. Neben diesen Hart-Hart-Kombinationen gibt es auch Hart-Weich-Paarungen, welche durch die Verwendung von Polyethylen mit einem Gegenspieler aus Keramik oder Metall gekennzeichnet sind. In der Endoprothetik wird hierfür abriebarmes ultrahochmolekulargewichtiges Polyethylen (engl. *ultra-high molecular weight polyethylene* = UHMWPE) verwendet, welches durch eine zusätzliche Hochvernetzung (*highly cross-linked*) und Vitamin-E-Zugabe in den Entwicklungsstufen an Festigkeit gewann [93].

1.1.2 Komplikationen einer Totalendoprothese

Während und nach der Implantation einer Endoprothese kann es zu diversen Komplikationen kommen. Neben allgemeinen Operationsrisiken wie Wundheilungsstörungen und thromboembolischen Ereignisse zählen vor allem aseptische Lockerung, periprothetische Infektionen, Prothesenluxationen, Metallosen, heterotrophe Ossifikationen, Implantatallergien und intra- und postoperative periprothetische Frakturen zu den eingriffstypischen Komplikationen [50,51,62].

Die postoperativen periprothetischen Frakturen werden als Grundlage dieser Arbeit im Folgenden weiter ausgeführt.

1.2 Die periprothetische Femurfraktur

1.2.1 Inzidenz

Wachsende Zahlen von Endoprothesen an Hüft- und Kniegelenk führen auch zu wachsenden Zahlen an PFF. Laut Statistischem Bundesamt wurden allein in Deutschland im Jahr 2021 insgesamt 233 537 primäre Hüftendoprothesen implantiert [139]. Dies sind 5 686 mehr Implantationen als noch im Vorjahr [137]. Auch für die Kniearthroplastik werden für den Zeitraum von 2008 bis 2018 steigende Zahlen berichtet [161]. Hochrechnungen zufolge wird die Inzidenz für die Hüft-TEP im Zeitraum von 2016 bis 2040 in Deutschland um 29% steigen, während für die USA ein Anstieg der Implantationen einer Hüft-TEP zwischen 2005 und 2030 von 74% vorausgesagt wird [74,117]. Die derzeitige Inzidenz einer anschließenden PFF wird in der Literatur mit 0,07 bis 18% berichtet, wobei die Wahrscheinlichkeit mit der Anzahl der Revisionseingriffe im Vergleich zu einer Primärversorgung steigt (1,19–18% vs. 0,07–11,1%) [14,21,128]. Andere Hochrechnungen haben für die nächsten drei Dekaden einen Anstieg der PFF von 4,6% pro Dekade prognostiziert [103]. Zukünftig wird also mit einer weiter steigenden Inzidenz von PFF zu rechnen sein.

1.2.2 Risikofaktoren

Das Risiko, nach Prothesenversorgung eine Femurfraktur zu erleiden, wird durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst, von denen sich einige gegenseitig bedingen.

1.2.2.1 Alter

Die PFF ist eine Fraktur des älteren Menschen. Das Durchschnittsalter wird mit 73,8 bis 77,6 Jahren berichtet, wobei mit steigendem Alter der Patienten auch das Risiko für eine PFF steigt [9,29,67]. So wird ab 80 Jahren ein 4,4-fach erhöhtes Risiko gesehen, eine PFF zu erleiden [25].

In den vergangenen Jahren hat es an Bedeutung gewonnen, dass aufgrund der aktuellen demografischen Entwicklungen die Zahl der Patienten, die als Risikogruppe für eine PFF gelten, zunimmt. Dies ist zum einen dem Anstieg der Lebenserwartung geschuldet. Zwischen 1950 und 2020 stieg die Lebenserwartung in Deutschland für Frauen um 15,1 Jahre und für Männer um 14,3 Jahre, wobei sich dieser Trend bis 2060 fortsetzen soll (Frauen: 88,8 Jahre, Männer: 84,4 Jahre) [134]. Zum anderen kommen immer mehr Menschen der geburtsstarken Jahrgänge 1950 bis 1970 – die sogenannten Babyboomer –

in ein Alter, in dem die Inzidenz für eine PFF steigt [112,140]. Außerdem werden immer jüngere Patienten einer Prothesenimplantation unterzogen, sodass bei gleichzeitig steigender Lebenserwartung die Lebenszeit mit einer Endoprothese zunimmt [128]. Derzeit sind 15% der Patienten zum Zeitpunkt der Operation zwischen 50 und 60 Jahre alt [12]. Damit verbunden ist eine Lebenszeitwahrscheinlichkeit für eine benötigte Revision von circa 35% bei den unter 60-Jährigen [12]. Wird Patienten in diesem jungen Alter eine Endoprothese implantiert, leben sie bei aktueller Lebenserwartung von 78,9 bzw. 83,6 Jahren noch 20 bis 30 Jahre mit einer Hüftprothese [134]. Diese lange Zeitspanne erhöht das Risiko für multiple Revisionseingriffe, bietet eine zusehends schlechtere Konstitution des Operationsgebietes und erhöht schlussendlich das Risiko für eine PFF [12,162]. Überdies haben jüngere Patienten ein durchschnittlich höheres Aktivitätslevel als ältere, was das Risiko einer Fraktur durch Aktivitäten mit hoher Kinematik zusätzlich erhöht [42].

Des Weiteren ist nicht nur das chronologische Alter zu betrachten, wenn der Faktor Alter analysiert wird. Höheres Alter ist oft begleitet von Multimorbidität, Osteo- und Sarkopenie sowie Polypharmazie [100]. Diese Begleiterscheinungen sorgen nicht nur für erschwerte Operationsbedingungen, sondern stehen zudem für eine fragile Körperphysiologie, deren Gleichgewicht durch das Trauma in Dysbalance geraten und eine Exazerbation von chronischen Krankheitsbildern zur Folge haben kann [49,100].

1.2.2.2 Komorbiditäten

Mehrere Autoren berichten, dass die Inzidenz der PFF und die Mortalität nach jener Fraktur mit zunehmender Beeinträchtigung des Gesundheitszustands der Patienten steigen [20,21,66,88,118,129]. Beispielsweise stellen Kärrholm et al. in ihrer jährlichen Auswertung des Schwedischen Hüftarthroplastik-Registers ein erhöhtes Risiko für eine PFF mit zunehmenden Komorbiditäten fest [66]. Singh et al. beschreiben eine Verdopplung des Risikos für eine PFF ab einem Deyo-Charlson-Index von ≥ 3 Punkten sowie einem Score der American Society of Anesthesiologists (ASA-Score) von 3–4, welche zur Bewertung des Gesundheitszustands der Patienten verwendet wurden [129]. Aber auch die Sterberate nach einer PFF sei ab einem ASA-Score von ≥ 3 signifikant erhöht, wie Märdian et al. in ihrer Studie feststellen [88]. Die Ergebnisse von Boylan et al. stimmen damit überein und zeigen eine signifikant erhöhte Mortalität bei einem Deyo-Charlson-Index von ≥ 2 Punkten [20].

Die Antworten auf die Frage, welche Komorbiditäten einen Einfluss auf die postoperative Mortalität und das Outcome nach einer PFF haben, divergieren jedoch. Im Bereich der internistischen Erkrankungen berichten Märdian et al. einen signifikanten Einfluss von Herzerkrankungen auf das postoperative Überleben nach PFF [88]. Sie zeigen, dass die ischämischen Herzkrankheiten, die Herzrhythmusstörungen ebenso wie die Herzinsuffizienz mit einem früheren Tod der Patienten verbunden sind. Unter den nicht kardiovaskulären Erkrankungen sind in ihrer Studie die Hypothyreose und die Niereninsuffizienz mit einer signifikant höheren Mortalität assoziiert. Auch Johnson-Lynn et al. stellen eine höhere Prävalenz von ischämischen Herzerkrankungen, arterieller Hypertonie und Vorhofflimmern bei Patienten mit PFF fest [64]. Dem widersprechen Katz et al., welche in ihrer multivariaten Analyse kein erhöhtes Risiko für eine PFF bei Vorliegen von kardiovaskulären Erkrankungen beobachten [68]. Ferner sei auch eine Ulcuskrankheit nicht mit einem erhöhten Risiko für eine PFF verbunden.

Die adäquate Verankerung einer Endoprothese setzt ein stabiles Prothesenbett voraus, sodass Komorbiditäten, welche das knöcherne Skelett kompromittieren und eine beeinträchtigte ossäre Grundstruktur verursachen, mit einem höheren Risiko für eine PFF nach Implantation einer TEP verbunden sind [49]. Die RA stellt eine dieser Erkrankungen dar, welche nach Zhu et al. für die erhöhte Inzidenz einer PFF verantwortlich ist [165]. Bestätigt wird dies von Bissias et al., welche in ihrer Metaanalyse fünf Studien identifizierten, die ebenfalls eine erhöhte Prävalenz der PFF bei Patienten mit einer RA feststellen [18]. Sie erklären dies, durch eine beeinträchtigte Knochenqualität und eine verminderte Knochenmineraldichte, welche bei einer RA durch proinflammatorische Zytokine, Osteolysen und Knochenerosionen verursacht werde. Ferner hätten Patienten, welche in ihrer Betrachtung an einer Gelenksarthrose leiden, ein vermindertes Risiko für eine PFF.

Die Osteoporose gilt als weiterer allgemein anerkannter Risikofaktor für die PFF [17,42,127,128]. In Deutschland sind laut Internationaler Osteoporosestiftung 22,5% der Frauen und 6,7% der Männer ab 50 Jahren an Osteoporose erkrankt und die osteoporosebedingten Fragilitätsfrakturen würden teilweise eine höhere Belastung für die Patienten darstellen als andere chronische Erkrankungen [59]. Albright et al. stellen fest, dass eine Fragilitätsfraktur in der Anamnese eines Patienten vor Implantation einer Knie-TEP zu einem 2,7-fach erhöhten Risiko für eine PFF ein Jahr postoperativ führt [3]. Allerdings wird die Osteoporose vor der Implantation einer primären Hüft-TEP oft nicht

ausreichend diagnostiziert und behandelt, wie von Delsmann et al. gezeigt wurde [28]. Sie führten präoperativ zur geplanten Hüft-TEP-Operation eine Messung der Knochendichte mittels Dual-Röntgen-Absorptiometrie bei ihren Patienten durch. Dabei fiel auf, dass bei 73% der Patienten, bei denen die Messung eine Osteoporose ergab, diese zuvor nicht diagnostiziert worden war. Die präoperative Knochendichtemessung sei keine Standardprozedur, daher sei von einer hohen Dunkelziffer auszugehen. Tatsächlich geben nur 4% der Operateure an, eine präoperative Knochendichtemessung bei Endoprothesenversorgung durchzuführen, während 60% eine niedrige Knochendichte bei ihrer Therapieauswahl berücksichtigen [83]. Die geschilderten Zusammenhänge werden nicht nur in der Primärversorgung deutlich, sondern haben auch Auswirkungen auf die PFF als Komplikation einer Hüft-TEP [28]. Patienten mit einer geringen Knochendichte weisen eine verzögerte Osteointegration von Fremdmaterial auf [8]. Ist die implantierte TEP jedoch nicht suffizient fixiert, führt dies im Verlauf zu einem erhöhten Risiko für eine PFF [146]. So zeigt das Schwedische Hüftarthroplastik-Register, dass das Risiko für einer PFF unter Osteoporosepatienten erhöht ist [66]. Weiter legen Orfanos et al. dar, dass bei einer Osteoporose eine erhöhte Mortalität innerhalb des ersten Jahres nach PFF vorliegt [97]. Hinzu kommt, dass ein osteoporotisch veränderter Knochen zu erschwerten Fixationsbedingungen bei der Versorgung einer PFF führt [110]. So ist die Osteoporose ein relevanter und teilweise unterschätzter Risikofaktor für eine PFF.

Als iatrogene Ursache für einen Knochensubstanzverlust ist zudem die durchgeführte Revisionsoperation zu nennen [128]. Unterschiedliche Gründe machen eine solche Revision nötig. Jedoch kommt es bei jeder Revision unvermeidbar zur Resektion von Knochen, was zu zunehmend weniger Abstützungsmöglichkeiten und Verankerungsoptionen der neuen Prothese führt, sodass es herausfordernd werden kann, die Stabilität einer Prothese zu gewährleisten [119]. Dies hat zur Folge, dass das Risiko für eine postoperative PFF nach der Revision einer Hüftendoprothese um das Dreifache erhöht ist, verglichen mit dem PFF-Risiko nach primärer Prothesenversorgung [18,29].

Die meisten Unfälle mit resultierender PFF stellen nicht Hochrasanztraumata dar, sondern Unfälle im Niedrigenergiebereich des häuslichen Umfeldes aus sitzender oder stehender Position [13,79]. Dies ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass diverse chronische Erkrankungen ein erhöhtes Sturzrisiko für Patienten bedeuten können [144]. Indirekt stellen damit alle Grunderkrankungen, welche das Sturzrisiko eines Menschen erhöhen, eine Gefahr für einer PFF dar [156]. So identifizierten Culp et al. diverse

neuromuskuläre Erkrankungen wie Epilepsie, cerebrale Ataxie, Morbus Parkinson, Myasthenia gravis und Poliomyelitis, welche mit einem erhöhten Sturzrisiko verbunden sind [27]. Moncada stellte eine Liste von modifizierbaren und nicht modifizierbaren Faktoren für ein erhöhtes Sturzrisiko zusammen [153]. Als wichtigste modifizierbare Faktoren identifizierte sie Einschränkungen in Balance und Gang sowie die allgemeine Muskelschwäche.

1.2.2.3 Geschlecht

Ob das biologische Geschlecht mit einem größeren Risiko für eine PFF behaftet ist, wird in den aktuellen Veröffentlichungen heterogen bewertet. Manche Autoren beschreiben einen Anstieg des Risikos um 40 bis 48% für Frauen im Vergleich zu Männern [18,129]. Andere wiederum sehen kein geschlechterspezifisches Risiko oder identifizieren das männliche Geschlecht als Risikofaktor für eine PFF [2,20]. Auch Carli et al. stellen den Einfluss des Geschlechts in ihrer Metaanalyse zur Diskussion [21]. Jedoch bleibt auch in ihrem Vergleich unterschiedlicher Studien die Frage nach einer geschlechterspezifischen Prädisposition aufgrund inkonsistenter Datenlage offen.

Der Kausalzusammenhang zwischen dem weiblichen Geschlecht und einem erhöhten PFF-Risiko wird in manchen Erklärungsversuchen über das Krankheitsbild der Osteoporose hergestellt [129]. Zwar haben Frauen eine geringere Knochenmineraldichte und eine höhere Prävalenz von Osteoporose [121]. Allerdings wird vermutet, dass hier weitere Faktoren wie das Aktivitätslevel, Osteolysen, Knochenschwund und die periprothetische Osteopenie (auch „Stress-Shielding“ genannt) größere Relevanz haben können [29,33].

Im Gegensatz hierzu stehen die Resultate der experimentellen Studie von Thompson et al. [147]. Sie verglichen die Frakturstabilität von zementierten und unzementierten Prothesenschäften von humanen Spenderfemora mit unterschiedlicher Knochendichte. Dabei stellten sie in der unzementierten Gruppe eine signifikante Korrelation zwischen der Knochenbelastung bis zur Fraktur und der Knochendichte fest. Bei den zementiert verankerten Schäften konnte diese Korrelation nicht reproduziert werden.

1.2.2.4 Verankerung der Hüftendoprothese

Die Verankerungsart, welche zur Fixation der einliegenden Hüftarthroplastik genutzt wurde, beeinflusst das Risiko für eine PFF. Im Vergleich zur zementierten Hüft-TEP zeigen zementfreie Endoprothesen ein höheres Risiko für eine PFF [18,21,84]. Thien et al. berechneten bei der Auswertung von über 400 000 Patientendaten aus dem Nordischen Arthroplastik-Register ein relatives Risiko für eine PFF bei unzementierter Hüft-TEP von 8,72 im Vergleich zu zementierter Fixation [146].

Manche Autoren erklären sich dieses Phänomen damit, dass die Mitursache für die erhöhten Fallzahlen nach unzementierter Hüft-TEP bereits intraoperativ gelegt wird [18,53]. Haddad et al. argumentieren, dass durch die Kraft, welche benötigt wird, um eine unzementierte Prothese einzuschlagen, bereits kleine okkulte Fissuren entstehen können [53]. Diese würden postoperativ durch begonnene Belastung oder Bagatelltraumata zu einer PFF führen. Hinzu komme, dass nichtzementierte Prothesen nicht ebenso präzise im Markraum des Femurs einlägen wie zementierte. Ferner ist in einer Analyse des Nordischen Arthroplastik-Registers eine erhöhte Revisionsrate aufgrund von PFF innerhalb der ersten 2 Monate aufgefallen [146]. Dies wird auf eine noch unvollständige ossäre Integration des Prothesenschaftes und ein damit erhöhtes Risiko für PFF zurückgeführt. In der gleichen Betrachtung wird auch zu bedenken gegeben, dass die Verteilung der Versorgungsart zwischen den Altersstufen und Geschlechtern stark variiere, sodass Rückschlüsse hieraus mit Vorsicht zu betrachten seien.

1.2.3 Klassifikationen

Im Bereich der PFF liegen diverse Klassifikationen vor, welche sich mit unterschiedlichen anatomischen Regionen des Femurs beschäftigen. Die geläufigsten sind im Folgenden zusammengefasst.

1.2.3.1 Vancouver-Klassifikation nach Duncan

Die Vancouver-Klassifikation ist die am häufigsten genutzte Klassifikation für femorale Frakturen um einliegende Hüftprothesen und wurde 1995 von Duncan und Marsi erfunden [35,125]. Die Festigkeit der Prothesenverankerung im Knochen, welche auch für die spätere Therapie relevant ist, ist hier von zentraler Bedeutung. Unterteilt werden die Typen A, B und C, wobei Typ-A-Frakturen im Bereich des Trochanter major (A_G) oder des Trochanter minor (A_L) vorliegen [10]. Typ-B-Frakturen liegen auf Höhe des Prothesenschaftes und sind durch eine feste Prothesenverankerung (B1), eine gelockerte Prothese (B2) oder poröses Knochenmaterial mit gelockertem Schaft (B3) gekennzeichnet. Die Typ-C-Frakturen verlaufen unterhalb der Prothesenspitze [10].

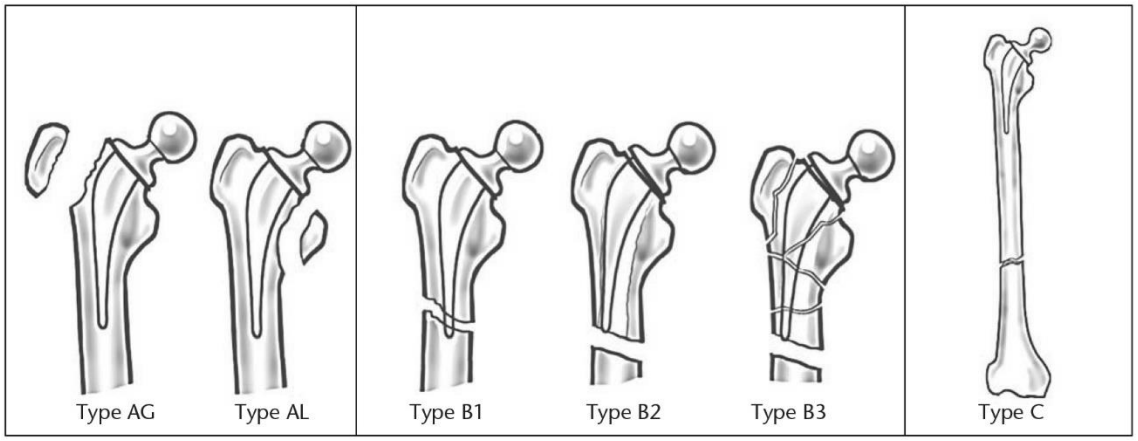

Abbildung 1: Vancouver-Klassifikation nach Duncan [98]
EFORT Open Reviews 6, 1; DOI: 10.1302/2058-5241.6.200050,
lizenziert: CC BY-NC 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

1.2.3.2 Unified Classification System

Das Unified Classification System (UCS) stellt eine Erweiterung der Vancouver-Klassifikation um die Kategorien D bis F dar, welche zudem auf periprothetische Frakturen anderer Gelenkregionen erweitert wurde [36]. Dadurch kann das Grundprinzip auf alle periprothetischen Frakturen angewendet werden kann. Das UCS wurde nicht nur in der Lehrwerke der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) aufgenommen, sondern fand auch als Unified Classification System for Periprosthetic Fractures (UCPF)

Einzug in das „Fracture and Dislocation Classification Compendium“, welches von der AO und der Orthopaedic Trauma Association (OTA) herausgegeben wurde [90,100]. Damit hat sich das UCS als offizielle Klassifikation im amerikanischen und europäischen Raum etabliert. Die Abkürzungen UCS und UCPF werden in der Literatur synonym verwendet. Zu beachten ist, dass die Typ-F-Frakturen des UCS nur für andere periprothetische Frakturen, nicht jedoch für PFF definiert ist [100].

Tabelle 1: Unified Classification System
in Anlehnung an Duncan et al. (2014) [36] und die AO Foundation, Davos, Switzerland (2018)[6]. Merkhilfe der einzelnen Typen in Klammern

Unified Classification System	
A *(Apophyseal)*	Apophyseal oder extraartikulär/periartikulär
A1	Trochanter major
A2	Trochanter minor
B *(Bed)*	unmittelbar um die Prothese
B1	Stabiler Stamm, guter Knochen
B2	Loser Stamm, guter Knochen
B3	Loser Stamm, schlechter Knochen
C *(Clear)*	mit Abstand zum Implantat
D *(Dividing)*	zwischen zwei Implantaten
E *(Each)*	beide Knochen, die an die Prothese grenzen oder polyperiprothetisch
F *(Facing)*	mit Prothese artikulierend

1.2.3.3 Periprothetische Femurfraktur im Bereich des Kniegelenkes nach Lewis und Rorabeck

Die Klassifikation nach Lewis und Rorabeck findet neben dem UCS häufig Anwendung zur Einteilung von periprothetischen Frakturen im Bereich des distalen Femurs [16]. Auch hier ist die Frage nach der Festigkeit der Prothese im Knochen von Bedeutung. Unterteilt wird wie folgt in die Typen I bis III:

I: undisloziert, Prothese fest
II: dislozierte, Prothese fest
III: Prothese gelockert [16]

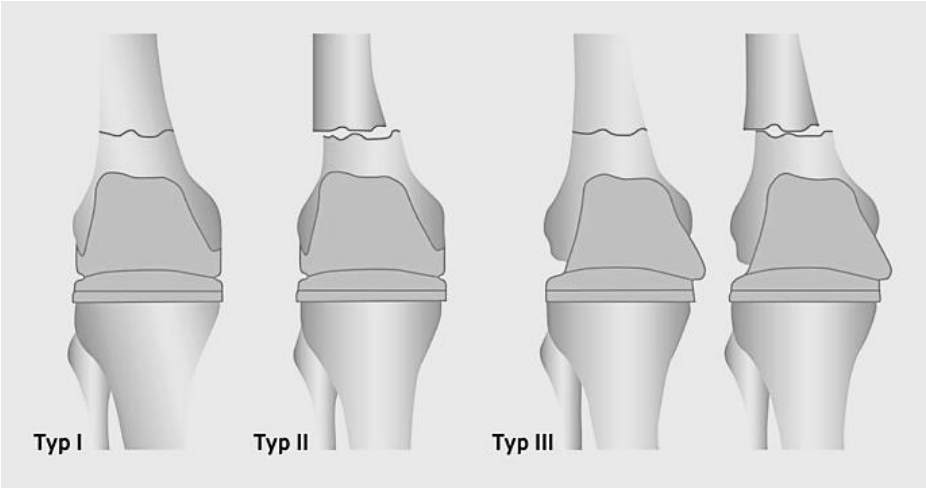

Abbildung 2:„Rorabeck-Klassifikation" von Leonore Schlee [123]
https://doi.org/10.1007/s00142-020-00422-x, lizensiert: CC BY 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de

1.2.3.4 Interprothetische Femurfraktur bei implantierter Hüft- und Knieprothese nach Pires

Pires et al. veröffentlichten eine Klassifikation, welche eine Prothesenversorgung an beiden Enden des Femurs berücksichtigt [101]. Diese gewinnt bei zunehmendem Anstieg von Prothesenimplantationen zunehmend an Bedeutung und ermöglicht eine Subklassifikation der Typ-D-Frakturen des UCS. Im Folgenden ist die Einteilung dargestellt:

I Interprothetische Fraktur im Bereich der Hüfte
- IA: stabile Prothesen
- IB: instabile Hüftprothese, stabile Knieprothese
- IC: stabile Hüftprothese, instabile Knieprothese
- ID: beide Prothesen instabil

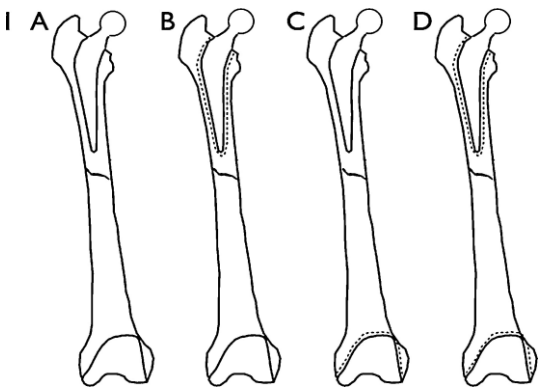

Abbildung 3: Interprothetische Fraktur im Bereich der Hüfte
aus Pires et al. (2014): Interprosthetic femoral fractures: proposed new classification system and treatment algorithm. Injury 45 Suppl 5: S2-6 [101]. DOI: 10.1016/S0020-1383(14)70012-9

II Interprothetische Fraktur im Bereich des Knies
- IIA: stabile Prothesen
- IIB: instabile Hüftprothese, stabile Knieprothese
- IIC: stabile Hüftprothese, instabile Knieprothese
- IID: beide Prothesen instabil

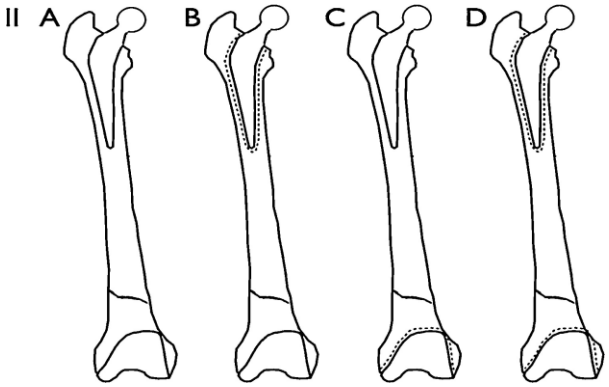

Abbildung 4: Interprothetische Fraktur im Bereich des Knies
aus Pires et al. (2014): Interprosthetic femoral fractures: proposed new classification system and treatment algorithm. Injury 45 Suppl 5: S2-6 [101]
DOI: 10.1016/S0020-1383(14)70012-9

III Interprothetische Fraktur bei Prothese mit intramedullärer Komponente
- IIIA: stabile Hüft- und Knieprothese, vitaler Knochen zwischen den Prothesen
- IIIB: stabile Hüft- und Knieprothese, Knochendefekt zwischen den Prothesen
- IIIC: instabile Hüft- und/oder Knieprothese, vitaler Knochen zwischen den Prothesen
- IIID: instabile Hüft- und/oder Knieprothese, Knochendefekt zwischen den Prothesen

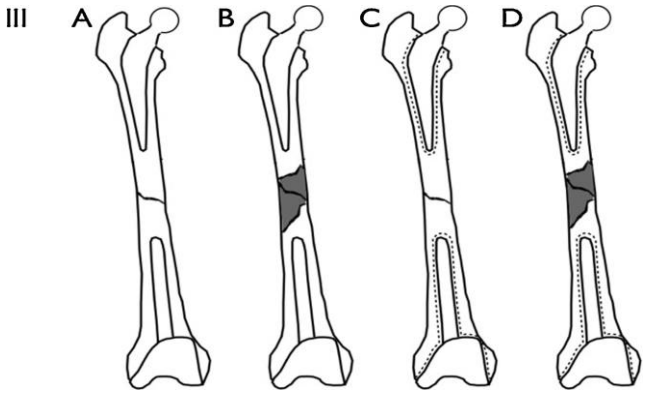

Abbildung 5: Interprothetische Fraktur bei Prothese mit intramedullärer Komponente
aus Pires et al. (2014): Interprosthetic femoral fractures: proposed new classification system and treatment algorithm. Injury 45 Suppl 5: S2-6 [101]
DOI: 10.1016/S0020-1383(14)70012-9

1.2.4 Therapie

Durch das bereits einliegende Prothesenmaterial gestaltet sich die operative Versorgung einer PFF schwierig. Denn Standardtechniken, wie sie bei Primärfrakturen genutzt werden, können teilweise nur eingeschränkt eingesetzt werden [110]. Hinzu kommt, dass aufgrund der Voroperation, des Alters und der oft kompromittierten Knochenqualität die Operationsbedingungen weiter erschwert sind [133]. Generell steht das gesamte Repertoire der Osteosyntheseverfahren zur Verfügung. Hierbei muss der Operateur die grundlegenden Optionen eines konservativen oder operativen Verfahrens und einen Prothesenerhalt oder -ersatz abwägen. Es müssen Lokalisation und Verlauf der Fraktur, aber auch die ossäre Verankerung der Prothese berücksichtigt werden, wobei letztere von zentraler Relevanz für den Erfolg der Therapie sind [1].

Die Therapie der PFF stützt sich auf die Behandlungsalgorithmen, welche von Trieb und Fialka sowie Pires et al. veröffentlicht wurden [102,101,148]. Sie sind inzwischen in der Leitlinie für die PFF der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) aufgenommen und stellen damit eine etablierte Grundlage für die Therapiewahl bei einer PFF dar [31]. Anhand der verschiedenen Frakturtypen des UCS sind differenzierte Pfade hinterlegt, auf die im Folgenden eingegangen wird (siehe Abbildung 6 und 7).

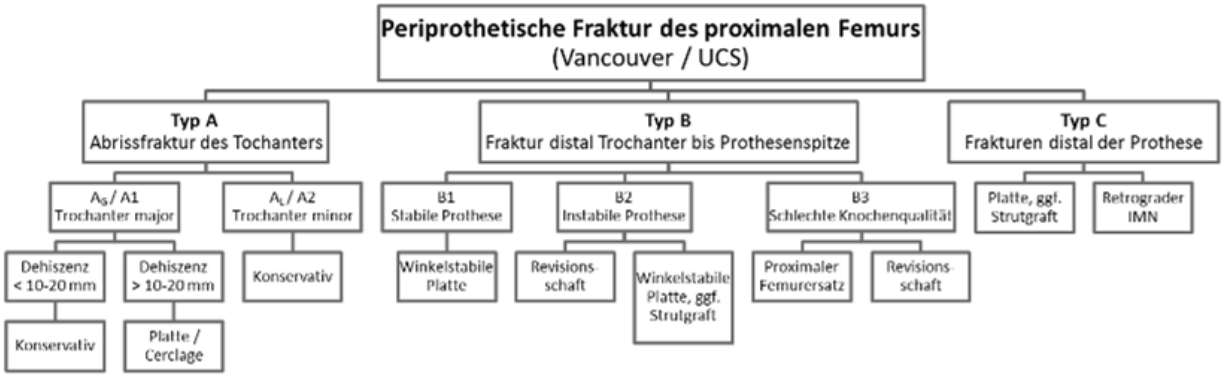

Abbildung 6: Behandlungsalgorithmus der periprothetischen Femurfraktur der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, Typen A-C [31]

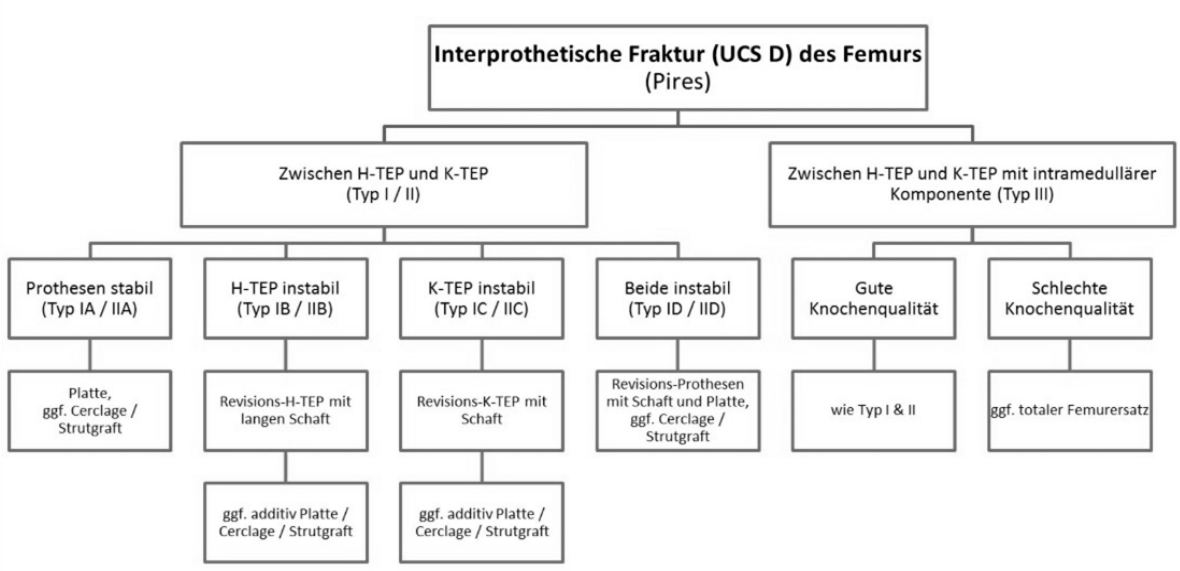

Abbildung 7: Behandlungsalgorithmus der periprothetischen Femurfraktur der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie [31]

Die **Typ-A-Frakturen** werden oft konservativ therapiert, da sie von Beginn an zumeist teilbelastungsstabil sind und der Weichteilmantel die Fragmente zusätzlich stabilisiert [51]. Die operative Versorgung ist seltener nötig und vor allem dann indiziert, wenn die Stabilität durch das umgebene Gewebe nicht gegeben ist oder eine Dislokation des Trochanter major (Typ-A1-Frakturen) von mehr als 2 cm vorliegt [148]. Vor allem wenn die Insertion des Musculus gluteus medius beteiligt ist, gilt es muskuläre Insuffizienzen und Einschränkungen des Gangbildes mittels Cerclagen, Drähten und Platten wie zum Beispiel einer Krallenplatte zu vermeiden [110,148]. Typ-A2-Frakturen sind in den meisten Fällen Avulsionsfrakturen und können konservativ therapiert werden [110]. Zuvor ist es jedoch entscheidend, eine ungesehene Beteiligung der Prothesenverankerung – sprich eine okkulte Typ-B-Fraktur – auszuschließen, um weitere Komplikationen zu vermeiden [152].

Im Gegensatz zur Typ-A-Fraktur sind alle anderen Frakturtypen zumeist Domäne der operativen Versorgung. In wenigen Ausnahmen kann eine konservative Versorgung diskutiert werden [51]. Dies kann vor allem bei Patienten mit stark beeinträchtigtem Gesundheitszustand und einem großen perioperativen Mortalitätsrisiko in Erwägung gezogen werden [73].

In der operativen Versorgung wird zwischen den beiden Pfaden „Open Reduction and Internal Fixation“ (ORIF) und Austausch der einliegenden Prothese mit Implantation einer Revisionsprothese unterschieden [110]. Wichtig hierfür ist, ob eine Prothese

weiterhin ossär verankert ist oder eine Lockerung vorliegt [110]. Hierin liegt auch die Unterscheidung der **Typ-B-Frakturen**, sodass bei **B1-Frakturen** eine Prothesenentfernung vermieden und eine Plattenosteosynthese, gegebenenfalls mit Ergänzung weiterer Osteosyntheseverfahren wie Cerclagen, Drähten und Schrauben, durchgeführt werden kann [51]. Generell stellt das Vorhandensein einer Endoprothese im Femur eine Herausforderung dar, da die Standardfixierungstechniken teilweise nur eingeschränkt oder gar nicht angewendet werden können [110]. Die zumeist verwendeten Verriegelungsschrauben zur Fixierung einer Platte müssen am Prothesenschaft vorbei im Knochen Verankerung finden oder können teilweise nur tangential oder unikortikal verschraubt werden [133]. Da Letzteres nicht ausreichend Rotationsstabilität gibt, wird eine zusätzliche Verwendung von Cerclagen am proximalen Femurschaft und gegebenenfalls Schraubenosteosynthese in Bereich des Trochanters empfohlen [110]. Ist die initiale Endoprothese zementiert worden, besteht zusätzlich die Gefahr, den Zementmantel durch Bohrlöcher zu schädigen und Risse zu erzeugen. Kampshoff et al. zeigten in einer biomechanischen Analyse, dass das Risiko hierfür durch eine unikortikale Fixierung im Vergleich zur bikortikalen Verschraubung geringer ausfällt [65]. Entscheidend für die Frakturheilung ist eine intakte Knochenvaskularisation, welche durch herkömmliche Platten stark beeinträchtigt wird. Aufgrund dessen werden heutzutage minimalinvasiv implantierbare winkelstabile Platten verwendet, welche vor allem im distalen Bereich durch Stichinzisionen und Verwendung eines Zielbügels eingebracht werden [148]. Zudem müssen diese Platten durch ihre Winkelstabilität nicht in voller Länge auf dem Knochen aufliegen. Durch dieses Verfahren wird der Weichteilschaden so gering wie möglich gehalten und die Schonung des Periosts und der Vaskularisation ist gegeben.

Die **B2- und B3-Frakturen** sind durch eine Lockerung der einliegenden Endoprothese in ihrer Verankerung gekennzeichnet, weshalb in der Regel ein Ersatz der femoralen Komponente als erste Therapieoption indiziert ist [51]. Es ist jedoch nicht immer möglich, die Festigkeit der Prothese präklinisch angemessen zu beurteilen, weshalb eine intraoperative Testung erforderlich ist [72,116]. So kann eine Verwechslung mit einer B1-Fraktur und eine gegebenenfalls unnötige Revisionsoperation vermieden werden.

Um eine ausreichende Schienung der Fraktur zu erreichen und eine Abstützung im distalen Anteil des Femurschaftes zu ermöglichen, ist der Revisionsschaft entsprechend lang zu wählen, sodass die Fraktur mindestens die doppelte Breite des Femurschaftes

nach distal überragt wird [4]. Ein allgemeines Problem bei der Revisionsendoprothetik besteht in dem Verlust von Knochensubstanz und der schwierigen Verankerung des Implantates. Dies kann durch eine mögliche mehrfragmentäre Frakturierung oder durch iatrogene Schäden bei der Entfernung des alten Schaftes und gegebenenfalls des Knochenzementes verursacht werden [133]. Zur Sicherung von Fragmenten und Fixierung des Weichteilmantels, welcher teilweise an jenen Fragmenten verankert ist, können weitere Osteosyntheseverfahren wie Cerclagen und Knochenzement ergänzend genutzt werden [1,94]. Um Pseudarthrosen zu vermeiden, ist jedoch darauf zu achten, dass sowohl neu eingebrachter Zement als auch alte Zementreste nicht in den Frakturspalt gelangen und die Ossifikation beeinträchtigen [77].

Ferner empfehlen manche Autoren die ergänzende Anwendung von Strut-Grafts, insbesondere um größere Knochendefekte aufzufüllen und die Verteilung von Scherkräften bei festen Prothesenschäften, aber auch bei gelockerten Schäften zu ermöglichen [26,77,110]. In einer klinischen Studie verglichen Kwon et al. die Zeit bis zur Frakturheilung bei Patienten mit B1-, B2- und B3-Frakturen sowohl mit als auch ohne Anwendung von Strut-Grafts [75]. Die Konsolidierung der B1- und B2-Frakturen erfolgte signifikant schneller, wenn Strut-Grafts verwendet wurden. Es wurden jedoch keine Unterschiede im klinischen Outcome festgestellt, gemessen am Harris Hip Score (HHS) und am Parker Mobility Score. In der Kohorte wurden die beiden einzigen B3-Frakturen neben einer Prothesenrevision mit zusätzlichen Strut-Grafts behandelt, daher konnte kein direkter Vergleich durchgeführt werden. Dennoch wurde in beiden Fällen nach 18 Wochen eine radiologische Konsolidierung festgestellt. Ein befürchtetes Risiko bei der Verwendung von Allografts ist die Übertragung von Infektionskrankheiten vom Spender auf den Empfänger. Es ist jedoch nicht eindeutig geklärt, ob dies auf den Graft oder andere Umstände der Operation wie Bluttransfusionen oder die Länge und Komplexität des Eingriffes zurückzuführen ist [86].

Im Gegensatz zur B2-Fraktur kommt bei einer **B3-Fraktur** die Schwierigkeit hinzu, dass die periprothetische Knochenqualität mangelhaft ist und so eine erneute Fixierung der Revisionsprothese zusätzlich erschwert ist [110]. Grundsätzlich kommen die gleichen Therapieoptionen wie bei B2-Frakturen in Frage, jedoch erschweren lockere Knochenfragmente und Osteolysen die operative Versorgung [148]. Ist von einem unzulänglichen Resultat auszugehen, müssen weitere Methoden in Erwägung gezogen werden. Eine Möglichkeit ist der Ersatz des gesamten proximalen Femurs durch die

Implantation einer Tumorprothese, welche ursprünglich für die Versorgung nach Resektion von malignen ossären Prozessen entwickelt wurde [148]. Weitere Möglichkeiten sind die Transplantation eines allogenen Femurs oder das sogenannte „bone impaction grafting“ [69,150]. Bei letzterem Verfahren werden allogene Knochenchips in die Defekthöhle gegeben und durch Implantation eines meist zementierten Revisionsschaftes im Defekt komprimiert [78]. Trotz der unterschiedlichen Therapiemöglichkeiten bleiben B3-Frakturen aufgrund ihrer Komplexität in der Rekonstruktion und den Begleitfaktoren mit einer hohen Komplikationsrate verbunden [99].

Während die Revisionsprothetik als Standard für die B2- und B3-Frakturen gilt, wird die osteosynthetische Versorgung bei jenen Frakturen ebenfalls diskutiert. Manche Autoren sehen bei älteren Patienten mit stark beeinträchtigtem Gesundheitsstatus einen Vorteil in der Versorgung mittels ORIF, wenn eine anatomisch korrekte Rekonstruktion möglich ist [45,95,130,143]. Solomon et al. legen dar, dass kürzere Operations- und Anästhesiezeiten sowie ein reduzierter Blutverlust zu einer geringeren gesundheitlichen Belastung für den Patienten führen [131]. Spina et al. empfehlen ebenfalls in gut ausgewählten Fällen einen Erhalt der Prothese, geben jedoch zu bedenken, dass die Rehabilitation zu Beginn mit nur passiver Mobilisation und ohne Belastung der operierten Seite langwierig ist und negative Auswirkungen auf die Patientengesundheit hat [132]. Weiter ist zu beachten, dass die Reoperationsrate nach einer Versorgung ohne Revision der Prothese insbesondere für B3-Frakturen deutlich erhöht ist [70]. Im Gegensatz zu den genannten Autoren setzen Langenhan et al. in ihrem Therapieregime komplett auf eine Revision, unabhängig von der Festigkeit der Prothese, und begründen dies mit einer direkten Vollbelastung postoperativ und einer geringeren postoperativen Mortalität [76].

Typ-C-Frakturen haben wenig mit der Prothese selbst zu tun, da sie in einiger Entfernung zu dieser liegen und die ossäre Verankerung des Prothesenschaftes intakt bleibt [51]. Dennoch ist die Therapie aufgrund des vorhandenen Osteosynthesematerials ähnlich herausfordernd wie die der B1-Frakturen und wird zumeist als ORIF durchgeführt, um eine Stabilisierung der Fraktur und eine Wiederherstellung der normalen Funktion des betroffenen Beins zu erlangen [26,148]. Vor allem bei älteren Patienten kann eine dünne, eierschalenartige Kortikalis ein stabiles Einbringen von Schrauben zur Fixierung einer Plattenosteosynthese erschweren und eine alleinige Versorgung mit Cerclagen bietet oft nur ungenügend Stabilität [148]. In manchen Fällen

kann bei einer C-Fraktur auch eine retrograde Marknagelung durchgeführt werden. Hier ist jedoch ein ausreichender Abstand zwischen Fraktur und Prothesenschaft unabdinglich, um eine adäquate Abstützung zu gewährleisten [110]. Deswegen wird dies vor allem bei Frakturen im distalen Femur genutzt [51].

Im Bereich der **Typ-D-Frakturen** nehmen die Fallzahlen in den letzten Jahren aufgrund der großzügigeren Implantation von Endoprothesen und der alternden Gesellschaft zu, sodass auch deren Versorgung zunehmend Aufmerksamkeit erhält [89]. Pires et al. veröffentlichten zusammen mit einer neuen Klassifikation einen Therapiealgorithmus für diese Frakturen [102,101]. Neben dem betroffenen Femurabschnitt ist vor allem die Verankerung der einliegenden Prothesen entscheidend für eine adäquate Therapieauswahl. Sie zeigt Parallelen zur Versorgung von PFF nach uniartikulärer Endoprothetik, jedoch sind die oben erwähnten Schwierigkeiten von ORIF und Revisionsprothetik durch das Einliegen zweier Prothesen verstärkt [114].

Sind sowohl Hüft- als auch Knie-TEP fest verankert (IA-, IIA-, IIIA-Frakturen), raten die Autoren primär zu einer Plattenosteosynthese [101]. Das Verfahren ähnelt dem der B1- und C-Frakturen bei einfachem Gelenksersatz und birgt die gleichen operativen Herausforderungen. Auch bei den D-Frakturen sollte trotz des teilweise ausgedehnten Operationsgebietes über das gesamte Femur auf ein offen-chirurgisches Verfahren verzichtet und minimal-invasive Techniken angewandt werden [142]. So können der Weichteilmantel und die Vaskularisation des Femur weitestgehend erhalten und das Risiko für eine Nonunion oder eine erneute Fraktur reduziert werden [142]. Ist eine der beiden Prothesen gelockert (IB-, IC-, IIB-, IIC-Frakturen), wird eine Revision mit gegebenenfalls zusätzlicher Plattenosteosynthese angeraten [101]. Liegt eine Lockerung beider Prothesen vor (ID-, IID-Frakturen) oder ein verlängerter Stamm der proximalen Komponente mit gegebenenfalls avitalen Knochenfragmenten (IIIB- bis IIID-Frakturen), sei ein totaler Femurersatz indiziert [101]. Dabei ist jede Fraktur individuell zu betrachten und es können weitere Verfahren wie Cerclagen und Grafts ergänzend sinnvoll sein [102].

Über die **Typ-E-Frakturen** wird nur wenig berichtet, sodass bis dato kein standardisiertes Therapieverfahren entwickelt wurde. Vioreanu et al. aber auch Duncan et al. empfehlen, die Frakturen einzeln zu betrachten, um einen Versorgungsplan zu etablieren [36,155]. Die Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. hält für die Typ-E-Frakturen keine Empfehlungen bereit [31,36].

Der dargestellte Algorithmus bietet Hilfestellung zur Auswahl eines adäquaten Therapieverfahrens. Jedoch ist jeder Fall individuell zu betrachten und die begleitenden Umstände und Gesundheitsfaktoren sind zu berücksichtigen, um eine gute Prognose zu gewährleisten [109].

1.2.4.1 Therapiezeitpunkt

Nicht nur wie, sondern auch wann die Versorgung einer PFF stattfinden soll, ist in Fachkreisen eine kontrovers diskutierte Frage. Die DGU empfiehlt eine Operation innerhalb der ersten 48 Stunden nach Fraktur [31]. Bhattacharyya et al. berichten von einer erhöhten Mortalitätsrate nach einer Wartezeit von mehr als 2 Tagen, unabhängig von der Anzahl der Komorbiditäten [15]. Ferner konnten Griffiths et al. einen signifikanten Anstieg der Komplikationen bei einer Wartezeit auf Operation von mehr als 72 Stunden verzeichnen [46]. Im Gegensatz hierzu hatte eine verlängerte operative Wartezeit in den Untersuchungen von Märdian et al. und Johnson-Lynn et al. keinen Einfluss auf postoperative Mortalität, Komplikationsrate und Liegedauer [64,88]. Zusammengefasst ist bisher nicht eindeutig geklärt, ob die Wartezeit auf Operation Auswirkungen auf die Mortalität hat.

1.2.5 Prognose

Auch wenn für ein gutes Resultat viel in die operative Versorgung einer PFF investiert wird und diese sehr kostspielig ist, fällt das Ergebnis oft nicht zufriedenstellend aus [128]. Trotz guter Therapieoptionen liegt die Sterberate nach einer PFF bei bis zu 21% und ist im Vergleich zu einem elektiven Hüftgelenksersatz signifikant erhöht [15]. Eine Analyse des Neuseeländischen Arthroplastik-Registers verglich die Hüftrevisionen von Patienten, welche aufgrund einer PFF durchgeführt wurden, mit Revisionen, bei denen eine aseptische Lockerung vorlag [163]. Sechs Monate postoperativ zeigte die PFF sowohl ein signifikant schlechteres funktionelles Ergebnis im Oxford 12 Hip Score als auch eine im Vergleich erhöhte Sterberate. Ebenso zeigen Zheng et al., dass die Rückkehr zum Status vor Fraktur nur schwer möglich ist und die Patienten in den untersuchten Punkten Schmerz und Alltagsaktivität (gemessen mit dem HHS) auch nach 24 Monaten und mehr weiter eingeschränkt sind [164]. Weiter besteht nach der Versorgung einer PFF das Risiko von Infektionen, Implantatversagen und erneuten Frakturen [106]. Dies zeigt, dass es in der Therapie einer PFF wesentliches Verbesserungspotenzial gibt, welches es zu erforschen gilt.

1.3 Fragestellung und Zielsetzung

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist die Beantwortung der Frage: Welche präoperativen Risikofaktoren haben Einfluss auf die postoperative Mortalität und das Outcome nach der Versorgung einer PFF?

Um sich dieser Frage anzunähern, wurden folgende Faktoren in Zusammenhang mit den beiden Endpunkten postoperative Mortalität und Outcome gesetzt und gegebenenfalls ergänzende Detailfragen formuliert:

- Alter bei Fraktur
- Vorerkrankungen:
  - Haben ein präoperativ erhobener ASA-Score oder CCI prädiktive Aussagekraft über die postoperative Mortalität der Patienten?
- Wartezeit auf operative Versorgung:
  - Hat die Wartezeit zwischen Hospitalisation und operativer Versorgung einer PFF Einfluss auf die genannten Endpunkte?
  - Ist die empfohlene Wartezeit auf die operative Versorgung von maximal 48 Stunden der DGU ausschlaggebend für Mortalität und Outcome postoperativ?
- Gesamte Hospitalisationszeit
- Revisionsart: Revisionsprothese versus ORIF
- Schmerztherapie mit Opioidanalgetika

2 Studienkohorte und Methoden

Der Datengewinnung lag das positive Votum der Ethikkommission der Justus-Liebig-Universität Gießen vom 20.12.2017 AZ 184/17 zugrunde.

2.1 Retrospektive Datenerhebung

Für den retrospektiven Teil dieser Arbeit wurden durch die Analyse der digitalen Patientenakten alle Fälle ermittelt, welche vom 01.01.2010 bis 28.08.2018 aufgrund einer PFF im Uniklinikum Gießen und Marburg (UKGM), Standort Gießen, behandelt wurden. Hierbei wurden gemäß der International Classification of Diseases and Related Health Conditions, Version 10, German Modification (ICD-10-GM) die Codes S72 „Fraktur des Femurs“, M96.6 „Knochenfraktur nach Einsetzen eines orthopädischen Implantates, einer Gelenkprothese oder einer Knochenplatte“ und T84 „Komplikationen durch orthopädische Endoprothesen, Implantate oder Transplantate“ berücksichtigt. Denn für die PFF gibt es in der Version 10 keinen eigenen ICD-Code.

Zu den Einschlusskriterien zählte ein Mindestalter von 18 Jahren bei Trauma. Ein Ausschluss aus der Studie erfolgte bei fehlender Zustimmung zur Teilnahme sowie bei intraoperativen oder periprothetischen Frakturen anderer Lokalisation.

Generell waren drei Zeiträume in der Historie der Patienten von Bedeutung: das Trauma, die Initialversorgung und das Follow-up.

Für den Zeitabschnitt Trauma waren folgende Parameter von Bedeutung: die Demografie wurde mit Geburtsdatum, Geschlecht, Körpergröße und Gewicht erhoben, woraus sich der Body-Mass-Index (BMI) errechnete. Die Hospitalisation wurde mit den Faktoren Frakturdatum und Ursache, Aufnahme- und Entlassungstag, Alter bei Fraktur, betroffene Körperseite und Operationsdatum betrachtet. Die Krankenhausverweildauer und die Wartezeit auf operative Versorgung errechneten sich hieraus. Ferner wurden die Patienten aufgrund der Empfehlungen der DGU in die Gruppen „Operation innerhalb von 48 Stunden – ja/nein“ aufgeteilt. Zudem wurde die mittlere Wartezeit auf Operation von 5 Tagen als Trennmarke gesetzt und in „Operation innerhalb von 5 Tagen – ja/nein“ gruppiert.

Die Art des Revisionseingriffes unterteilte sich zunächst in Implantation eines Revisionsschaftes oder Prothesenerhalt. Um dies zu präzisieren, wurde in reine Cerclagenfixation, Plattenosteosynthese oder zementierten vs. zementfreien

Schaftwechsel differenziert. Ferner waren bei der Operation bestehende Komorbiditäten und der bestimmte ASA-Score von Interesse. Anhand der Komorbiditäten errechnete sich der Charlson Comorbidity Index (CCI) [23]. Die benötigten Opioide zur präoperativen Analgesie wurden aus den Einträgen der Betäubungsmittelbücher, den Medikamentenverordnungen und den Pflegeeinträgen der Patientenakten erhoben. Um eine Vergleichbarkeit der verschiedenen Wirkstoffe zu ermöglichen, erfolgte eine Umrechnung in venös applizierte Morphinäquivalenzeinheiten mittels Opioid-Umrechnungstabelle [113].

Der Zeitraum der Primärimplantation der Ursprungsprothese wurde mit den Parametern Implantationsdatum, initiale Versorgungsart, eventuelle zwischenzeitliche Revisionseingriffe und Zeit zwischen Primärimplantation und Fraktur erhoben.

2.1.1 Score der American Society of Anesthesiologists

Der Score der American Society of Anesthesiologists (ASA-Score) ist eine geläufige und leicht anzuwendende Methode, um die Grunderkrankungen von Patienten vor einer Narkose zusammenzufassen [5]. Zudem ermöglicht er – in Zusammenschau mit weiteren operativen Faktoren – eine Abschätzung des perioperativen Risikos und Rückschlüsse auf die postoperative 30-Tage-Letalität [5,158]. Dabei standen die Erstautoren mit der Formulierung einer solchen Klassifizierung vor einer Herausforderung, da sie erkannt hatten, dass das operative Risiko nicht allein vom physischen Status der Patienten, sondern auch von der Art des Eingriffes, der Qualifikation der Operateure und der Nachsorge abhängig ist [120].

Die Punktevergabe setzt sich wie folgt zusammen:

Tabelle 2: Geändert nach „ASA Physical Status Classification System“[5]
Abkürzungen: DM = diabetes mellitus; HTN = hypertension (dt. Hypertonie); COPD = chronic obstructive pulmonary disease (dt. chronisch obstruktive Lungenerkrankung); ESRD = end-stage renal disease (dt. terminale Niereninsuffizienz); MI = myocardial infarction (dt. Myokardinfarkt); CVA = cerebral vascular accident (dt. Zerebrovaskulärer Insult); TIA = transient ischemic attack (dt. transitorische ischämische Attacke); CAD = computer-assisted detection (dt. computerassistierte Detektion); DIC = disseminated intravascular coagulation (dt. disseminierte intravasale Koagulopathie); ARD = acute renal disease (dt. akute Nierenschädigung)

ASA	Definition	Adult Examples, Including, but not Limited to
ASA I	A normal healthy patient	Healthy, non-smoking, no or minimal alcohol use
ASA II	A patient with mild systemic disease	Mild diseases only without substantive functional limitations. Current smoker, social alcohol drinker, pregnancy, obesity (30 < BMI < 40), well-controlled DM/HTN, mild lung disease
ASA III	A patient with severe systemic disease	Substantive functional limitations; one or more moderate to severe diseases. Poorly controlled DM or HTN, COPD, morbid obesity (BMI ≥ 40), active hepatitis, alcohol dependence or abuse, implanted pacemaker, moderate reduction of ejection fraction, ESRD undergoing regularly scheduled dialysis, history (> 3 months) of MI, CVA, TIA or CAD/stents.
ASA IV	A patient with severe systemic disease that is a constant threat to life	Recent (< 3 months) MI, CVA, TIA or CAD/stents, ongoing cardiac ischemia or severe valve dysfunction, severe reduction of ejection fraction, shock, sepsis, DIC, ARD or ESRD not undergoing regularly scheduled dialysis
ASA V	A moribund patient who is not expected to survive without the operation	Ruptured abdominal/thoracic aneurysm, massive trauma, intracranial bleed with mass effect, ischemic bowel in the face of significant cardiac pathology or multiple organ/system dysfunction
ASA VI	A declared brain-dead patient whose organs are being removed for donor purposes	

2.1.2 Charlson Comorbidity Index

Der Charlson Comorbidity Index (CCI) wurde 1987 von Mary E. Charlson entwickelt, um primär die Mortalität bei Patientinnen mit Mamma-Karzinom vorhersagen zu können [23]. Der Index gewichtet chronische Begleiterkrankungen, welche sich negativ auf die Überlebenszeit auswirken, nach Schweregrad.

Zudem führte die Autorin in ihrer Validierung 1994 eine Altersadjustierung ein, in der für jede Lebensdekade ab einem Alter von 50 Jahren ein weiterer Punkt vergeben wird [22]. Tabelle 3 zeigt die relevanten Komorbiditäten mit ihrer Gewichtung. Die erreichte Punktzahl des CCI wird klassischerweise in die folgenden Gruppen zusammengefasst: 0 Punkte, 1–2 Punkte, 3–4 Punkte, > 5 Punkte.

Tabelle 3: Komorbiditäten des Charlson Comorbidity Index inklusive Gewichtung
aus Charlson et al. (1987) A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: Development and validation. Journal of Chronic Diseases 40(5): 373–383[23]
DOI: 10.1016/0021-9681(87)90171-8

Table 3. Weighted index of comorbidity

Assigned weights for diseases	Conditions
1	Myocardial infarct
	Congestive heart failure
	Peripheral vascular disease
	Cerebrovascular disease
	Dementia
	Chronic pulmonary disease
	Connective tissue disease
	Ulcer disease
	Mild liver disease
	Diabetes
2	Hemiplegia
	Moderate or severe renal disease
	Diabetes with end organ damage
	Any tumor
	Leukemia
	Lymphoma
3	Moderate or severe liver disease
6	Metastatic solid tumor
	AIDS

Neben der ursprünglichen Version von Mary Charlson finden sich auch Modifikationen des CCI, zum Beispiel von Quan et al. mit abgewandelter Gewichtung und nur zwölf Komorbiditäten oder von Deyo et al. mit Verschlüsselung des ICD-Codes [32,104]. Diese Modifikationen erhielten in der Literatur zumeist den Beinamen des Zweitautors, sodass hier klar abgegrenzt werden kann, welche Version angewendet wurde.

Durch die einfache Berechnung und die gute Vorhersagekraft findet der CCI nicht nur bei onkologischen Erkrankungen, sondern auch bei verschiedenen anderen Krankheitsbildern wie etwa Covid-19, akutem Koronarsyndrom und Stroke Anwendung [39,105,151].

2.2 Nachverfolgung

Um die Erhebung durch den aktuellen Verbleib der Patienten erweitern zu können, wurden diese über die hinterlegten Telefonnummern in der Patientenakte, die Hausärzte oder die Angehörigen kontaktiert. Gelang dies nicht, wurden die Kontaktdaten im örtlichen Telefonbuch nachgeschlagen. Die Ermittlung des etwaigen Versterbens und des Todestages gelang zusätzlich über die Onlinerecherche der Todesanzeigen örtlicher Tageszeitungen. Waren die Patienten zum Zeitpunkt der Nachverfolgung verstorben, wurde neben dem Todestag die Zeit zwischen operativer Versorgung der PFF und Todestag erhoben.

Die lebenden Patienten wurden zum Follow-up in die Ambulanz des UKGM, Standort Gießen, eingeladen. Um die Hüftfunktion nach Versorgung der PFF zu operationalisieren, beantworteten die Patienten Fragebögen, welche Grundlage für die Erhebung des HHS und des „Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index“ (WOMAC) waren. Zudem komplettierte eine körperliche Untersuchung diese Erhebung. Patienten, denen eine Anreise zur Nachuntersuchung nicht möglich war, wurden mittels Telefoninterview oder postalisch befragt. Ferner erfolgte die Ergänzung eventueller Revisionseingriffe seit Primärimplantation über denselben Weg. Aufgrund der geringen Zahl der durchführbaren körperlichen Untersuchungen (n = 3) wurde der HHS alleinig auf Grundlage der Resultate in den Fragebögen berechnet.

2.2.1 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

Der Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) wurde 1982 konzipiert und diente primär zur Bewertung von Kox- und Gonarthrosen [160]. Er ist aktuell in der Version 3.1 verfügbar. Der Index besteht aus 24 Fragen, die sich auf die Bereiche Schmerz, Steifigkeit und alltägliche körperliche Aktivitäten („Activities of Daily Living“ = ADL) aus Patientensicht konzentrieren, wobei der letzte Bereich mit 17 von 24 Fragen den Schwerpunkt bildet. Es sind verschiedene Ausführungen etabliert, darunter die 11-Box Numerical Rating Scale und die 100 mm Visual Analogue Scale [160]. In der hier präsentierten Studie wurde die erstgenannte Version verwendet. Der

maximale Punktwert beträgt 240, wobei ein niedrigerer Punktwert auf einen schlechteren Zustand in Bezug auf Schmerz, Steifigkeit und funktionelle Einschränkungen hinweist.

Heutzutage ist der WOMAC neben dem HHS eines der am häufigsten genutzten Messinstrumente zur Bewertung des Ergebnisses nach Hüftarthroplastik und wird auch zur Beurteilung der Resultate nach PFF genutzt, da es für diese Frakturart keinen spezifischen Score gibt [75,111]. Darüber hinaus wird der WOMAC bei anderen Krankheitsbildern wie der RA und der Fibromyalgie eingesetzt [38,159]. Bak et al. empfehlen sogar eine Erweiterung der Anwendung auf traumatologische Krankheitsbilder [11].

2.2.2 Harris Hip Score

Der Harris Hip Score (HHS) dient der Beurteilung der Hüftfunktion nach Implantation einer Hüftendoprothese [57]. Er erfasst subjektiv die Aspekte Schmerz, Gehfähigkeit und den Einfluss auf die ADL mittels eines Fragebogens, während Deformitäten und Mobilität durch eine klinische Untersuchung beurteilt werden. Insgesamt können maximal 100 Punkte erreicht werden, wobei mit 91 Punkten die subjektive Einschätzung der Patienten eine hohe Gewichtung im Gesamtresultat erhält. Es besteht zudem die Möglichkeit, den HHS rein anamnestisch zu erheben, wobei die klinische Untersuchung der Aspekte Deformitäten und Mobilität außen vorgelassen und die Gesamtpunktzahl auf 91 reduziert wird [7]. Diese modifizierte Anwendung des HHS wurde in der hier referenzierten Studie verwendet.

Tabelle 4: Ergebnisse des Harris Hip Scores nach Harris [57] und Aprato et al. [7]

Harris Hip Score		
	Interview und Untersuchung	**Modifikation nur Interview**
„exzellentes Ergebnis“	ab 90 Punkte	ab 81 Punkte
„gutes Ergebnis“	ab 80 Punkte	ab 71 Punkte
„durchschnittliches Ergebnis“	ab 70 Punkte	ab 61 Punkte
„schlechtes Ergebnis“	unter 70 Punkte	unter 61 Punkte

2.3 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden in einer Excel-Tabelle (Microsoft Excel für Office 365) zusammengetragen und in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 27 exportiert. Hierauf basiert sowohl die statistische Auswertung als auch die grafische Darstellung.

Zu Beginn wurde die deskriptive Statistik der Parameter bestimmt, in welcher metrische Daten mit Mittelwert (Minimum – Maximum; ± Standardabweichung (SD)) angegeben sind. Wenn nicht anderweitig angeführt, wurde für eine 2-seitige Signifikanz ein *p*-Wert von < 0,05 angenommen. Die Pearson-Korrelation wurde mit einem *r*-Wert von -1 bis 1 angegeben. Für die Zusammenhangsanalyse wurden bei metrischen Parametern die Pearson-Korrelation und die einfache Regressionsanalyse angewandt. Als nichtparametrisches Äquivalent diente die Rangkorrelation nach Spearman. Um zwei Gruppen vergleichen zu können, wurde der t-Test für unabhängige Stichproben unter Berücksichtigung des Levene-Tests verwendet. Unterlagen diese nicht einer Normalverteilung, wurde der Mann-Whitney-U-Test als nichtparametrische Option gewählt. Sofern die Stichprobe hierbei nicht hinreichend groß (n < 30) war, musste die exakte Signifikanz berechnet werden. Um zwei kategoriale Variablen vergleichen zu können, wurden diese durch den Pearson Chi-Quadrat-Test analysiert.

Die Überlebenszeitanalyse ist als Kaplan-Meier-Analyse dargestellt, worin der postoperative Tod von Patienten als Ereignis definiert und gegen die Zeit aufgetragen ist. War das Ereignis aus oben genannten Gründen nicht zu erheben, wurde dies zensiert. Patienten, welche bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes überlebten, gingen ohne senkrechten Kurvenabfall in die Analyse ein.

Die Ergebnisse sind in Balkendiagrammen und Streudiagrammen visualisiert. Zudem verdeutlichen Boxplots neben Median, Minimum und Maximum auch das obere und untere Quartil. Ausreißer sind gesondert dargestellt: Kreise bedeuten leichte Ausreißer (1,5-Faches des Interquartilsabstands), Sterne extreme Ausreißer (3-Faches des Interquartilsabstands) mit ihren zugehörigen Fallnummern.

3 Ergebnisse

3.1 Patientencharakteristika

Im Zeitraum vom 01.01.2010 bis zum 28.08.2018 wurden insgesamt 75 Patientinnen und Patienten mit 76 Fällen wegen einer PFF am UKGM, Standort Gießen, operiert. Diese beinhalteten 50 weibliche und 25 männliche Patienten mit einem Altersdurchschnitt von 79,5 Jahren (45,8 – 97,7; SD ± 8,3). Eine Patientin erlitt innerhalb von 3 Monaten eine Refraktur, sodass nur das Erstereignis in der Auswertung berücksichtigt ist.

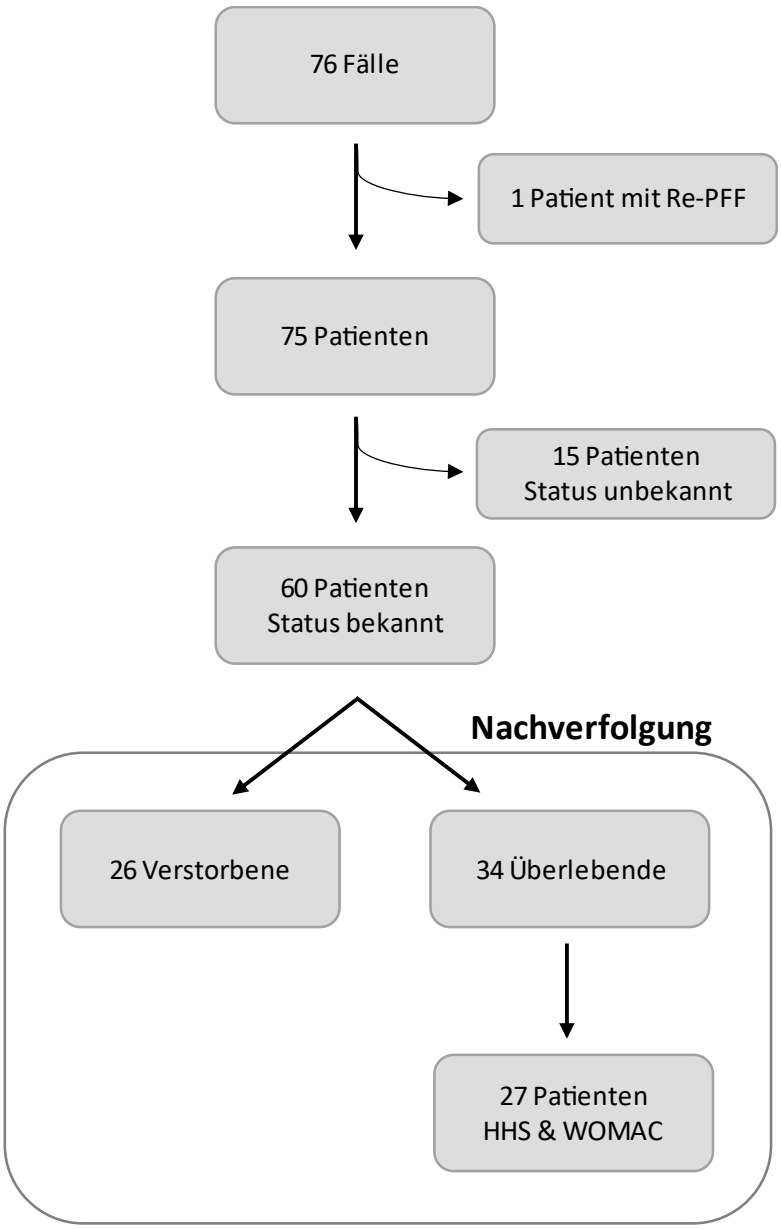

Abbildung 8: Fallauswahl der Patienten mit PFF

Mit je 27 der 75 Fälle waren die B1- und B2-Frakturen nach dem UCS am häufigsten vertreten. Die Verteilung ist der Tabelle 5 zu entnehmen. Das Verhältnis zwischen den betroffenen Körperseiten ist mit 46,7% linke und 53,3% rechte PFF ausgeglichen.

Tabelle 5: Häufigkeiten der PFF im Studienklientel nach United Classification System

United Classification System		
	Häufigkeit	**Prozent**
B1	27	36,0
B2	27	36,0
B3	2	2,7
C	4	5,3
D	8	10,7
E	1	1,3
Prothesenbruch	1	1,3
kein Röntgen vorliegend	5	6,7
Gesamt	75	100,0

Ursache für die Fraktur war in zwei Fällen ein Hochrasanztrauma, während den anderen Frakturen ein Bagatellunfall zugrunde lag.

Im Schnitt vergingen zwischen Einweisung und Operation 5,7 Tage (0 – 23; SD ± 4,4). Die operative Versorgung, definiert als Schnitt-Naht-Zeit, dauerte 144,9 Minuten (52 – 309; SD ± 51,7).

Bei 61,3% der PFF wurde die einliegende Prothese erhalten, während in 38,7% der Fälle ein Revisionsschaft implantiert wurde. In 2 Fällen wurde die Fixation ausschließlich mittels Cerclagen durchgeführt, während bei 40 Frakturen eine Plattenosteosynthese, teilweise ergänzt durch Cerclagen, angewandt wurde. Ein Patient erhielt eine spezielle Nagelversorgung. Unter den 32 Prothesenwechseleingriffen erfolgte in 19 Fällen eine zementierte Implantation, während 13 Prothesen zementfrei implantiert wurden (siehe Tabelle 6).

Der BMI war in allen Abstufungen von Untergeweicht bis Adipositas Grad III vertreten. Mit einem mittleren BMI von 25,8 kg/m² (16,6 – 41,5; SD ± 8,31) war die Kohorte im

Stadium der Präadipositas. Allgemein stellte die arterielle Hypertonie mit 59% die häufigste Komorbidität dar.

Tabelle 6: Operationsverfahren der PFF-Versorgung

Operationsverfahren der PFF-Versorgung		
	Häufigkeit	**Prozent**
Cerclage	2	2,7
Plattenosteosynthese	40	53,3
Schaftwechsel zementfrei	13	17,3
Schaftwechsel zementiert	19	25,3
Spezialnagelung	1	1,3
Gesamt	75	100,0

3.1.1 Initiale Versorgung

In 68% der Fälle stellte die Koxarthrose die initiale Ursache für die Implantation einer Gelenkarthroplastik dar (siehe Tabelle 7), wobei im Schnitt 121,3 Monate (0 – 439; SD ± 97,9) zwischen Primärimplantation und PFF lagen. Prätraumatisch waren 5,3% der Patienten mit einer Hemiendoprothese versorgt. 40% der Primärprothesen waren zementiert, 60% zementfrei implantiert. 18,7% der Patienten hatten bereits eine Revisionsoperation erhalten, während 4,0% eine Revisionsendoprothese erhalten hatten.

Tabelle 7: Ursache für die Implantation der Primärprothese

Ursache der Primärprothesenimplantation		
	Häufigkeit	**Prozent**
Trauma	11	14,7
Arthrose	51	68,0
Nekrose	2	2,7
Rheuma	1	1,3
nicht bekannt	10	13,3
Gesamt	75	100,0

3.1.2 Nachverfolgung

Zum Zeitpunkt der Nachverfolgung waren 34 Patienten am Leben, 26 waren verstorben. Bei 15 Patienten war keine Statuserhebung möglich, was auf falsche Kontaktdaten oder fehlende Einwilligung für die Teilnahme an der Studie zurückzuführen ist. Drei der Patienten verstarben bereits während der Hospitalisationszeit.

Die durchschnittlich verstrichene Zeit zwischen der Versorgung der PFF und dem Zeitpunkt des Follow-ups respektive dem Todeszeitpunkt ist der Abbildung 9 zu entnehmen.

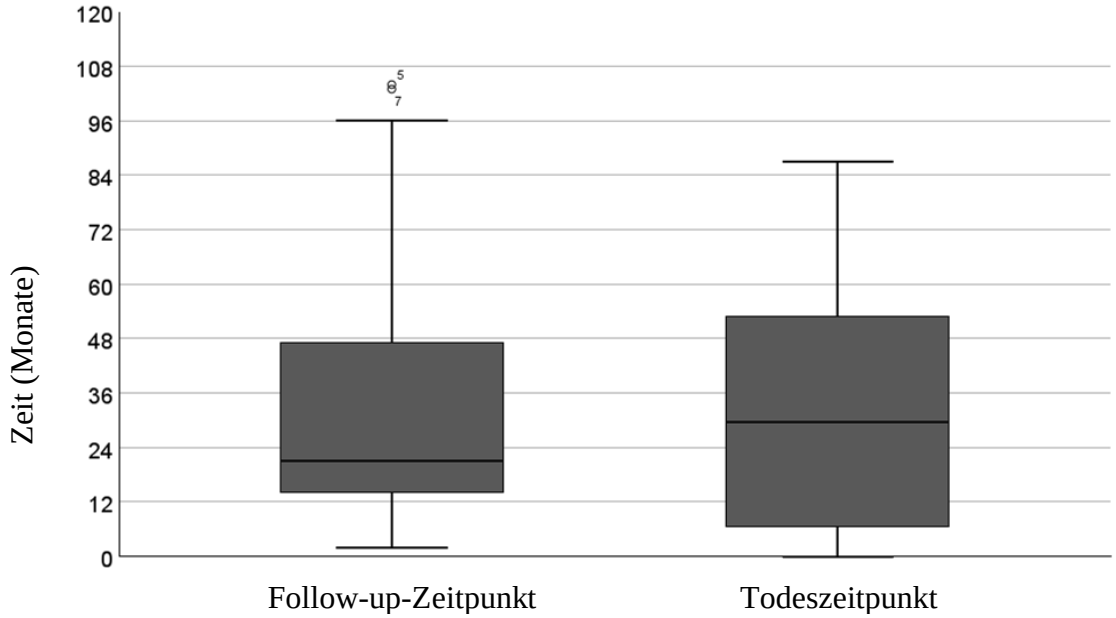

Abbildung 9: Zeit zwischen operativer Versorgung und Follow-up oder Todeszeitpunkt

85,96% der nachverfolgten Patienten überlebten das erste Jahr nach operativer Versorgung der PFF. Die Überlebensrate für den gesamten Beobachtungszeitraum lag bei 57,89%. In der Gruppe der verstorbenen Patienten lagen im Schnitt 31 Monate (0 – 87; SD ± 27,1) zwischen Operation der PFF und Todestag.

Die lebenden Patienten wurden nach 37,2 Monaten (2 – 104; SD ± 32,3) für das Follow-up kontaktiert. Bei insgesamt 27 Patienten konnte die Hüftfunktion evaluiert und der HHS und der WOMAC erhoben werden. Im Mittel erreichten die Patienten im HHS eine Punktzahl von 55,78 (0 – 91; SD ± 19,17), was in die Kategorie eines „schlechten Ergebnisses“ fällt (vgl. Tabelle 4). Im WOMAC wurde ein durchschnittliches Ergebnis von -95,44 Punkten erreicht (-237 bis -23; SD ± 43,72).

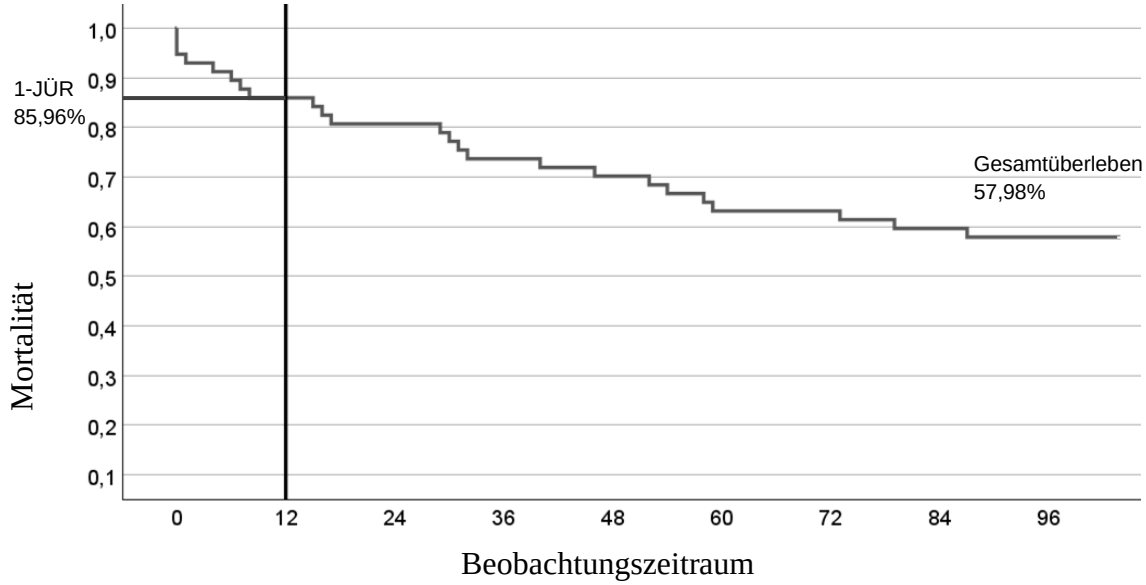

Abbildung 10: Überlebensrate über den gesamten Beobachtungszeitraum
1 Jahres-Überlebensrate = 1-JÜR

3.2 Mortalität und Outcome

Um die Fragestellung der vorliegenden Arbeit zu erörtern, wurden folgende Faktoren in Zusammenhang mit den beiden Endpunkten postoperative Mortalität und Outcome gesetzt und die Daten zur Beantwortung der genannten Detailfragen analysiert:

- Alter bei Fraktur
- Vorerkrankungen: ASA-Score und CCI
- Wartezeit auf operative Versorgung: „Operation innerhalb 48 Stunden – ja/nein“ oder „Operation innerhalb von 5 Tagen – ja/nein“
- Gesamte Hospitalisationszeit
- Revisionsart: Revisionsprothese versus ORIF
- Schmerztherapie mit Opioidanalgetika

3.2.1 Alter bei Fraktur

Die Kohorte präsentierte sich in einem Altersdurchschnitt von 79,5 Jahren (45,8 – 97,7; SD ± 8,3), welche ausgewogen nach Sterblichkeit verteilt war. Die Untersuchungen ergaben keinen signifikanten Zusammenhang (p = 0,526) zwischen dem Alter bei Fraktur und der Mortalitätsrate zum Zeitpunkt der Nachverfolgung (siehe Abbildung 11).

Auch die Ergebnisse von WOMAC und HHS waren vom Alter bei Fraktur unbeeinflusst: mit einem p = 0,698 für den WOMAC und p = 0,718 für den HHS war kein signifikanter Zusammenhang darstellbar.

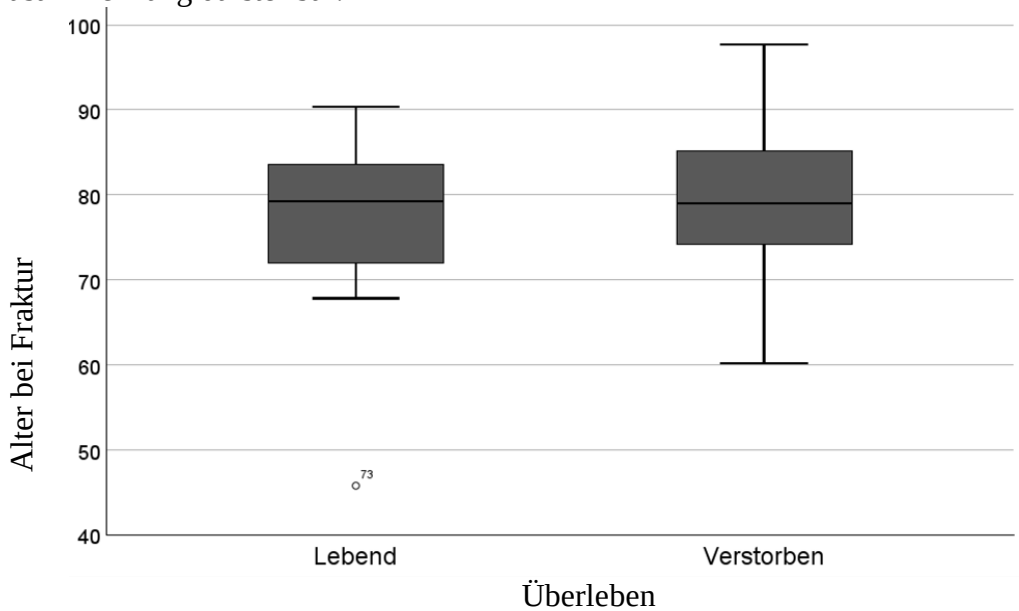

Abbildung 11: Mortalität nach Alter bei Fraktur, unterteilt in die Gruppen lebende und verstorbene Patienten

3.2.2 Vorerkrankungen

In der Betrachtung der allgemeinen Gesundheit und explizit des ASA-Scores lagen zum Zeitpunkt der Hospitalisation mit 56,8% bei den meisten Patienten schwere systemische Grunderkrankungen vor (ASA 3). Die weiteren Schweregrade waren wie folgt verteilt: ASA 1 mit 1,4%, ASA 2 mit 39,2% und ASA 4 mit 2,7%. Ein ASA-Score > 4 war nicht vertreten.

Im gruppierten CCI erreichten die meisten Patienten den Bereich von ≥ 5 Punkten. Mit 17,3% in der Einzelwertung war ein CCI von 4 Punkten am stärksten vertreten, wobei die höchste Punktzahl bei 16 lag. Die Verteilung ist den Abbildungen 12 und 13 zu entnehmen.

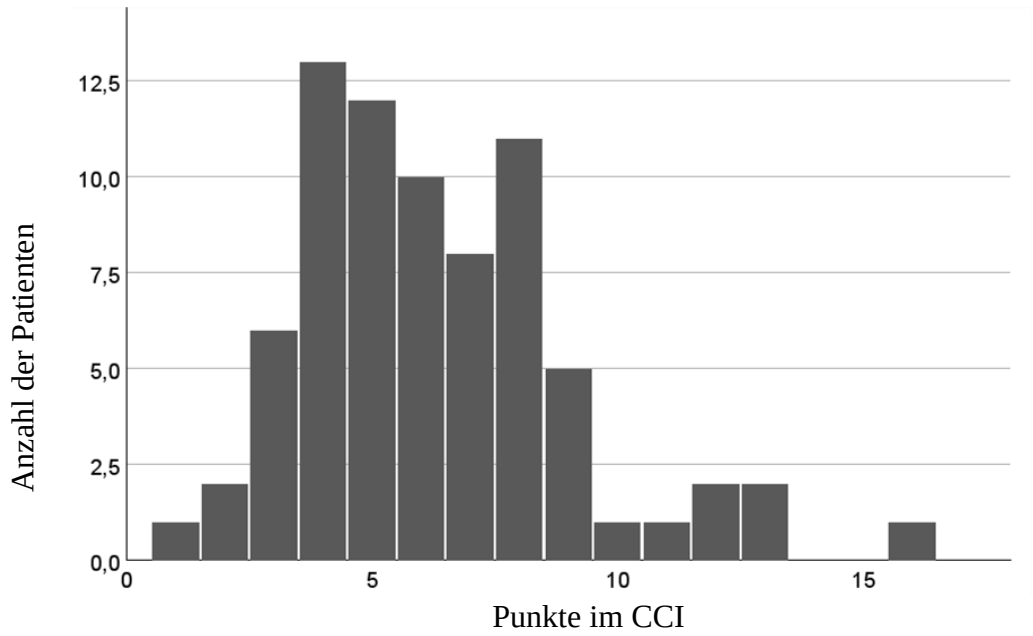

Abbildung 12: Verteilung des Charlson Comorbidity Index (Einzelwertung)

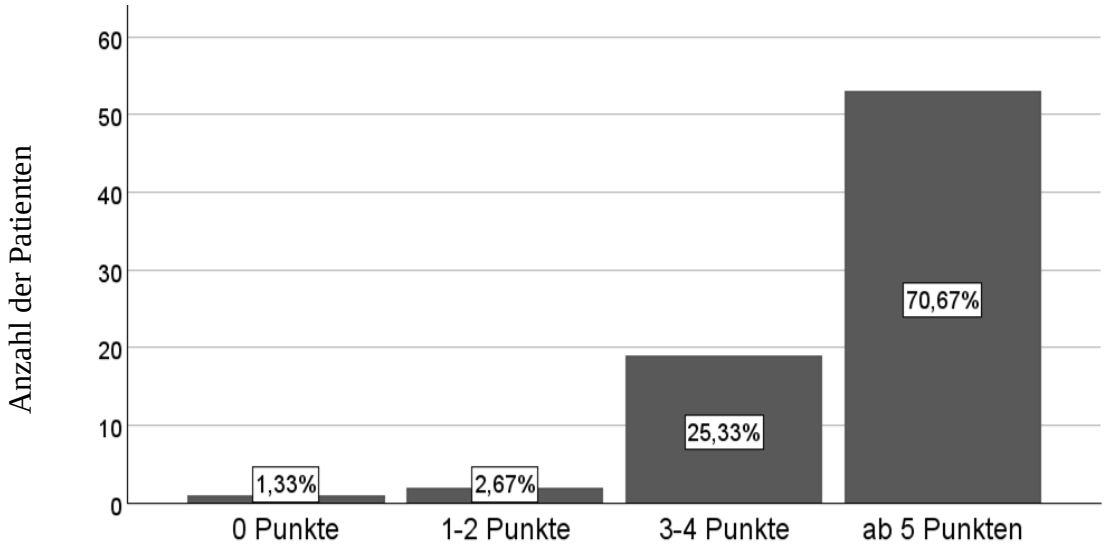

Abbildung 13: Verteilung des Charlson Comorbidity Index (gruppierte Darstellung)

In der betrachteten Kohorte konnte eine Korrelation zwischen dem präoperativ erhobenen CCI und der Zeit zwischen operativer Versorgung und Tod festgestellt werden (vgl. Abbildung 14 und 15). Jedoch ist diese nur als Trend, nicht als signifikanter Faktor darstellbar (CCI $p = 0{,}071$). Hingegen konnte kein statistischer Zusammenhang mit dem ASA-Score berechnet werden (ASA $p = 0{,}198$). Auch ein Vergleich der beiden Gruppen ASA 1–2 mit ASA 3–4 lieferte keinen signifikanten Unterschied in der Überlebensrate (siehe Abbildung 16).

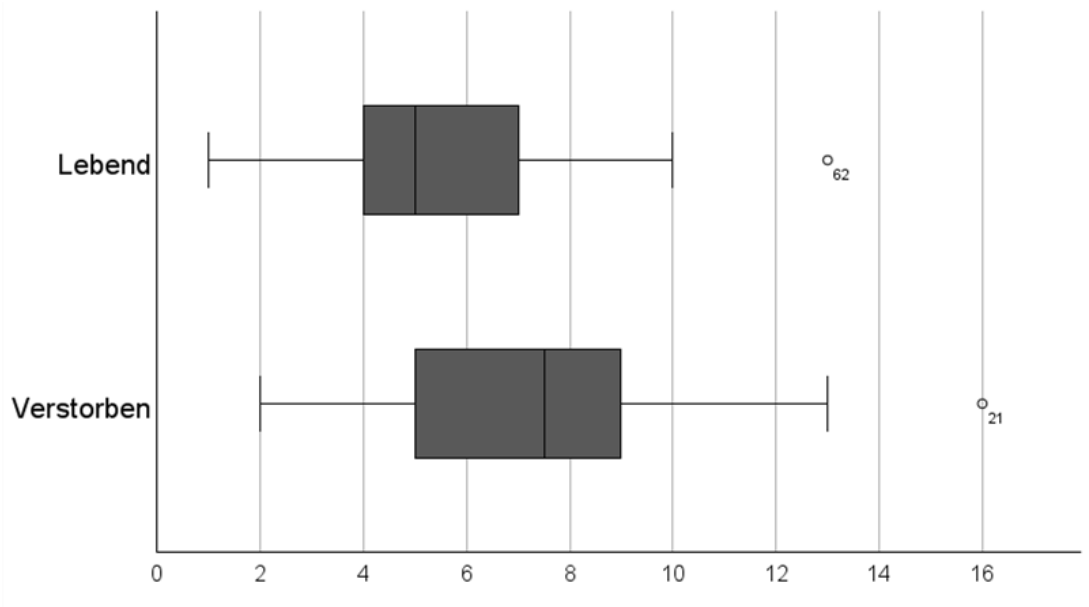

Abbildung 14: Vergleich des Charlson Comorbidity Index zwischen lebenden und verstorbenen Patienten

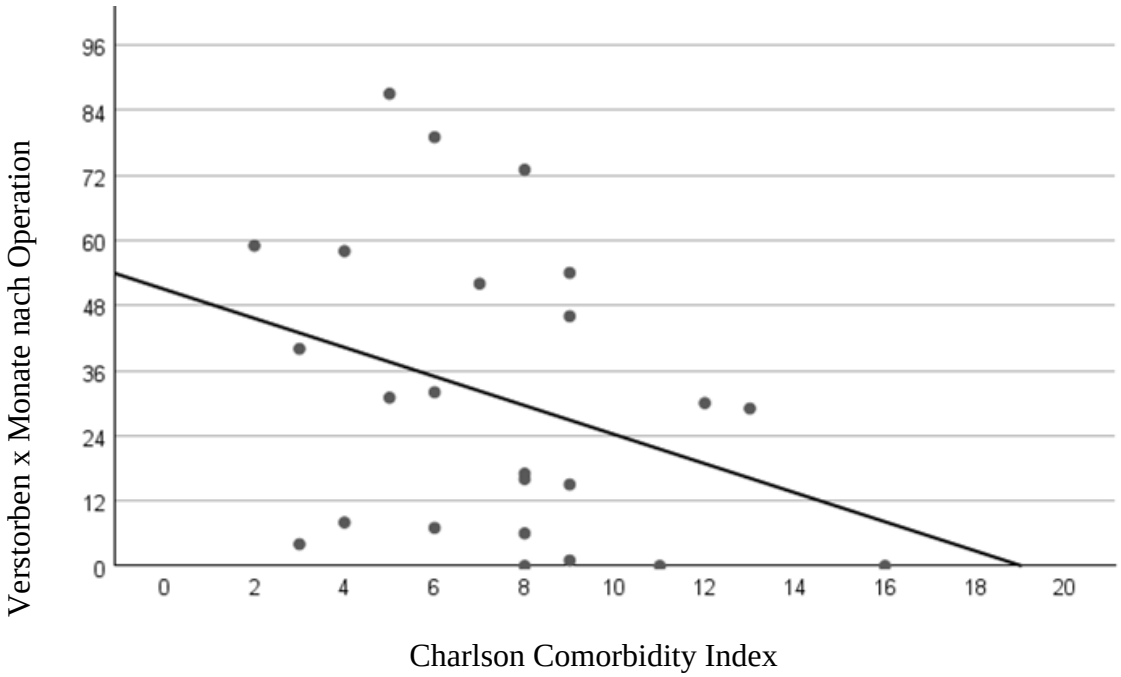

Abbildung 15: Charlson Comorbidity Index nach Versterben x Monate postoperativ

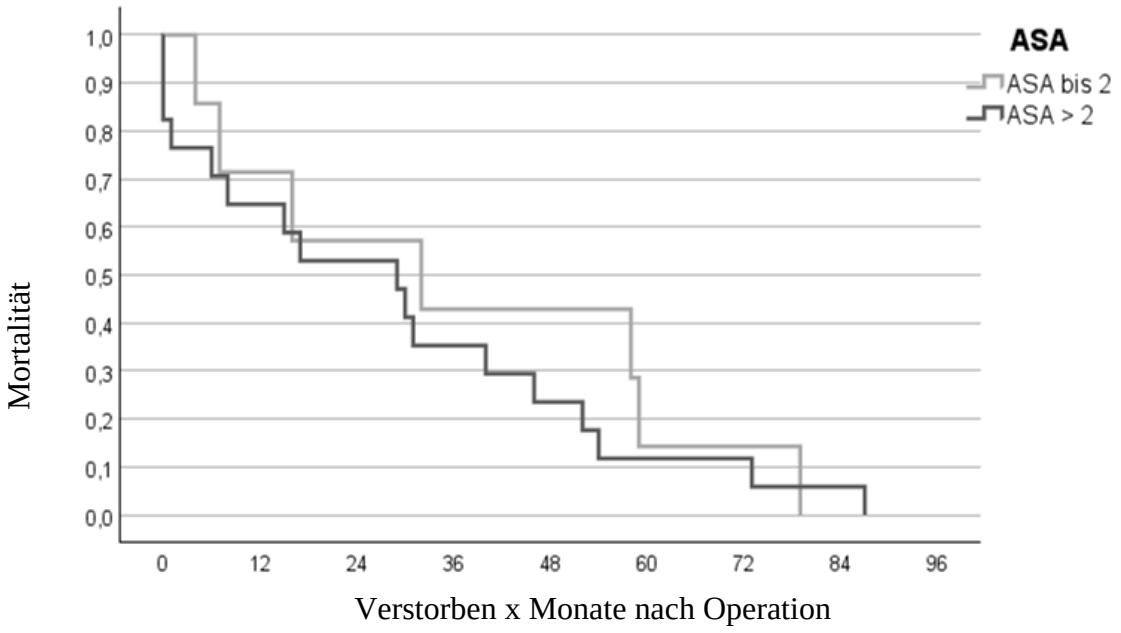

Abbildung 16: Kaplan-Maier-Kurve der Gruppen ASA-Score 1–2 und ASA-Score >2

Vergleicht man die gesundheitliche Konstitution der Patienten zum Zeitpunkt des Unfalls mit ihrer späteren Beurteilung der Hüftfunktion, fällt auf, dass der ASA-Score keinen signifikanten Einfluss auf WOMAC und HHS zeigt (WOMAC r = -0,362; p = 0,064; HHS r = -0,248; p = 0,213). Allerdings besteht ein signifikanter statistischer Zusammenhang zwischen dem CCI und den beiden angewandten Scores. Mit einem höheren CCI-Wert wurde eine signifikant schlechtere Punktzahl bei Follow-up sowohl

im WOMAC als auch im HHS erreicht (WOMAC p = 0,010; HHS p = 0,035). Die Vorerkrankungen der Patienten scheinen zudem keinen Einfluss auf die Länge des gesamten stationären Aufenthaltes zu haben (ASA r = 0,060; CCI r = 0,058).

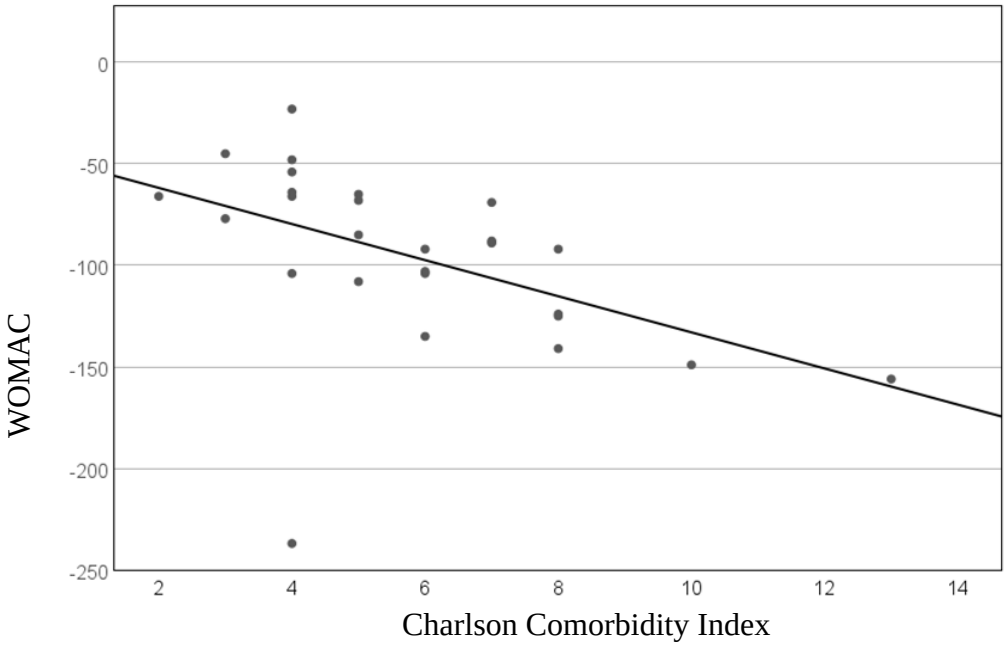

Abbildung 17: Einfluss des präoperativen Charlson Comorbidity Index auf den Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index zum Follow-up-Zeitpunkt

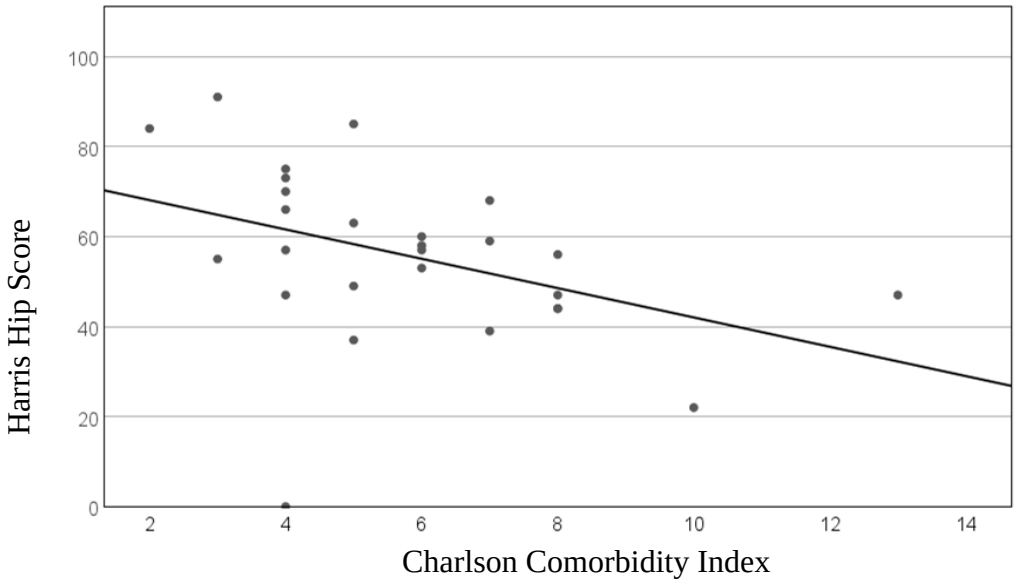

Abbildung 18: Einfluss des präoperativen Charlson Comorbidity Index auf den Harris Hip Score zum Follow-up-Zeitpunkt

3.2.3 Wartezeit auf operative Versorgung

Im Schnitt lagen zwischen Hospitalisierung der Patienten und operativer Versorgung der PFF 5,7 Tage (0 – 23; SD ± 4,4). Im Vergleich bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen Wartezeit auf operative Versorgung und Mortalität der Kohorte (r = 0,206; p = 0,334).

Die empfohlene Versorgung einer PFF innerhalb von 48 Stunden der DGU erfolgte in 28% der Fälle innerhalb der Frist, während ein Großteil länger auf die operative Versorgung wartete. Die weiteren Wartezeiten sind der Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 1: Wartezeit auf operative Versorgung der PFF in Tagen

Wartezeit auf Operation der PFF	
	Anteil in Prozent
≤ 2 Tage	28%
3-4 Tage	16%
5-6 Tage	22%
> 6 Tage	34%

Um die Frage zu evaluieren, ob die empfohlene Wartezeit auf die operative Versorgung von maximal 48 Stunden ausschlaggebend für die postoperative Mortalität ist, wurde die Mortalität der Gruppen „Operation innerhalb von 48 Stunden – ja/nein“ verglichen. Jedoch konnte nach der vorliegenden Datenlage kein Unterschied festgestellt werden (p = 0,499) (siehe Abbildung 19). Zudem ergab die Analyse, dass auch eine Versorgung innerhalb der mittleren Wartezeit von 5 Tagen keinen Vorteil in der postoperativen Mortalität bietet (p = 0,379) (vgl. Abbildung 20).

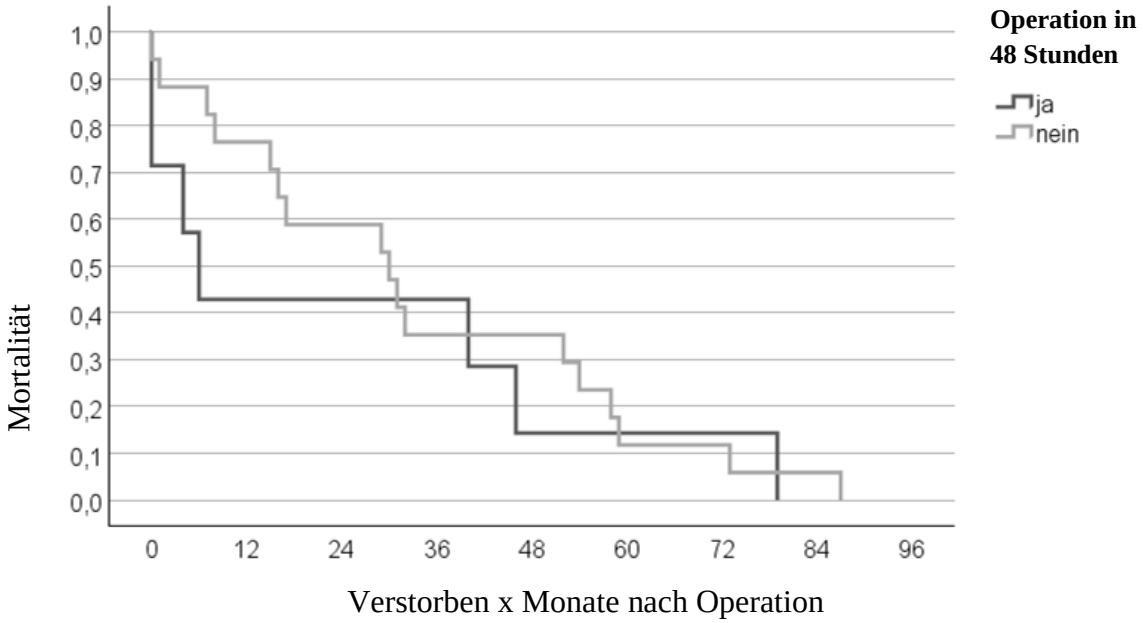

Abbildung 19: Mortalität der Patienten, wenn die Operation innerhalb von 48 Stunden erfolgte

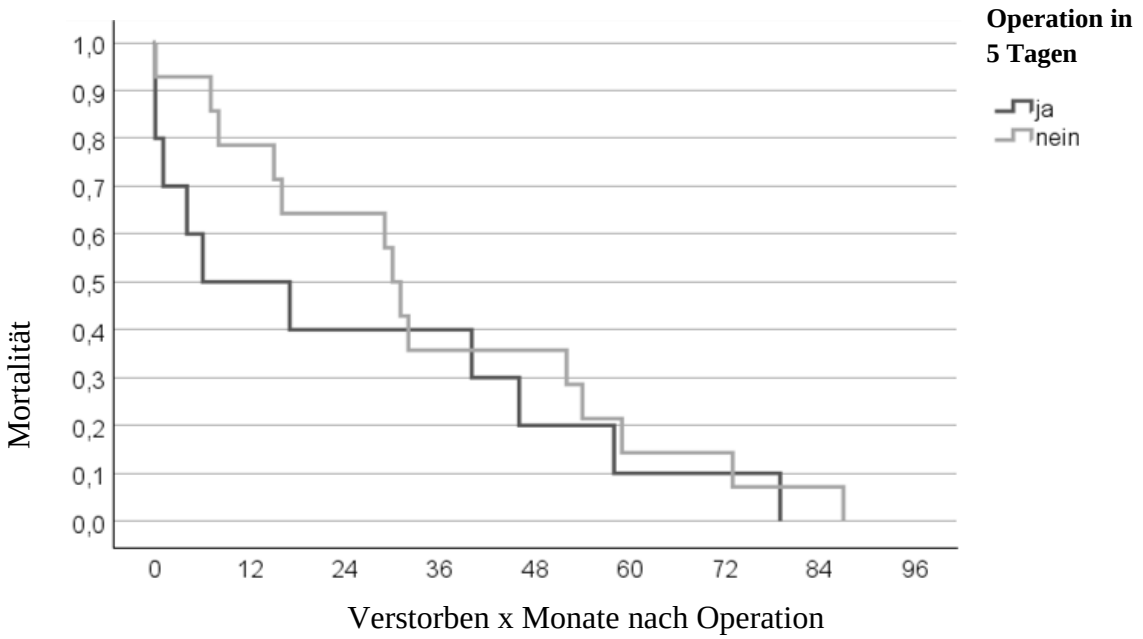

Abbildung 20: Mortalität der Patienten, wenn die Operation innerhalb von 5 Tagen erfolgte

Auf den Endpunkt postoperatives Outcome bezogen, konnte Ähnliches festgestellt werden. So wurde kein kontinuierlicher Zusammenhang zwischen der präoperativen Wartezeit und dem Outcome in den beiden Scores zur Evaluation der Hüftfunktion gesehen (HHS p = 0,591; WOMAC p = 0,566). Die empfohlene 48-Stunden-Frist zur operativen Versorgung zeigte ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf das postoperative Outcome, gemessen mit WOMAC (p = 0,615) und HHS (p = 0,523). Auch

eine Operation innerhalb von 5 Tagen hatte keinen signifikanten Einfluss auf die erhobenen postoperativen Scores (WOMAC p = 0,636; HHS p = 0,529).

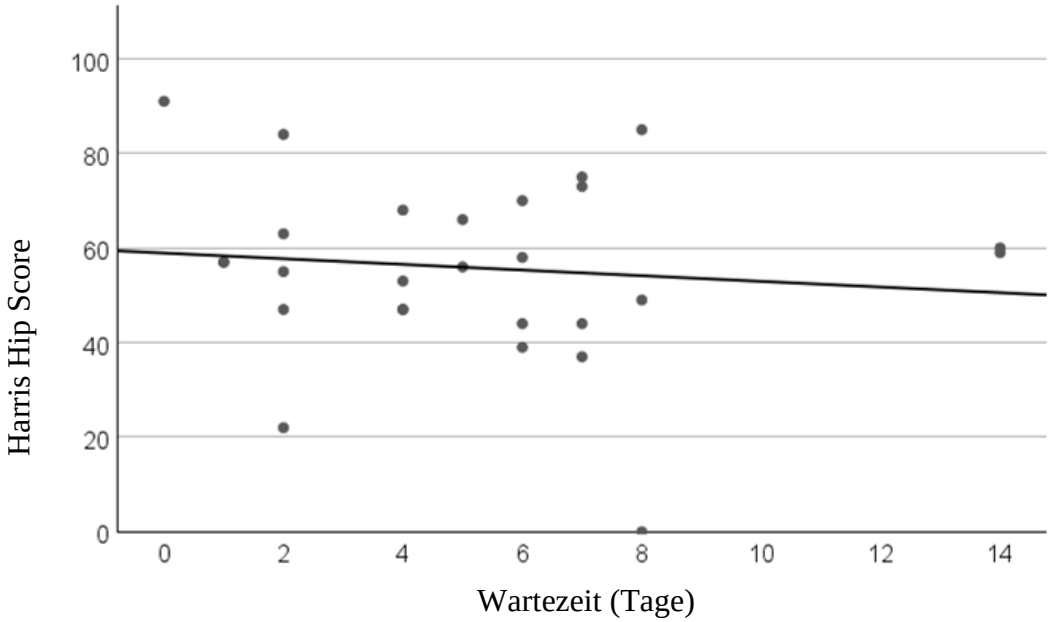

Abbildung 21: Harris Hip Score bei Follow-up nach präoperativer Wartezeit

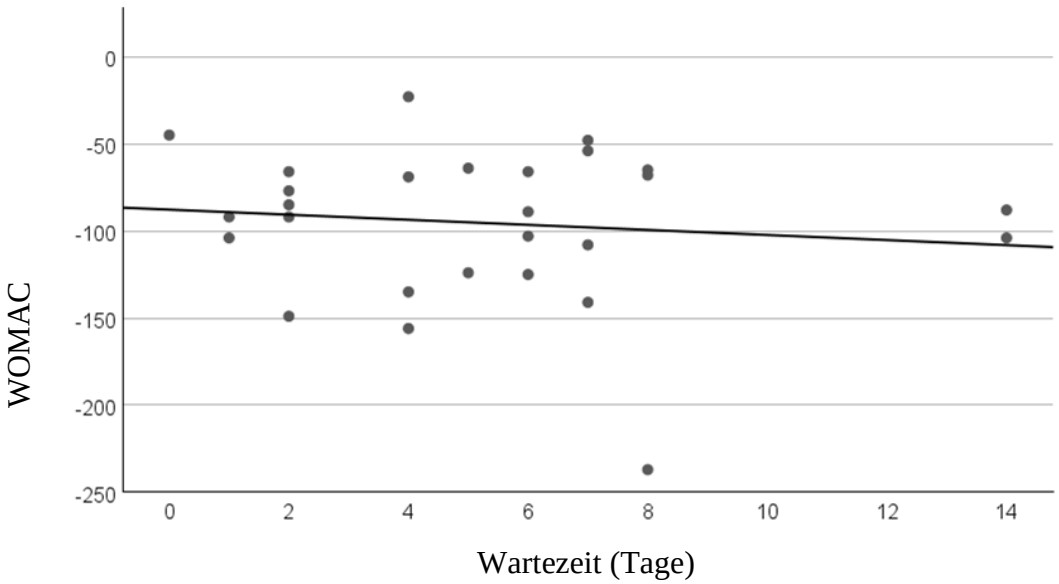

Abbildung 22: Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index bei Follow-up nach präoperativer Wartezeit

3.2.4 Gesamte Hospitalisationszeit

Die durchschnittliche Zeit zwischen Einlieferung und Entlassung der Patienten lag bei durchschnittlich 20,2 Tagen (2 – 56; SD ± 9,7). Für den Endpunkt Mortalität konnte keine signifikante Korrelation mit der gesamten Hospitalisationszeit festgestellt werden (r = 0,206; p = 0,333).

Hingegen war ein längerer stationärer Aufenthalt mit einem signifikant geringeren Abschneiden sowohl im HHS als auch im WOMAC verbunden (HHS p = 0,024; WOMAC p = 0,0046). Dies ist in den Abbildungen 23 und 24 visualisiert.

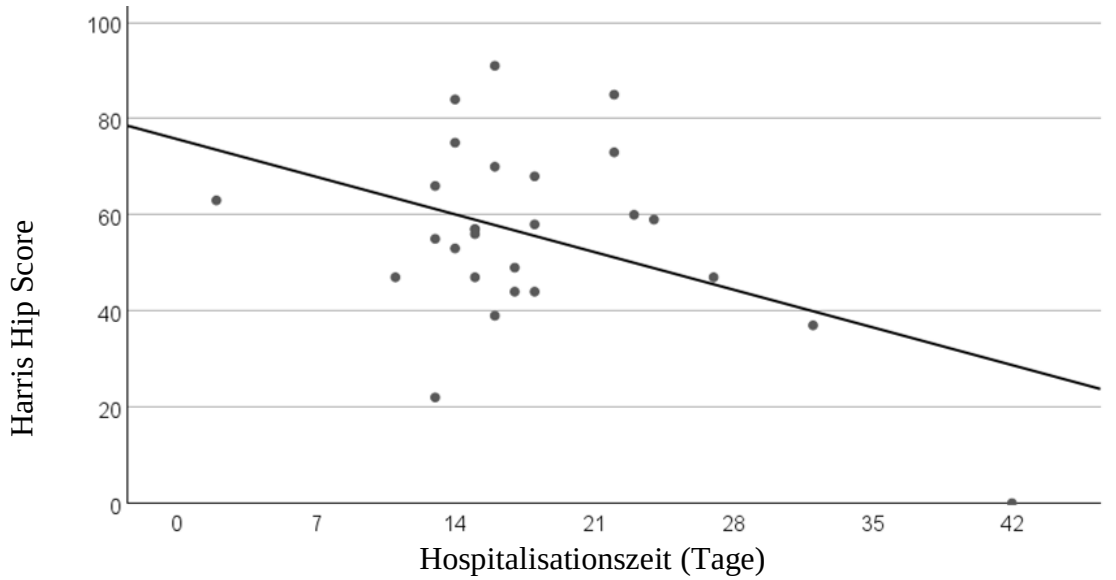

Abbildung 23: Harris Hip Score bei Follow-up nach Dauer des stationären Aufenthaltes

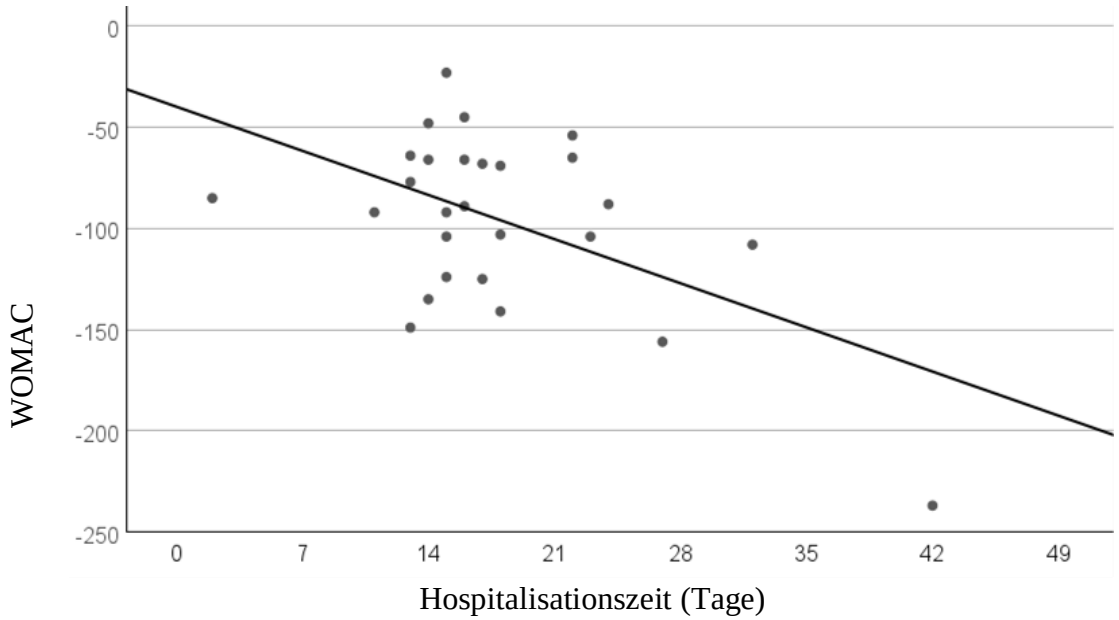

Abbildung 24: Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index bei Follow-up nach Dauer des stationären Aufenthaltes

3.2.5 Revisionsart

Bei Betrachtung der beiden Therapieansätze Prothesenrevision oder Erhalt der Prothese mit Versorgung durch ORIF wurden die nachfolgenden Ergebnisse ermittelt. Innerhalb der Gruppe der Verstorbenen blieben 69,2% der einliegenden Prothesen erhalten, während es in der Gruppe der Lebenden 50% waren. Ein Vergleich der beiden Therapieansätze zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Zeit zwischen Operation und Todestag (exakter Mann-Whitney-U-Test: U = 56,000; p = 0,853), welcher durch Abbildungen 25 und 26 verdeutlicht wird.

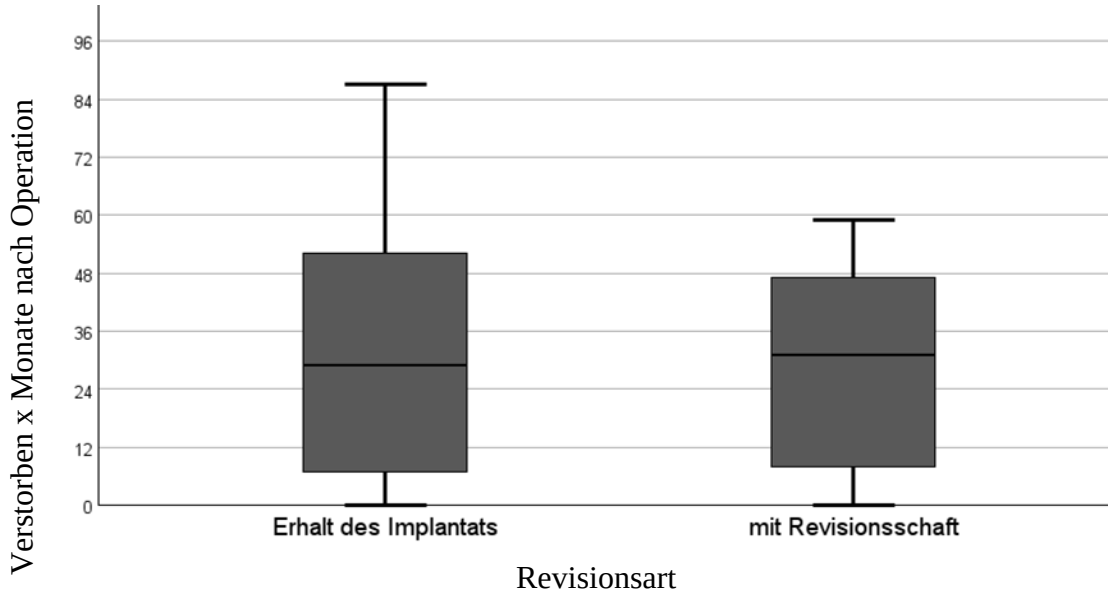

Abbildung 25: Einfluss der Revisionsart auf die Mortalität

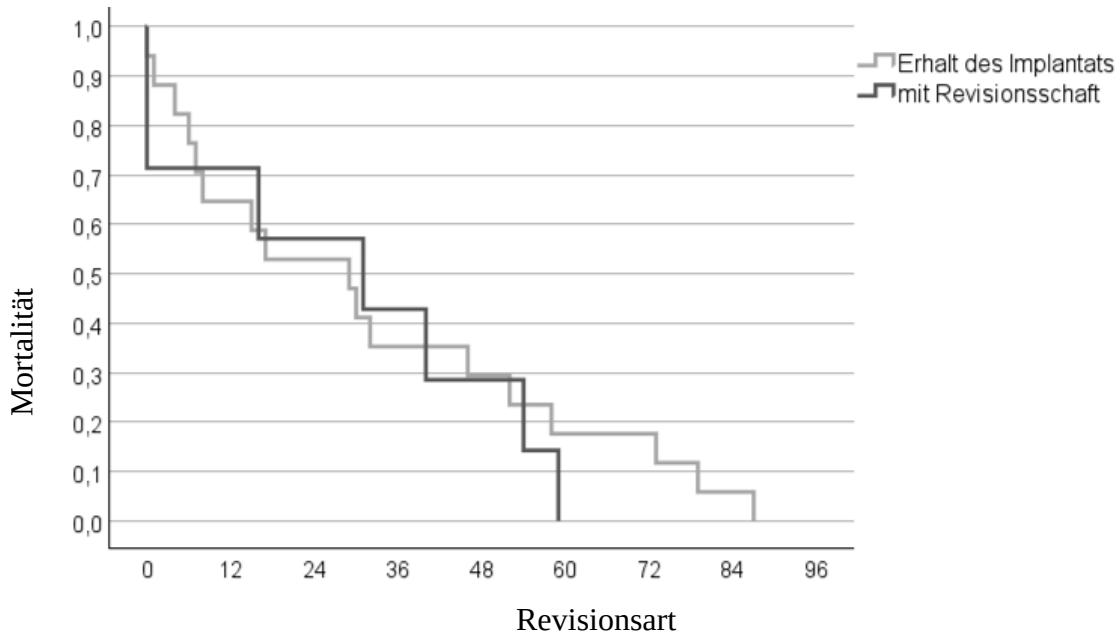

Abbildung 26: Zeit zwischen Operation und Tod nach Revisionsart

3.2.6 Schmerztherapie mit Opioidanalgetika

Die opioidanalgetische Therapie, welche die Patienten im Zeitraum zwischen Krankenhauseintritt und operativer Versorgung erhalten haben, wurde in Morphinäquivalenten berechnet und einerseits als Gesamtdosis, andererseits als durchschnittliche Tagesdosis erhoben. Es zeigte sich, dass beide Werte keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die postoperative Mortalität haben (Gesamtdosis p = 0,062; durchschnittliche Tagesdosis p = 0,061).

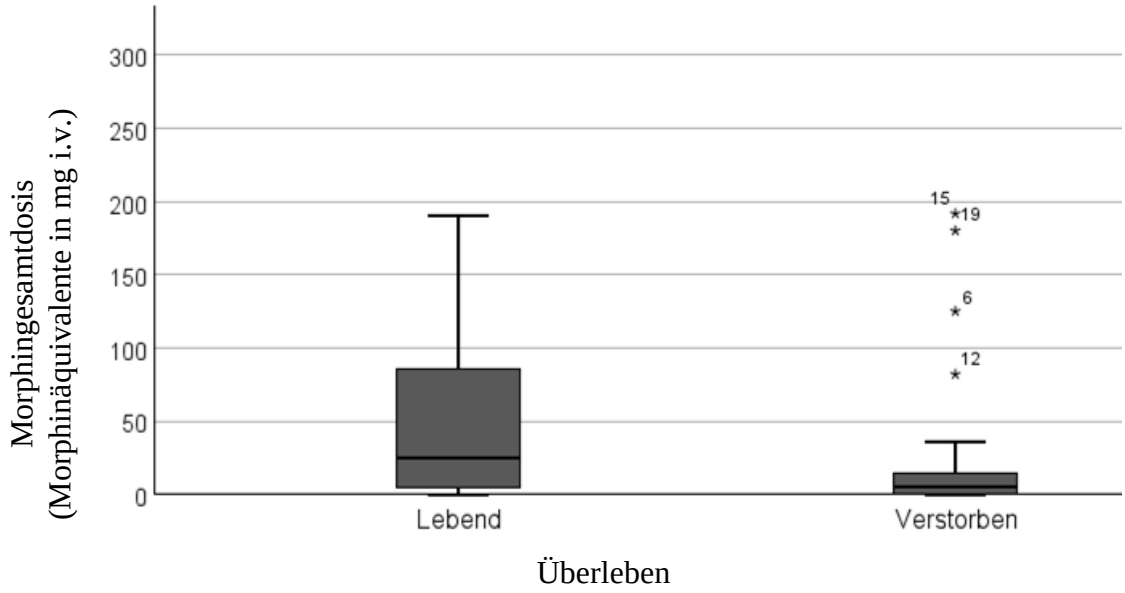

Abbildung 27: Überleben nach Gesamtdosis der Morphinäquivalente

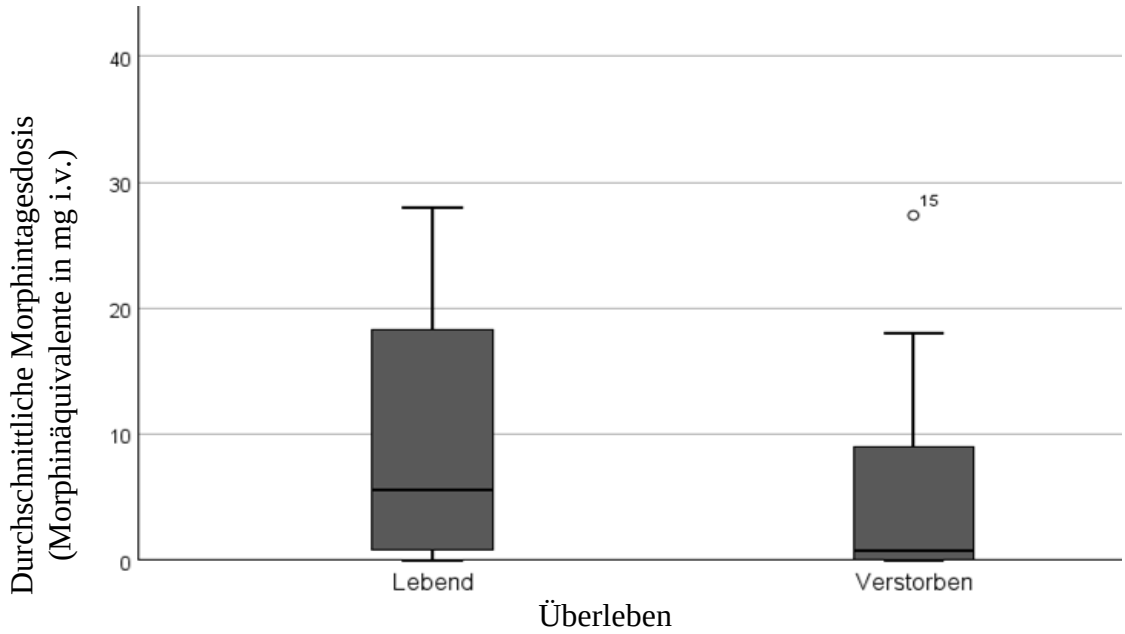

Abbildung 28: Überleben nach durchschnittlicher Tagesdosis der Morphinäquivalente

4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sind die Mortalität und das postoperative Outcome nach PFF unabhängig vom Alter der Patienten bei Fraktur und der Wartezeit auf die operative Versorgung. Ob Patienten innerhalb von 48 Stunden beziehungsweise 5 Tagen operiert wurden oder nicht, hat ebenfalls keinen Zusammenhang mit den beiden Endpunkten.

Hinsichtlich der Komorbiditäten bei Unfall liegt kein Einfluss zwischen dem ASA-Score und den beiden Studienendpunkten vor. Jedoch haben Patienten, welche eine hohe Punktzahl im CCI bei Unfall erreichten, ein schlechtes Ergebnis in der Hüftfunktion bei Follow-up, gemessen mit WOMAC und HHS. Die präsentierte Untersuchung ist die erste, welche zeigt, dass eine eingeschränkte postoperative Hüftfunktion, gemessen mit WOMAC und HHS, mit einem höheren CCI assoziiert ist. Es kann ein Trend zwischen dem erhobenen CCI und dem postoperativen Überleben beobachtet werden, jedoch ist dieses Ergebnis nicht signifikant.

Des Weiteren ist eine längere Hospitalisationszeit mit einem signifikant schlechteren Abschneiden in den Follow-up-Scores verbunden. Einen Einfluss der Hospitalisationszeit auf die postoperative Mortalität ist in der untersuchten Kohorte nicht erkennbar. Ferner blieb die Mortalität unbeeinflusst von der präoperativen Opioidtherapie, was hier zum ersten Mal beschrieben wird.

4.1 Patientencharakteristika

Der Anteil der weiblichen Patienten liegt bei ⅔ des gesamten Studienklientels. Dies steht im Einklang mit Singh et al., welche ein 48% höheres Risiko für Frauen berichten, eine PFF zu erleiden [129]. Im Kontrast hierzu stellen Abdel et al. kein geschlechterspezifisches Risiko in ihrer Arbeit für eine postoperative PFF fest [2]. Boylan et al. berichten sogar über ein erhöhtes Risiko für Männer, eine PFF zu erleiden [20]. Bei ihrer deutlich größeren Kohorte (1655 Patienten) als in der vorliegenden Arbeit wäre eine größere Aussagekraft anzunehmen. Jedoch identifizierte eine Metaanalyse aus dem Jahr 2021 insgesamt 13 Studien, welche sich mit dem Geschlecht als Risikofaktor für eine PFF befassten [18]. Von diesen sahen 11 Studien ein erhöhtes Risiko für Frauen, eine PFF zu erleiden. Dies unterstützt den deutlich größeren weiblichen Anteil an der vorliegenden Kohorte. Gleichzeitig wird zu bedenken gegeben, dass die Ergebnisse beispielsweise durch die Osteoporose als Komorbidität verfälscht sein könnten.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass der überwiegende Teil der aktuellen Literatur die Geschlechterverteilung der präsentierten Kohorte bekräftigt und das weibliche Geschlecht als Risikofaktor sieht. Jedoch bleibt die Kausalität dieses Zusammenhanges ungeklärt. So wäre in weiteren Studien zu eruieren, wie dies zu begründen ist und ob Mediatorvariablen wie die Osteoporose, das Aktivitätslevel der Patienten und die periprothetische Osteopenie (auch „Stress-Shielding“ genannt) Auswirkungen auf diesen Zusammenhang haben [29,33].

Die Gesamtmortalität ein Jahr nach operativer Versorgung der PFF liegt in der Studienanalyse bei 13,33%. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Drew et al., welche in ihrer retrospektiven Betrachtung eine Einjahresmortalität von 13% feststellten [34]. Aber auch andere Autoren wie etwa Lindahl, Deng, Carli und Bhattacharyya berichten von einer ähnlichen Mortalität zwischen 10 und 13,1% im ersten Jahr postoperativ, was die dargelegten Ergebnisse unterstützt [15,21,29,80]. Dies zeigt, dass die betrachtete Kohorte ähnliche Lebenserwartungen wie die anderer Studien hat und eine gute Ausgangslage für weitere Vergleiche darstellt. Diese werden in den folgenden Kapiteln näher betrachtet.

4.1.1 Alter bei Fraktur

Im Studienklientel beträgt das Durchschnittsalter bei Fraktur 79,5 Jahre, was dem medianen Alter von 80 Jahren des Deutschen Endoprothesenregisters entspricht [37]. In Relation zu Schweden und Australien, wo ein Endoprothesenregister länger etabliert ist, weisen die Patienten der untersuchten Kohorte ein höheres Durchschnittsalter auf als der jeweilige Landesdurchschnitt von 77,6 respektive 75,9 Jahren bei Ereignis der PFF [9,67].

Nach Boylan et al. wäre ein höheres Alter mit einer höheren Sterberate verbunden und auch Drew et al. beschreiben eine erhöhte Mortalität bei älteren Patienten [20,34]. Allerdings ist dieser Zusammenhang zwischen Alter und Mortalitätsrisiko im hier betrachteten Klientel nicht zu beobachten. Dies widerspricht auch Märdian et al., welche feststellten, dass das mittlere Überleben ihrer Patienten nach PFF dem einer 10 Jahre älteren Normalbevölkerung entspricht [88].

Der Divergenz der Resultate können mehrere Ursachen zugrunde liegen. Zum einen sind die Studien der genannten Autoren an einer größeren Kohorte durchgeführt worden. Gleichzeitig nutzten sie eine kategoriale Einteilung ihrer Patienten anhand

unterschiedlicher Altersgrenzen, um sie mit der postoperativen Mortalität in Relation zu setzen (siehe Tabelle 9). Hingegen ist in der hier dargestellten Analyse eine lineare Berechnung angewandt worden. Ein direkter Vergleich ist somit nur eingeschränkt möglich. Weiterhin ist die hier dargelegte Auswertung die erste, welche einen linearen Vergleich zwischen Alter und Mortalität betrachtet.

Zum anderen wären weitere Störfaktoren denkbar, welche nicht allein durch ein numerisches Alter erfasst werden können. Vielmehr nehmen mit zunehmendem Alter auch die Begleiterkrankungen der Patienten kontinuierlich zu und die allgemeine Grundkonstitution wird durch Osteo- und Sarkopenie sowie Polypharmazie beeinträchtigt [100]. Diese Faktoren können ebenso Einfluss auf das Überleben der Patienten haben, sodass eine klare Trennung zwischen den Einflussgrößen in weiteren Studien zu betrachten wäre. Durch die gemeinsame Erfassung der sich gegenseitig beeinflussenden Komponenten Alter und Komorbiditäten, etwa im Rahmen des altersadjustierten CCI, wäre diese Störkomponente zudem berücksichtigt und ließe eine präzisere Aussage über die Mortalität zu als durch die Erfassung des rein numerischen Alters.

Tabelle 9: genutzte Altersgrenzen beim kategorialen Vergleich von Alter und Mortalität

Autoren	Altersgrenze
Boylan et al. [20]	>80 Jahre
Drew et al. [34]	>78 Jahre
Young et al. [163]	>75 Jahre

Weiter zeigt das Alter bei Fraktur der Kohorte keine Auswirkungen auf die postoperative Hüftfunktion bei Follow-up, gemessen an WOMAC und HHS. Dieses Resultat wird von Islam et al. untermauert, welche in ihrer retrospektiven Studie mit vergleichbarem Durchschnittsalter von 80,6 Jahren ebenfalls keine signifikante Assoziation zwischen dem Faktor Alter und den postoperativen Ergebnissen in WOMAC und HHS feststellten [61]. So lässt sich annehmen, dass das Patientenalter gleichfalls kein aussagekräftiger Prädiktor für die Hüftfunktion nach operativ versorgter PFF darstellt.

4.1.2 Vorerkrankungen

Mit einem durchschnittlichen ASA-Score von 3 (56,8%) und einem CCI von 6 Punkten ist das Patientenklientel dieser Studie an diverseren Komorbiditäten erkrankt. Einen Einfluss des perioperativen ASA-Scores auf die Überlebensrate nach Versorgung der PFF konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Dem widersprechen sowohl Orfanos et al. als auch Fürchtmeier et al., welche eine höhere Mortalität bei höherem ASA-Score bei ihren Patienten feststellen [43,97]. Auch Märdian et al. sahen eine signifikant höhere postoperative Mortalität bei einem ASA-Score ≥ 3, wobei ihr Klientel mit einem medianen ASA-Score von 2 im Vergleich zu den Patienten dieser Betrachtung gesünder war [88].

Bezogen auf das postoperative Outcome wurde in der präsentierten Analyse keine Verschlechterung der postoperativen Hüftfunktion, gemessen mit WOMAC und HHS, durch einen höheren ASA-Score festgestellt. Zu den gleichen Resultaten gelangten auch Kinov et al., welche in der retrospektiven Analyse keine signifikante Korrelation zwischen dem präoperativen ASA-Score und dem postoperativen WOMAC respektive HHS erheben konnten [72]. Märdian et al. erhoben in einer weiteren Studie zusätzlich zum HHS den Short-Form-36-Gesundheitsfragebogen zur Messung der krankheitsunspezifischen Lebensqualität und konnten keinen signifikanten Einfluss des ASA-Scores auf die Ergebnisse der beiden Fragebogen feststellen [87].

Zu bedenken ist, dass der ASA-Score primär als schnell zu erhebender Parameter zur Abschätzung der Grunderkrankungen und des perioperativen Risikos von Patienten vor einer Narkose entwickelt wurde (vgl. Kapitel 2.1.1). Für diesen Aufgabenbereich ist die perioperative Aussagekraft des ASA-Scores gut dokumentiert, jedoch ist seine prädiktive Eigenschaft für einen längeren postoperativen Zeitraum nur wenig erforscht [52]. Ferner gab es in den letzten Jahrzehnten mehrfach Änderungen in der Einteilung des Scores, welche nicht immer in aktuelle Lehrwerke übernommen wurden [60]. Auch die Beispieldiagnosen sind zum einen nicht abschließend, zum anderen nicht in allen historischen Versionen vorhanden. So ist es nicht verwunderlich, dass die Einteilung in die verschiedenen Schweregrade teilweise fließend und sehr untersucherabhängig ist [107,122]. Der ASA-Score stellt somit kein geeignetes Mittel dar, um langfristige Prognosen über Mortalität und Outcome treffen zu können.

Betrachtet man den CCI der Studienkohorte, ist der Trend zu beobachten, dass mit höherem CCI auch die postoperative Mortalität zunimmt. Rechnerisch zeigt dies keine Signifikanz in der vorliegenden Untersuchung (p = 0,071), wird jedoch von anderen Autoren bestärkt [20,64,92]. Boylan et al. stellten in ihrer Arbeit fest, dass bei steigender Punktzahl im CCI die Sterberate nach PFF höher ausfällt und auch Moreta et al. konnten zeigen, dass ein CCI von ≥ 3 Punkten mit einer signifikant höheren Einjahresmortalität verbunden ist [20,92]. Im Bereich der primären Hüftfrakturen ist der CCI bereits mehrfach getestet worden und setzt sich hier als guter Prädiktor für die postoperative Mortalität durch [126,154]. In der Studie von Jiang et al. zeigte der CCI selbst über ein langes Intervall von 5 Jahren eine gute prädiktive Aussagekraft für primäre Hüftfrakturen [63]. Es ist möglich, dass dies auf eine erneute Hüftfraktur nach prothetischer Versorgung übertragbar wäre. Varady et al. verglichen den CCI mit dem ASA-Score bei primären Hüftfrakturen und stellten fest, dass der CCI präzisere Rückschlüsse auf die Einjahresmortalität zulässt als der ASA-Score [154]. Aber auch in anderen medizinischen Disziplinen wie etwa bei Frakturen der Halswirbelsäule und dem akuten Koronarsyndrom konnte sich der CCI als guter prognostischer Indikator für die postoperative Mortalität beweisen [56,105].

So zeigt sich der dargestellte Trend dieser Arbeit im Einklang mit der aktuellen Literatur. Der CCI präsentiert sich im Gegensatz zum ASA-Score als adäquater Prädiktor für die postoperative Mortalität. Eine weitere Validierung für die Indikation der PFF würde seine Aussagekraft für die Mortalität nach jenem Krankheitsbild weiter festigen.

Nicht nur in Bezug auf die Sterblichkeitsrate kann der CCI als relevant angesehen werden. Auch für den zweiten Endpunkt „postoperatives Outcome“ ergeben die Berechnungen, dass eine geringere Punktzahl im CCI zu einem signifikant besseren Abschneiden in WOMAC und HHS bei Follow-up führt. In der Literatur ist zum aktuellen Zeitpunkt jedoch nur wenig hierüber veröffentlicht. Moreta et al. untersuchten zwar in ihrer Arbeit das funktionelle Outcome nach PFF und erhoben hierfür den HHS und die postoperative Gehfähigkeit der Patienten [91]. Jedoch konnten sie keinen Zusammenhang zwischen CCI und funktionellem Outcome feststellen. Die Ergebnisse seien nach eigenen Angaben jedoch nur wenig aussagekräftig, da hierfür die Studiengröße zu klein sei. Unabhängig davon liegen nur 28% ihrer Studienteilnehmer bei einem CCI von 3, während die anderen Patienten gesünder waren. Im Gegensatz dazu ist die hier betrachtete Kohorte gesundheitlich deutlich stärker vorbelastet. Am häufigsten vertreten ist ein CCI von 4

Punkten, während der Höchstwert bei 16 Punkten liegt. So sind die beiden Kohorten nur bedingt vergleichbar. Die hier präsentierte Untersuchung ist die erste, welche zeigt, dass ein höherer CCI mit einen schlechteren Ergebnis in WOMAC und HHS, repräsentativ für die postoperative Hüftfunktion, einhergeht. Es benötigt jedoch noch weitere Untersuchungen, um den Einfluss des CCI auf die postoperative Hüftfunktion zu verifizieren und eine sichere Prädiktion zu gewährleisten. Zudem ermöglicht der CCI im Gegensatz zum ASA-Score eine konkrete Abgrenzung der Schweregrade mit klar formulierten Items, was die Erhebung objektiver gestaltet.

4.1.3 Wartezeit auf operative Versorgung

Die Leitlinie der Gesellschaft für Unfallchirurgie wie auch Bhattacharyya et al. empfehlen die Versorgung einer PFF innerhalb von 2 Tagen nach Eintritt ins Krankenhaus, da sich sonst die postoperative Mortalität um den Faktor 1,27 verschlechtere [15,31]. In der hier untersuchten Kohorte ist die durchschnittliche Wartezeit mit 5,7 Tagen durchaus länger. Jedoch kann kein statistischer Zusammenhang zwischen der Wartezeit auf Operation und der postoperativen Mortalität gezeigt werden. Auch die Betrachtung „Operation innerhalb von 48 Stunden“ und „Operation innerhalb von 5 Tagen“ ergibt keinen Unterschied in Bezug auf die Mortalität. Zu diesem Schluss kamen auch Märdian, Orfanos und Bliemel in ihren Arbeiten [19,88,97]. Sie konnten ebenfalls keinen Einfluss der operativen Wartezeit auf das postoperative Überleben feststellen.

Für diese heterogenen Ergebnisse könnten unterschiedliche Faktoren verantwortlich sein. Einer davon könnte die Tatsache sein, dass die Daten in unterschiedlichen Jahren erhoben wurden. So stellt Bhattacharyyas Arbeit eine der älteren dar [15]. Dagegen sind die Ergebnisse der Publikationen, welche keinen Einfluss der Wartezeit auf Mortalität sehen, eher neueren Datums [19,88,97]. Dies könnte darin begründet sein, dass das Bewusstsein für eine geriatrische Gesamtbetrachtung der PFF als interdisziplinäre Herausforderung wächst und weniger als rein chirurgische Aufgabe gesehen wird. So konnten Rapp et al. zeigen, dass eine geriatrische Nachbehandlung zu einer signifikanten Reduktion der Mortalität bei Patienten mit primärer Hüftfraktur führte [108]. Es wäre anzunehmen, dass dies auch für Patienten mit PFF gilt.

Auch die Follow-up-Zeiten und die Cut-off-Werte für die operative Wartezeit wurden in den verglichenen Studien unterschiedlich gewählt, sodass ein direkter Vergleich nur

schwer möglich ist und Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse sein könnte (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Vergleich der Parameter unterschiedlicher Studien bezüglich der operativen Wartezeit
Follow-up-Zeitraum: Zeit zwischen operativer Versorgung und Tod, welche zur Berechnung eines Zusammenhangs mit der präoperativen Wartezeit genutzt wurde
* Endpunkte von Bliemel et al.: Mortalität intrahospital und nach 120 Tagen, Mobilität, EQ5D-Score und Reoperationsrate

Vergleich der operative Wartezeiten				
Autoren	**Akquise-Zeitraum**	**Follow-up Zeitraum**	**Cut-off OP-Wartezeit**	**1-Jahres-Mortalität**
Bhattacharyya (2007) [15]	2000 – 2005	1 Jahr	< 48h / > 48h	11%
Märdian (2017) [88]	2005 – 2012	Linear (Kaplan Maier)	0h / 24h / 24–48h / 48–72 / > 72h	6%
Orfanos (2019) [97]	2008 – 2017	1 Jahr	Linear und 5d / 5–10d / > 10d	23,6%
Bliemel (2021) [19]	2016 – 2019	120 Tage	< 48h / > 48h	nn*
Untersuchte Kohorte	2010 – 2018	Linear (Kaplan Maier)	< 48h / > 48h und < 5d / > 5d	14%

Setzt man die präoperative Wartezeit in Relation zum klinischen Outcome, ergibt sich Folgendes: Es zeigt sich kein signifikanter Einfluss einer längeren Wartezeit auf die Ergebnisse von HHS und WOMAC beim Follow-up der Kohorte. Weder im linearen Vergleich noch in der gruppierten Analyse „Operation innerhalb von 48 Stunden“ und „Operation innerhalb von 5 Tagen“ zeigt sich ein signifikanter Einfluss auf die postoperative Hüftfunktion. Bislang wurden nur wenige Studien darüber veröffentlicht, ob die präoperative Wartezeit das postoperative klinische Ergebnis beeinflusst. Einzig Bliemel et al. untersuchten die Lebensqualität ihrer Patienten 120 Tage nach der Operation mithilfe des EQ-5D-Gesundheitsfragebogens und der Mobilität [19]. Sie verglichen die Gruppen „Operation innerhalb 48 Stunden“ mit „Operation nach 48 Stunden“ und sahen keinen Unterschied zwischen den beiden Parametern. Weitere Publikationen, welche das klinische Outcome genauer betrachten, sogar die Hüftfunktion objektivieren oder einen postoperativen Zeitraum von mehr als 120 Tagen untersuchen,

liegen aktuell nicht vor. Die vorgestellte Analyse ist die erste, welche auch über einen längeren Zeitraum keinen signifikanten Einfluss der präoperativen Wartezeit auf die postoperative Hüftfunktion zeigt. In weiteren Studien mit größerer Kohorte und festem Intervall zwischen PFF und Nachuntersuchung wäre dies jedoch zu verifizieren.

Auch wenn Patienten weiterhin eine schnellstmögliche Versorgung erhalten sollten, ist zum aktuellen Zeitpunkt eine längere Wartezeit auf Operation nach diesen Erkenntnissen insbesondere dann vertretbar, wenn sie sinnvoll genutzt wird. So kann zum Beispiel der Abklärung und Optimierung von operationsrelevanten Grunderkrankungen genügend Aufmerksamkeit gewidmet werden, was bei Elektiveingriffen zeitlich nur eingeschränkt möglich ist. Auch die Beschaffung von adäquatem Osteosynthesematerial oder die Bereitstellung eines Operationsteams mit hoher Expertise wäre hiermit möglich [64].

4.1.4 Gesamte Hospitalisationszeit

In der Analyse ist kein signifikanter Einfluss der Länge des Krankenhausaufenthaltes auf den Endpunkt Mortalität des Studienklientels nachweisbar. Hingegen ist eine längere Hospitalisationszeit mit einer statistisch schlechteren Hüftfunktion, gemessen mit WOMAC und HHS, verbunden. Ob dies jedoch kausale Schlussfolgerungen zulässt, bleibt offen. Zum aktuellen Zeitpunkt liegen keine Untersuchungen über den Einfluss der Hospitalisationszeit bei PFF auf die Variablen postoperative Mortalität und Outcome vor. Vielmehr sind weitere Einflussgrößen möglich, welche den genannten statistischen Zusammenhang bedingen. Es ist denkbar, dass Einschränkungen in der Hüftfunktion und der selbstständigen Versorgung in diesem Studienklientel mitunter Ursache des Traumas sein können und auch nach der PFF bei den Patienten fortbestehen. Diese könnten auch während der Hospitalisation zu einer erhöhten Pflegebedürftigkeit, einer verspäteten zufriedenstellenden Mobilisation sowie zu einer späteren Entlassung geführt haben. Diese Hypothese lässt sich für die PFF nur schwer bestätigen, da einige Patienten zum einen bereits vor Trauma eine eingeschränkte Mobilität vorwiesen, zum anderen kein präoperativer Funktionsscore verfügbar ist [99]. Aufgrund der Natur von Unfällen und ethischer Unvereinbarkeit mit einer prospektiven Fall-Kontroll-Studie, sind diese Daten nur schwer zu generieren.

Jedoch ist der Bereich der elektiven TEP diesbezüglich besser untersucht [38,41,82,96]. Nilsdotter und Lohmander stellten fest, dass Patienten, welche vor Implantation einer elektiven Hüft-TEP bereits schlechte Ergebnisse in den Subskalen Schmerz und Funktion

des WOMAC erzielten, auch 12 Monate postoperativ in diesen Bereichen schlechter abschnitten als die Vergleichsgruppe mit guten präoperativen Punktwerten [96]. Ähnliches stellten Fortin et al. fest, welche ihr Kollektiv nach elektiver Hüft- oder Knie-TEP über 24 Monate nachbeobachteten [41]. Denkbar ist, dass dies auch bei einer PFF der Fall ist. Jedoch ist eine Verifizierung, wie oben erläutert, nur schwer umzusetzen.

Ferner können weitere Ursachen, welche weniger patientenassoziiert, sondern primär struktureller Natur sind, zu einer längeren Krankenhausverweildauer geführt haben. Beispielsweise können fehlende Kapazitäten in der Anschlusseinrichtung oder ausstehende Kostengutsprache für eine Rehabilitation die Krankenhausentlassung verzögern. Vor allem für Patienten, welche prä- und intrahospital eine eingeschränkte Hüftfunktion und damit verbundene reduzierte Selbstständigkeit im Alltag vorweisen, ist es essenziell, eine nahtlose Nachbehandlung zu gewährleisten und so gute Voraussetzungen für die Genesung zu ermöglichen [124].

4.1.5 Revisionsart

In der analysierten Kohorte ist im Vergleich zwischen der Implantation einer Revisionsprothese und dem Erhalt der ursprünglichen Prothese kein signifikanter Unterschied in der postoperativen Mortalität festzustellen. In der Literatur wird der Sachverhalt insbesondere für Typ-B-Frakturen beschrieben, jedoch sind die Ergebnisse widersprüchlich: Gitajn et al. sehen keinen Unterschied im Überleben zwischen Implantation eines Revisionsschaftes und dem Erhalt der Prothese [44]. In anderen Arbeiten wird wiederum ein Vorteil in der Revisionsarthroplastik gesehen, was mit einer früheren Möglichkeit zur Vollbelastung des operierten Beines und der damit verbundenen frühen Rehabilitation begründet wird [15]. Stoffel et al. schließen aus ihrer Metaanalyse, dass unter gewissen Voraussetzungen die Therapie einer B2-Fraktur sogar ohne Revision des gelockerten Schaftes erfolgreich sein kann [143].

Die Ergebnisse der hier untersuchten Patienten stehen im Einklang mit denen von Gitajn et al. [44]. Es bedarf jedoch weiterer Untersuchungen, um die Relevanz der Therapieart bezogen auf Mortalität und postoperatives Outcome eindeutig zu bewerten und die genannten Widersprüche der Literatur einordnen zu können. Insbesondere gilt es die Entscheidungsgrundlage für die gewählte Therapie zu betrachten und zu prüfen, ob die Empfehlungen der DGU die einzige Grundlage darstellen oder weitere Faktoren Berücksichtigung fanden [31]. Beispielsweise nutzten González-Martín et al. nicht nur

die Frakturklassifikation für die Wahl einer Therapie, sondern bevorzugten bei älteren und vorerkrankten Patienten die Versorgung mittels ORIF [45]. Dies mag im Sinne der individualisierten Patientenversorgung sein, stellt jedoch eine Störvariable bei der Beurteilung des Faktors Revisionsart dar und erschwert den Vergleich mit anderen Arbeiten.

4.1.6 Schmerztherapie mit Opioidanalgetika

Der präoperativen analgetischen Therapie mit Opioiden konnte kein signifikanter Einfluss auf die postoperative Mortalität nach PFF nachgewiesen werden. Aktuell sind in der Literatur keine Informationen über einen Zusammenhang zwischen präoperativer Analgesie mit Opioiden und einer postoperativen Mortalität nach PFF berichtet. Damit ist dies die erste Arbeit, welche diesen Zusammenhang betrachtet.

Im Bereich der elektiven Endoprothetik sind vor allem in den letzten Jahren mehrere Untersuchungen aus den Vereinigten Staaten von Amerika zum Thema Auswirkungen einer präoperativen Opioidnutzung auf das Outcome durchgeführt worden. Diese zeigen ein höheres Risiko für Revisionsoperationen, periprothetische Infektionen und Frakturen sowie Dislokationen, können aber keine erhöhte 30-Tages-Mortalität nachweisen [71,85,145]. Diese Untersuchungen betrachten jedoch chronische, teilweise missbräuchliche Opioideinnahme und keine akute, frakturbedingte Applikation unter kontrollierten Bedingungen.

So bieten die präsentierten Ergebnisse keinen Anhalt dafür, dass sich eine präoperative Opioidapplikation zur akuten, frakturbedingten Analgesie negativ auf das Überleben der Patienten auswirkt. Dies sollte die Behandelnden nicht davon abhalten, unter Nutzen-Risiko-Abwägung eine suffiziente Schmerztherapie bei Patienten mit PFF zu etablieren. Es sind jedoch weitere Studien nötig, um hier zuverlässige Aussagen treffen zu können.

4.2 Limitationen

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind mit Einschränkungen zu interpretieren. Durch die kleine, inhomogene Kohorte der Singlecenter-Studie konnten zum Teil nur Tendenzen dargestellt werden (vgl. Bliemel et al. n = 1178 [19]). Zum Beispiel wird für den Einfluss des CCI auf die Mortalität ein $p = 0{,}071$ erreicht. Jedoch ist in Zusammenschau mit der aktuellen Literatur anzunehmen, dass bei einer größeren Kohorte ein signifikantes Ergebnis beobachtet würde [20,64,92]. Aufgrund der Rekrutierung der Teilnehmer aus der hausinternen Abteilung und der zeitlichen Limitation ist die Größe der Kohorte

beschränkt. Jedoch könnte eine Multicenter-Studie mit mehr Patienten zu deutlicheren Ergebnissen führen.

Das hier angewandte Studiendesign hat gegenüber Registerstudien den Vorteil, dass ein Follow-up mit Erhebung von WOMAC und HHS durchgeführt werden konnte. Die recht hohe Mortalität bei langem Follow-up bedingt die geringe Zahl der erhobenen Funktionsscores. Ferner sind dies Messinstrumente für die allgemeine Funktion der Hüfte und nicht spezifisch für die PFF. Für letzteres Krankheitsbild sind bislang keine Scores etabliert.

Durch die primär aktenanamnestische Erhebung des Zeitraumes der Frakturversorgung liegen keine Erkenntnisse über die prätraumatische Hüftfunktion vor. Dies liegt zum einen an der Unvorhersehbarkeit eines Traumas, zum anderen an der fehlenden Befragung der Patienten während der Hospitalisation bezüglich ihrer prätraumatischen Hüftfunktion. Ebenso kann nicht beurteilt werden, ob bei der Therapiewahl der PFF der Entscheid für eine Revision oder ORIF allein aufgrund der Frakturklassifikation getroffen wurde oder hier eine Verzerrung stattgefunden hat. Hier könnten beispielsweise komplexe Komorbiditäten oder auch der Patientenwille in die Entscheidung mit eingeflossen sein, um so dem Patienten in Gesamtschau die bestmögliche Therapie zukommen zu lassen. Mit einem longitudinalen Studiendesign mit Erhebung der genannten Parameter nach dem Unfall und bei Follow-up wäre diese Verzerrung besser zu beurteilen. Ferner könnte der Termin der Nachuntersuchung zu einem festen Zeitpunkt postoperativ gewählt werden, was die Aussagekraft erhöhen könnte. In der präsentierten Betrachtung ergab sich der Zeitpunkt der Nachuntersuchung durch den Zeitrahmen der Studie. Weiter ließe sich analysieren, warum es zu einer verlängerten Hospitalisationszeit gekommen ist. Über Gründe hierfür, wie etwa erschwerte Operationsbedingungen, postoperative Infekte oder verlängerte Aufenthalte aufgrund sozialpflegerischer Problematiken, liegen keine Informationen vor.

Die Ergebnisse dieser Arbeit unterliegen potenziellen Störfaktoren, welche so weit wie möglich berücksichtigt wurden. Denkbar wäre, dass andere Ursachen, wie etwa internistische Krankheitsbilder, zu Einschränkungen der Patienten im Alltag führen und ein geringes Ergebnis in WOMAC und HHS bedingen. Eine Abgrenzung dieser Confounder benötigt ein physisches Follow-up mit mindestens körperlicher Untersuchung und Screening auf andere Erkrankungen. Hingegen beteiligte sich im

aktuellen Studiendesign ein Großteil der Patienten telefonisch oder postalisch am Follow-up.

Auch die beiden Größen Alter und Komorbiditäten stellen Interferenzen dar. Mehrere Studien besagen, dass sowohl Alter der Patienten als auch Anzahl der Vorerkrankungen Einfluss auf die Mortalität nach PFF haben [20,21,58]. Jedoch steigt mit zunehmendem Alter statistisch auch die Liste der Grunderkrankungen der Patienten, sodass der Einfluss auf das Überleben dieser beiden Größen in dieser Studie nicht unabhängig voneinander betrachtet werden kann. Hierfür wäre eine gematchte Betrachtung der Patienten oder eine Registerstudie im Hinblick auf diese beiden Faktoren nötig.

Die in dieser Abhandlung beschriebenen Gegensätze in der aktuellen Literatur erschweren es, die wahren Einflussfaktoren auf Mortalität und Outcome nach PFF zu identifizieren. Dies unterstreicht jedoch die akute Relevanz der präsentierten Arbeit, da diese Faktoren bis heute nicht eindeutig geklärt sind. Es ist bei weiter steigender Inzidenz für die Patienten von besondere Bedeutung, dieser Aufgabenstellung nachzugehen und so in Zukunft eine optimale Therapie für jeden einzelnen zu ermöglichen.

4.3 Schlussfolgerung

Anhand der präsentierten Studie zeigt sich, dass die Mortalität und das postoperative Outcome nach einer PFF unbeeinflusst von den Faktoren Alter bei Fraktur und Wartezeit auf operative Versorgung bleiben.

Insbesondere eine längere Wartezeit auf die operative Versorgung von mehr als 48 Stunden – wie sie die Leitlinien der DGU empfehlen –, hat keinen Einfluss auf postoperative Mortalität oder Outcome nach PFF. Eine zeitnahe Versorgung ist für alle Patienten wünschenswert. Wenn eine Verzögerung jedoch benötigt wird, um etwa gesundheitliche und operative Bedingungen zu optimieren, eventuell benötigte Spezialprothesen zu bestellen oder fachlich hochversierte Operateure zur Verfügung zu stellen, ist dies zu befürworten und hat keine nachteiligen Auswirkungen auf die Patienten.

Ein höherer CCI deutet an, dass eine höhere Komorbidität mit einem früheren Tod der Patienten assoziiert sein könnte. Unterstützt durch die aktuelle Literatur könnte er ein gutes Maß zur Objektivierung des Gesundheitszustandes der Patienten sein und sich als Prädiktor für die Überlebenswahrscheinlichkeit von Patienten mit einer PFF eignen. Es

bedarf jedoch weitergehender Verifizierung in umfassenden Studien, um den CCI als Score für das Überleben nach PFF zu etablieren.

Die Art der Versorgung der PFF zeigt keinen signifikanten Einfluss auf die postoperative Mortalität des hier untersuchten Studienklientels. Jedoch sind die Aussagen der aktuellen Literatur sehr heterogen und es bedarf weiterer Untersuchungen, um diesen potenziellen Risikofaktor aussagekräftig bewerten zu können.

Die gesamte Hospitalisationszeit zeigt in der präsentierten Betrachtung keinen Zusammenhang mit der Mortalität nach einer PFF, jedoch könnte eine längere Hospitalisierung mit einer schlechteren Hüftfunktion bei Follow-up assoziiert sein. Hier wäre jedoch denkbar, dass die eingeschränkte Hüftfunktion bereits prätraumatisch bestand oder nicht patientenassoziierte Faktoren diesen Zusammenhang bedingen.

Auch der präoperativen Gabe von Opioidanalgetika konnte kein Effekt auf das Langzeitergebnis der PFF-Versorgung nachgewiesen werden. So liegt kein Anhaltspunkt dafür vor, dass sich eine suffiziente präoperative Schmerztherapie nachteilig auf das Überleben oder das Outcome nach einer PFF auswirkt. Unter Berücksichtigung des Nutzen-Risiko-Profils von Opioiden soll den Patienten eine adäquate Schmerzeinstellung nicht vorenthalten werden.

5 Zusammenfassung

Die periprothetische Femurfraktur (PFF) bleibt trotz neuester Therapiestandards eine schwerwiegende Folge der heutigen Endoprothetik. Ziel dieser Arbeit war die Beantwortung der Frage, welche präoperativen Risikofaktoren Einfluss auf die postoperative Mortalität und das Outcome nach der Versorgung einer PFF haben. Weiter galt es zu prüfen, ob die aktuellen Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), eine PFF innerhalb von 48 Stunden zu versorgen, Einfluss auf die Endpunkte der Studie haben. Zudem stellte sich die Frage, ob der Charlson Comorbidity Index (CCI) einen geeigneten Prädiktor für die postoperative Mortalität darstellt.

Dafür wurden 75 Patienten betrachtet, welche wegen einer PFF am Universitätsklinikum Gießen operiert wurden. Die Risikofaktoren Alter bei Fraktur, Vorerkrankungen, Wartezeit auf operative Versorgung, gesamte Hospitalisationszeit, Revisionsart und präoperative Opioidtherapie wurden analysiert. Die Sterberate wurde erhoben, ein Follow-up durchgeführt und die postoperative Hüftfunktion durch den Harris Hip Score (HHS) und den Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) beurteilt.

Die Ergebnisse zeigen, dass weder das Patientenalter noch die Wartezeit auf die operative Versorgung Einfluss auf die Studienendpunkte hat. Ferner ergab sich kein Vorteil, wenn die Patienten innerhalb von 48 Stunden operiert wurden. Hingegen konnte ein Trend zwischen einem höheren CCI als Maß für die Komorbiditäten und dem postoperativen Überleben beobachtet werden. Patienten mit einem höheren CCI zeigten zudem eine schlechtere Hüftfunktion bei Follow-up, gemessen mit WOMAC und HHS. Im Gegensatz hierzu konnte der ASA-Score diese Zusammenhänge nicht abbilden. Weiter verblieb die Mortalität nach PFF unbeeinflusst von den Faktoren gesamte Hospitalisationszeit, Revisionsverfahren und präoperative Opioidtherapie.

So gibt es im betrachteten Klientel keine Anhaltspunkte dafür, dass eine längere präoperative Wartezeit eine höhere Sterberate nach PFF zur Folge hat. Entgegen den Empfehlungen der DGU ist eine längere Wartezeit gut zu vertreten, wenn sie zur Optimierung der Operationsbedingungen benötigt wird. Unterstützt durch die aktuelle Literatur konnte sich der CCI im Gegensatz zum ASA-Score als gutes prädiktives Maß für die Mortalität nach PFF präsentieren, bedarf jedoch weiterer Verifizierung.

6 Summary

Periprosthetic femoral factures (PFF) are a devastating complication of total hip and knee replacement. The results of surgery are often unsatisfactory despite the usage of state-of-the-art standards. The aim of this study was to answer the question which risk factors have an influence on the postoperative mortality and outcome after surgery of PFF. Furthermore, it was necessary to examine whether the current recommendations for treatment of PFF within 48 hours of the German Society for Trauma Surgery have an influence on the endpoints of the study. Additionally, we evaluated if the Charlson Comorbidity Index (CCI) is an appropriated tool to predict the postoperative mortality.

For this purpose, 75 patients were considered who were operated on for PFF at the University Hospital Giessen. The following factors were analyzed: age at facture, comorbidities, waiting time for surgical care, total hospitalization time, type of revision and preoperative opioid therapy. Mortality rates were assessed, a follow-up was established evaluating the hip function measured with the Harris Hip Score (HHS) and the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC).

The results showed that neither age at fracture nor waiting time for surgical care had a significant influence on the endpoints of this study. There was no benefit whether the patients were operated on within 48 hours or not regarding postoperative mortality or outcome. Whereas a trend between a higher CCI as a measure of comorbidities and postoperative survival was observed. Patients with higher CCI also showed poorer hip function at follow-up as measured by WOMAC and HHS. In contrast, the ASA score could not reflect these results. Furthermore, mortality after PFF remained unaffected by the factors total hospitalization time, type of revision and preoperative opioid therapy.

To summarize, there is no evidence that a longer preoperative waiting period results in a higher mortality rate after PFF. In contrast to current recommendations, a longer waiting time is well justifiable if it is needed to optimize the operating conditions. Supported by the current literature, the CCI was able to present itself as a good predictive measure of mortality after PFF in contrast to the ASA score but needs further verification.

7 Anhang

7.1 Abkürzungsverzeichnis

ADL	Activities of the Daily Life
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body-Mass-Index
CCI	Charlson Comorbidity Index
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
HHS	Harris Hip Score
Hüft-TEP	Hüfttotalendoprothese
ICD-10	International Classification of Diseases and Related Health Conditions, Version 10
Knie-TEP	Knietotalendoprothese
ORIF	Open Reduction and Internal Fixation
OTA	Orthopaedic Trauma Association
PFF	Periprothetische Femurfraktur = periprosthetic femoral facture
PMMA	Polymethylmethacrylat
RA	Rheumatoide Arthritis
SD	Standardabweichung
TEP	Totalendoprothese
UKGM	Uniklinikum Gießen und Marburg
UHMWPE	Ultrahochmolekulargewichtiges Polyethylen (engl. *ultra-high molecular weight polyethylene*)
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

7.2 Literatur

1. Abdel MP, Cottino U, Mabry TM (2015) Management of periprosthetic femoral fractures following total hip arthroplasty: a review. Int Orthop 39(10): 2005–2010
2. Abdel MP, Watts CD, Houdek MT et al. (2016) Epidemiology of periprosthetic fracture of the femur in 32 644 primary total hip arthroplasties: a 40-year experience. Bone Joint J 98-B(4): 461–467
3. Albright JA, Testa EJ, Meghani O et al. (2023) Increased Risk of Hospital Readmissions and Implant-Related Complications in Patients Who Had a Recent History of Fragility Fracture: A Matched Cohort Analysis. J Arthroplasty 38(2): 266–273
4. Amenabar T, Rahman WA, Avhad VV et al. (2015) Vancouver type B2 and B3 periprosthetic fractures treated with revision total hip arthroplasty. Int Orthop 39(10): 1927–1932
5. American Society of Anesthesiologists (27.05.2021) ASA Physical Status Classification System. https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-classification-system. Zugriff am 24.5.2023
6. AO Foundation, Davos, Switzerland (2018) Unified Classification System for Periprosthetic Fractures (UCPF). J Orthop Trauma 32 Suppl 1: S141-S144
7. Aprato A, Jayasekera N, Villar RN (2012) Does the modified Harris hip score reflect patient satisfaction after hip arthroscopy? Am J Sports Med 40(11): 2557–2560
8. Aro HT, Alm JJ, Moritz N et al. (2012) Low BMD affects initial stability and delays stem osseointegration in cementless total hip arthroplasty in women: a 2-year RSA study of 39 patients. Acta Orthop 83(2): 107–114
9. Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry (2020) Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty: 2020 Annual Report, Adelaide
10. Baierlein SA (2011) Frakturklassifikationen, 1. Aufl. Georg Thieme Verlag KG, s.l.
11. Bak P, Lohsträter A, Müller W-D et al. (2008) The Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) – Theoretical Framework, Psychometric Properties and Appropriateness for Measurement of Function and Health in Trauma Population. Phys Rehab Kur Med 18(05): 256–264
12. Bayliss LE, Culliford D, Monk AP et al. (2017) The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee: a population-based cohort study. The Lancet 389(10077): 1424–1430
13. Beals RK, Tower SS (1996) Periprosthetic Fractures of the Femur. Clin Orthop Relat Res (327)
14. Berry DJ (1999) EPIDEMIOLOGY. Orthopedic Clinics of North America 30(2): 183–190
15. Bhattacharyya T, Chang D, Meigs JB et al. (2007) Mortality after periprosthetic fracture of the femur. J Bone Joint Surg Am 89(12): 2658–2662
16. Biber R, Bail H (2014) Frakturen im Alter. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 9(03): 207–223

17. Biggi F, Di Fabio S, D'Antimo C et al. (2010) Periprosthetic fractures of the femur: the stability of the implant dictates the type of treatment. J Orthop Traumatol 11(1): 1–5
18. Bissias C, Kaspiris A, Kalogeropoulos A et al. (2021) Factors affecting the incidence of postoperative periprosthetic fractures following primary and revision hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. J Orthop Surg Res 16(1): 15
19. Bliemel C, Rascher K, Knauf T et al. (2021) Early Surgery Does Not Improve Outcomes for Patients with Periprosthetic Femoral Fractures-Results from the Registry for Geriatric Trauma of the German Trauma Society. Medicina (Kaunas) 57(6)
20. Boylan MR, Riesgo AM, Paulino CB et al. (2018) Mortality Following Periprosthetic Proximal Femoral Fractures Versus Native Hip Fractures. J Bone Joint Surg Am 100(7): 578–585
21. Carli AV, Negus JJ, Haddad FS (2017) Periprosthetic femoral fractures and trying to avoid them: what is the contribution of femoral component design to the increased risk of periprosthetic femoral fracture? Bone Joint J 99-B(1 Supple A): 50–59
22. Charlson M, Szatrowski TP, Peterson J et al. (1994) Validation of a combined comorbidity index. Journal of Clinical Epidemiology 47(11): 1245–1251
23. Charlson ME, Pompei P, Ales KL et al. (1987) A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: Development and validation. Journal of Chronic Diseases 40(5): 373–383
24. Claes L (2011) AE-Manual der Endoprothetik. Springer, Dordrecht
25. Cook RE, Jenkins PJ, Walmsley PJ et al. (2008) Risk factors for periprosthetic fractures of the hip: a survivorship analysis. Clin Orthop Relat Res 466(7): 1652–1656
26. Corten K, Vanrykel F, Bellemans J et al. (2009) An algorithm for the surgical treatment of periprosthetic fractures of the femur around a well-fixed femoral component. J Bone Joint Surg Br 91(11): 1424–1430
27. Culp RW, Schmidt RG, Hanks G et al. (1987) Supracondylar fracture of the femur following prosthetic knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res (222): 212–222
28. Delsmann MM, Strahl A, Mühlenfeld M et al. (2021) High prevalence and undertreatment of osteoporosis in elderly patients undergoing total hip arthroplasty. Osteoporos Int 32(8): 1661–1668
29. Deng Y, Kieser D, Wyatt M et al. (2020) Risk factors for periprosthetic femoral fractures around total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. ANZ J Surg 90(4): 441–447
30. Destatis (26.09.2023) Die 20 häufigsten Operationen insgesamt (OPS 5). https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/drg-operationen-insgesamt.html. Zugriff am 10.12.2023
31. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (2019) Leitlinie - Periprothetische Frakturen. https://register.awmf.org/assets/guidelines/012-031l_S1_Periprothetische-Frakturen_2019-03_01.pdf. Zugriff am 4.8.2023

32. Deyo R, Cherkin D, Ciol M (1992) Adapting a clinical comorbidity index for use with ICD-9-CM administrative databases. Journal of Clinical Epidemiology 45(6): 613–619
33. Dontas IA, Yiannakopoulos CK (2007) Risk factors and prevention of osteoporosis-related fractures. J Musculoskelet Neuronal Interact 7(3): 268–272
34. Drew JM, Griffin WL, Odum SM et al. (2016) Survivorship After Periprosthetic Femur Fracture: Factors Affecting Outcome. J Arthroplasty 31(6): 1283–1288
35. Duncan CP, Masri BA (1995) Fractures of the femur after hip replacement. Instr Course Lect 44: 293–304
36. Duncan CP, Haddad FS (2014) Unified Classification System (UCS): improving our understanding of periprosthetic fractures. Bone Joint J 96-B(6): 713–716
37. EPRD Deutsche Endoprothesenregister gGmbH Jahresbericht 2022. https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/Jahresbericht2022-Status5_2022-10-25_F.pdf. Zugriff am 10.1.2023
38. Ethgen O, Bruyère O, Richy F et al. (2004) Health-related quality of life in total hip and total knee arthroplasty. A qualitative and systematic review of the literature. The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume 86(5): 963–974
39. Figueiredo S (03.02.2009) Charlson Comorbidity Index (CCI) – Strokengine. https://strokengine.ca/en/assessments/charlson-comorbidity-index-cci/. Zugriff am 24.5.2023
40. Floerkemeier T (2021) Patientenspezifische Planung in der Hüftendoprothetik. Arthroskopie 34(5): 377–384
41. Fortin PR, Penrod JR, Clarke AE et al. (2002) Timing of total joint replacement affects clinical outcomes among patients with osteoarthritis of the hip or knee. Arthritis Rheum 46(12): 3327–3330
42. Franklin J, Malchau H (2007) Risk factors for periprosthetic femoral fracture. Injury 38(6): 655–660
43. Füchtmeier B, Galler M, Müller F (2015) Mid-Term Results of 121 Periprosthetic Femoral Fractures: Increased Failure and Mortality Within but not After One Postoperative Year. J Arthroplasty 30(4): 669–674
44. Gitajn IL, Heng M, Weaver MJ et al. (2017) Mortality Following Surgical Management of Vancouver B Periprosthetic Fractures. J Orthop Trauma 31(1): 9–14
45. González-Martín D, Pais-Brito JL, González-Casamayor S et al. (2021) Periprosthetic Hip Fractures With a Loose Stem: Open Reduction and Internal Fixation Versus Stem Revision. J Arthroplasty 36(9): 3318–3325
46. Griffiths EJ, Cash DJW, Kalra S et al. (2013) Time to surgery and 30-day morbidity and mortality of periprosthetic hip fractures. Injury 44(12): 1949–1952
47. Grifka J, Kuster M, Hrsg. Orthopädie und Unfallchirurgie. Springer Medizin, Berlin
48. Grifka J, Krämer J (2013) (Orthopädie, Unfallchirurgie), 9. Aufl. Springer, Berlin, Heidelberg
49. Gromov K, Bersang A, Nielsen CS et al. (2017) Risk factors for post-operative periprosthetic fractures following primary total hip arthroplasty with a proximally

coated double-tapered cementless femoral component. Bone Joint J 99-B(4): 451–457
50. Günther K-P, Kirschner S, Stiehler M et al. (2013) Revisions- und Wechselendoprothetik – Teil 1. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 7(06): 507–524
51. Haas NP, Krettek C, Tscherne H (2012) Tscherne Unfallchirurgie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
52. Hackett NJ, Oliveira GS de, Jain UK et al. (2015) ASA class is a reliable independent predictor of medical complications and mortality following surgery. Int J Surg 18: 184–190
53. Haddad FS, Masri BA, Garbuz DS et al. (1999) The prevention of periprosthetic fractures in total hip and knee arthroplasty. Orthopedic Clinics of North America 30(2): 191–207
54. Hagel A, Siekmann H, Delank K-S (2014) Periprosthetic femoral fracture - an interdisciplinary challenge. Dtsch Arztebl Int 111(39): 658–664
55. Harrasser N, Eisenhart-Rothe R, Biberthaler P (2016) Facharztwissen Orthopädie Unfallchirurgie, 1. Aufl. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
56. Harris MB, Reichmann WM, Bono CM et al. (2010) Mortality in elderly patients after cervical spine fractures. J Bone Joint Surg Am 92(3): 567–574
57. Harris WH (1969) Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume 51(4): 737–755
58. Haughom BD, Basques BA, Hellman MD et al. (2018) Do Mortality and Complication Rates Differ Between Periprosthetic and Native Hip Fractures? J Arthroplasty 33(6): 1914–1918
59. International Osteoporsis Foundation RUINIERTE KNOCHEN, RUINIERTES LEBEN: Ein strategischer Plan zur Lösung der Fragilitätsfrakturkrise in Deutschland
60. Irlbeck T, Zwißler B, Bauer A (2017) ASA-Klassifikation : Wandel im Laufe der Zeit und Darstellung in der Literatur. Anaesthesist 66(1): 5–10
61. Islam R, Lanting B, Somerville L et al. (2022) Evaluating the Functional and Psychological Outcomes Following Periprosthetic Femoral Fracture After Total Hip Arthroplasty. Arthroplast Today 18: 57–62
62. Jansson V, Fottner A (2007) Hüftendoprothetik. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2(5): 333–352
63. Jiang L, Chou ACC, Nadkarni N et al. (2018) Charlson Comorbidity Index Predicts 5-Year Survivorship of Surgically Treated Hip Fracture Patients. Geriatr Orthop Surg Rehabil 9: 2151459318806442
64. Johnson-Lynn S, Ngu A, Holland J et al. (2016) The effect of delay to surgery on morbidity, mortality and length of stay following periprosthetic fracture around the hip. Injury 47(3): 725–727
65. Kampshoff J, Stoffel KK, Yates PJ et al. (2010) The treatment of periprosthetic fractures with locking plates: effect of drill and screw type on cement mantles: a

biomechanical analysis. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 130(5): 627–632
66. Kärrholm J, Rogmark C, Nauclér E et al. (2019) Swedish Hip Arthroplasty Register Annual Report 2018. The Swedish Hip Arthroplasty Register
67. Kärrholm J, Rogmark C, Nauclér E et al. (2020) The Swedish Hip Arthroplasty Register Annual Report 2019. The Swedish Hip Arthroplasty Register
68. Katz JN, Wright EA, Polaris JJZ et al. (2014) Prevalence and risk factors for periprosthetic fracture in older recipients of total hip replacement: a cohort study. BMC Musculoskelet Disord 15: 168
69. Kellett CF, Boscainos PJ, Maury AC et al. (2007) Proximal femoral allograft treatment of Vancouver type-B3 periprosthetic femoral fractures after total hip arthroplasty. Surgical technique. The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume 89 Suppl 2 Pt.1: 68–79
70. Khan T, Grindlay D, Ollivere BJ et al. (2017) A systematic review of Vancouver B2 and B3 periprosthetic femoral fractures. Bone Joint J 99-B(4 Supple B): 17–25
71. Kim SC, Jin Y, Lee YC et al. (2019) Association of Preoperative Opioid Use With Mortality and Short-term Safety Outcomes After Total Knee Replacement. JAMA Netw Open 2(7): e198061
72. Kinov P, Volpin G, Sevi R et al. (2015) Surgical treatment of periprosthetic femoral fractures following hip arthroplasty. Injury 46(10): 1945–1950
73. Krukemeyer M, Möllenhoff G, Hrsg. Endoprothetik, 3. Aufl. De Gruyter, Berlin, Boston
74. Kurtz S, Ong K, Lau E et al. (2007) Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume 89(4): 780–785
75. Kwon DG, Park JS, Moon KH (2022) Treatment of Vancouver Type B Periprosthetic Femoral Fractures Using Cortical Strut Allografts. Geriatr Orthop Surg Rehabil 13: 21514593221125618
76. Langenhan R, Trobisch P, Ricart P et al. (2012) Aggressive surgical treatment of periprosthetic femur fractures can reduce mortality: comparison of open reduction and internal fixation versus a modular prosthesis nail. J Orthop Trauma 26(2): 80–85
77. Learmonth ID (2004) The management of priprosthetic fractures around the femoral stem. J Bone Joint Surg Br 86-B(1): 13–19
78. Lee G-C, Nelson CL, Virmani S et al. (2010) Management of periprosthetic femur fractures with severe bone loss using impaction bone grafting technique. J Arthroplasty 25(3): 405–409
79. Lindahl H, Malchau H, Herberts P et al. (2005) Periprosthetic femoral fractures classification and demographics of 1049 periprosthetic femoral fractures from the Swedish National Hip Arthroplasty Register. J Arthroplasty 20(7): 857–865
80. Lindahl H, Garellick G, Regnér H et al. (2006) Three hundred and twenty-one periprosthetic femoral fractures. The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume 88(6): 1215–1222
81. Lombardi AV, Berend KR, Adams JB (2009) A short stem solution: through small portals. Orthopedics 32(9)

82. MacWilliam CH, Yood MU, Verner JJ et al. (1996) Patient-related risk factors that predict poor outcome after total hip replacement. Health Serv Res 31(5): 623–638
83. Maier GS, Kolbow K, Lazovic D et al. (2016) The Importance of Bone Mineral Density in Hip Arthroplasty: Results of a Survey Asking Orthopaedic Surgeons about Their Opinions and Attitudes Concerning Osteoporosis and Hip Arthroplasty. https://www.hindawi.com/journals/aorth/2016/8079354/. Zugriff am 14.10.2023
84. Mäkelä KT, Matilainen M, Pulkkinen P et al. (2014) Failure rate of cemented and uncemented total hip replacements: register study of combined Nordic database of four nations. BMJ (Clinical research ed.) 348: f7592
85. Malahias M-A, Loucas R, Loucas M et al. (2021) Preoperative Opioid Use Is Associated With Higher Revision Rates in Total Joint Arthroplasty: A Systematic Review. J Arthroplasty 36(11): 3814–3821
86. Mankin HJ, Hornicek FJ, Raskin KA (2005) Infection in massive bone allografts. Clin Orthop Relat Res (432): 210–216
87. Märdian S, Schaser K-D, Gruner J et al. (2015) Adequate surgical treatment of periprosthetic femoral fractures following hip arthroplasty does not correlate with functional outcome and quality of life. Int Orthop 39(9): 1701–1708
88. Märdian S, Perka C, Schaser K-D et al. (2017) Cardiac disease and advanced age increase the mortality risk following surgery for periprosthetic femoral fractures. Bone Joint J 99-B(7): 921–926
89. McMellen CJ, Romeo NM (2022) Interprosthetic Femur Fractures: A Review Article. JBJS Rev 10(9)
90. Meinberg EG, Agel J, Roberts CS et al. (2018) Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. J Orthop Trauma 32 Suppl 1: S1-S170
91. Moreta J, Aguirre U, Ugarte OS de et al. (2015) Functional and radiological outcome of periprosthetic femoral fractures after hip arthroplasty. Injury 46(2): 292–298
92. Moreta J, Uriarte I, Bidea I et al. (2021) High mortality rate following periprosthetic femoral fractures after total hip arthroplasty. A multicenter retrospective study. Injury 52(10): 3022–3027
93. Müller M, Wassilew G, Perka C (2015) Diagnostik und Behandlung von Abrieberkrankungen in der Hüftendoprothetik. Z Orthop Unfall 153(2): 213–229
94. Mulroy WF, Harris WH (1996) Revision total hip arthroplasty with use of so-called second-generation cementing techniques for aseptic loosening of the femoral component. A fifteen-year-average follow-up study. The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume 78(3): 325–330
95. Niikura T, Lee SY, Sakai Y et al. (2014) Treatment results of a periprosthetic femoral fracture case series: treatment method for Vancouver type b2 fractures can be customized. Clin Orthop Surg 6(2): 138–145
96. Nilsdotter A-K, Lohmander LS (2002) Age and waiting time as predictors of outcome after total hip replacement for osteoarthritis. Rheumatology (Oxford) 41(11): 1261–1267

97. Orfanos G, Lim J, Youssef B (2019) Evaluating risk factors following surgery for periprosthetic fractures around hip and knee arthroplasties. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 139(4): 475–482
98. Patsiogiannis N, Kanakaris NK, Giannoudis PV (2021) Periprosthetic hip fractures: an update into their management and clinical outcomes. EFORT Open Rev 6(1): 75–92
99. Pavone V, Cristo C de, Di Stefano A et al. (2019) Periprosthetic femoral fractures after total hip arthroplasty: An algorithm of treatment. Injury 50 Suppl 2: S45-S51
100. Perka C, Schütz M, Rüedi TP, Hrsg. Periprosthetic fracture management. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
101. Pires RES, Toledo Lourenço PRB de, Labronici PJ et al. (2014) Interprosthetic femoral fractures: proposed new classification system and treatment algorithm. Injury 45 Suppl 5: S2-6
102. Pires RES, Silveira MPS, Da Resende ARS et al. (2017) Validation of a new classification system for interprosthetic femoral fractures. Injury 48(7): 1388–1392
103. Pivec R, Issa K, Kapadia BH et al. (2015) Incidence and Future Projections of Periprosthetic Femoral Fracture Following Primary Total Hip Arthroplasty: An Analysis of International Registry Data. J Long Term Eff Med Implants 25(4): 269–275
104. Quan H, Li B, Couris CM et al. (2011) Updating and validating the Charlson comorbidity index and score for risk adjustment in hospital discharge abstracts using data from 6 countries. Am J Epidemiol 173(6): 676–682
105. Radovanovic D, Seifert B, Urban P et al. (2014) Validity of Charlson Comorbidity Index in patients hospitalised with acute coronary syndrome. Insights from the nationwide AMIS Plus registry 2002-2012. Heart 100(4): 288–294
106. Randelli F, Pace F, Priano D et al. (2018) Re-fractures after periprosthetic femoral fracture: A difficult to treat growing evidence. Injury 49 Suppl 3: S43-S47
107. Ranta S, Hynynen M, Tammisto T (1997) A survey of the ASA physical status classification: significant variation in allocation among Finnish anaesthesiologists. Acta anaesthesiologica Scandinavica 41(5): 629–632
108. Rapp K, Becker C, Todd C et al. (2022) Association of two geriatric treatment systems on care home admission and mortality in patients with hip fracture. BMC Geriatrics 22(1): 459
109. Raschke MJ, Stange R, Kösters C (2012) Versorgung periprothetischer und periimplantärer Frakturen : Moderne Plattenosteosyntheseverfahren. Der Unfallchirurg 115(11): 1009–1021
110. Ricci WM (2015) Periprosthetic femur fractures. J Orthop Trauma 29(3): 130–137
111. Riddle DL, Stratford PW, Bowman DH (2008) Findings of extensive variation in the types of outcome measures used in hip and knee replacement clinical trials: a systematic review. Arthritis Rheum 59(6): 876–883
112. Robert Koch-Institut (2015) Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsGiD/2015/08_gesundheit_in_deutschland.pdf?__blob=publicationFile. Zugriff am 23.7.2023

113. Roessler M, Eulitz N (2018) Notarzt und Palliativmedizin. Roessler M, Eulitz N: Notarzt und Palliativmedizin (7-8-2018): 430–438
114. Rozell JC, Delagrammaticas DE, Schwarzkopf R (2019) Interprosthetic femoral fractures: management challenges. Orthop Res Rev 11: 119–128
115. Ruchholtz S, Berdel P, Hrsg. Orthopädie und Unfallchirurgie essentials, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart
116. Rupp M, Kern S, Ismat A et al. (2019) Computed tomography for managing periprosthetic femoral fractures. A retrospective analysis. BMC Musculoskelet Disord 20(1)
117. Rupp M, Lau E, Kurtz SM et al. (2020) Projections of Primary TKA and THA in Germany From 2016 Through 2040. Clin Orthop Relat Res 478(7): 1622–1633
118. Rupprecht M, Großterlinden L, Barvencik F et al. (2008) Periprothetische Femurfrakturen. Der Unfallchirurg 111(10): 812–820
119. Sakellariou VI, Babis GC (2014) Management bone loss of the proximal femur in revision hip arthroplasty: Update on reconstructive options. World J Orthop 5(5): 614–622
120. Saklad M (1941) Grading of patients for surgical procedures. Anesthesiology 2(3): 281–284
121. Salari N, Ghasemi H, Mohammadi L et al. (2021) The global prevalence of osteoporosis in the world: a comprehensive systematic review and meta-analysis. J Orthop Surg Res 16(1): 609
122. Sankar A, Johnson SR, Beattie WS et al. (2014) Reliability of the American Society of Anesthesiologists physical status scale in clinical practice. Br J Anaesth 113(3): 424–432
123. Schitz F, Rilk S, Schabus R (2021) Arthroskopische Versorgung einer suprakondylären Femurfraktur bei einliegender Knietotalendoprothese mittels retrogradem Femurnagel. Arthroskopie 34(1): 74–79
124. Schmitt-Sody M, Valle C (2016) Rehabilitation nach periprothetischen Frakturen. Der Unfallchirurg 119(3): 194–201
125. Schopper C, Luger M, Hipmair G et al. (2022) The race for the classification of proximal periprosthetic femoral fractures : Vancouver vs Unified Classification System (UCS) - a systematic review. BMC Musculoskelet Disord 23(1): 280
126. Schultz KA, Westcott BA, Barber KR et al. (2020) Elevated 1-Year Mortality Rate in Males Sustaining Low-Energy Proximal Femur Fractures and Subgroup Analysis Utilizing Age-Adjusted Charlson Comorbidity Index. Geriatr Orthop Surg Rehabil 11: 1-6
127. Shah RP, Sheth NP, Gray C et al. (2014) Periprosthetic fractures around loose femoral components. The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons 22(8): 482–490
128. Sidler-Maier CC, Waddell JP (2015) Incidence and predisposing factors of periprosthetic proximal femoral fractures: a literature review. Int Orthop 39(9): 1673–1682
129. Singh JA, Jensen MR, Harmsen SW et al. (2013) Are gender, comorbidity, and obesity risk factors for postoperative periprosthetic fractures after primary total hip arthroplasty? J Arthroplasty 28(1): 126-31.e1-2

130. Smitham PJ, Carbone TA, Bolam SM et al. (2019) Vancouver B2 Peri-Prosthetic Fractures in Cemented Femoral Implants can be Treated With Open Reduction and Internal Fixation Alone Without Revision. J Arthroplasty 34(7): 1430–1434
131. Solomon LB, Hussenbocus SM, Carbone TA et al. (2015) Is internal fixation alone advantageous in selected B2 periprosthetic fractures? ANZ J Surg 85(3): 169–173
132. Spina M, Scalvi A (2018) Vancouver B2 periprosthetic femoral fractures: a comparative study of stem revision versus internal fixation with plate. Eur J Orthop Surg Traumatol 28(6): 1133–1142
133. Stange R, Raschke MJ, Fuchs T (2011) Periprothetische Frakturen. https://link-springer-com.ezproxy.uni-giessen.de/article/10.1007/s00113-011-2024-8. Zugriff am 27.7.2023
134. Statista (19.08.2022) Lebenserwartung - Entwicklung in Deutschland bis 2060. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/273406/umfrage/entwicklung-der-lebenserwartung-bei-geburt--in-deutschland-nach-geschlecht/. Zugriff am 12.1.2023
135. Statista (10.06.2023) Implantationen künstlicher Hüftgelenke nach Alter 2021. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/785143/umfrage/implantationen-kuenstlicher-hueftgelenke-in-deutschen-krankenhaeusern-nach-alter/. Zugriff am 10.6.2023
136. Statistisches Bundesamt Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern - Ausführliche Darstellung - 2005
137. Statistisches Bundesamt Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern (4-Steller) - 2020
138. Statistisches Bundesamt Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern (4-Steller) - 2021
139. Statistisches Bundesamt Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern (4-Steller) - 2021
140. Statistisches Bundesamt (05.10.2020) Einfluss demografischer Prozesse auf die Bevölkerungsstruktur. https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/Aspekte/demografie-prozesse-bevoelkerungsstruktur.html. Zugriff am 15.2.2023
141. Steffen A, Holstiege J, Goffrier B et al. (2017) Epidemiologie der rheumatoiden Arthritis in Deutschland – eine Analyse anhand bundesweiter vertragsärztlicher Abrechnungsdaten. Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in Deutschland (Zi)
142. Stoffel K, Sommer C, Kalampoki V et al. (2016) The influence of the operation technique and implant used in the treatment of periprosthetic hip and interprosthetic femur fractures: a systematic literature review of 1571 cases. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 136(4): 553–561

143. Stoffel K, Blauth M, Joeris A et al. (2020) Fracture fixation versus revision arthroplasty in Vancouver type B2 and B3 periprosthetic femoral fractures: a systematic review. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 140(10): 1381–1394
144. Terese Sara Høj Jørgensen, Annette Højmann Hansen, Marie Sahlberg, Gunnar H. Gislason, Christian Torp-Pedersen, Charlotte Andersson, Ellen Holm (2014) Falls and comorbidity: The pathway to fractures. Scandinavian Journal of Public Health
145. Terhune EB, Hannon CP, Burnett RA et al. (2021) Daily Dose of Preoperative Opioid Prescriptions Affects Outcomes After Total Knee Arthroplasty. J Arthroplasty 36(7): 2302–2306
146. Thien TM, Chatziagorou G, Garellick G et al. (2014) Periprosthetic femoral fracture within two years after total hip replacement: analysis of 437,629 operations in the nordic arthroplasty register association database. Periprosthetic femoral fracture within two years after total hip replacement: analysis of 437,629 operations in the nordic arthroplasty register association database (19)
147. Thomsen MN, Jakubowitz E, Seeger JB et al. (2008) Fracture load for periprosthetic femoral fractures in cemented versus uncemented hip stems: an experimental in vitro study. Orthopedics 31(7): 653
148. Trieb K, Fialka C (2016) Proximale periprothetische Femurfrakturen: Klassifikation und Therapie. Z Orthop Unfall 154(6): 639–653
149. Tschauner C, Hrsg. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Thieme, Stuttgart
150. Tsiridis E, Spence G, Gamie Z et al. (2007) Grafting for periprosthetic femoral fractures: strut, impaction or femoral replacement. Injury 38(6): 688–697
151. Tuty Kuswardhani RA, Henrina J, Pranata R et al. (2020) Charlson comorbidity index and a composite of poor outcomes in COVID-19 patients: A systematic review and meta-analysis. Diabetes Metab Syndr 14(6): 2103–2109
152. van Houwelingen AP, Duncan CP (2011) The pseudo A(LT) periprosthetic fracture: it's really a B2. Orthopedics 34(9): e479-81
153. van Moncada LV (2011) Management of falls in older persons: a prescription for prevention. Am Fam Physician 84(11): 1267–1276
154. Varady NH, Gillinov SM, Yeung CM et al. (2021) The Charlson and Elixhauser Scores Outperform the American Society of Anesthesiologists Score in Assessing 1-year Mortality Risk After Hip Fracture Surgery. Clin Orthop Relat Res 479(9): 1970–1979
155. Vioreanu MH, Parry MC, Haddad FS et al. (2014) Field testing the Unified Classification System for peri-prosthetic fractures of the pelvis and femur around a total hip replacement : an international collaboration. Bone Joint J 96-B(11): 1472–1477
156. Vu T, Finch CF, Day L (2011) Patterns of comorbidity in community-dwelling older people hospitalised for fall-related injury: a cluster analysis. BMC Geriatrics 11: 45
157. Walter N, Szymski D, Kurtz SM et al. (2023) What Are the Mortality, Infection, and Nonunion Rates After Periprosthetic Femoral Fractures in the United States? Clin Orthop Relat Res

158. Wilhelm W, Hrsg. Praxis der Anästhesiologie. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
159. Wolfe F, Kong SX (1999) Rasch analysis of the Western Ontario MacMaster questionnaire (WOMAC) in 2205 patients with osteoarthritis, rheumatoid arthritis, and fibromyalgia. Annals of the Rheumatic Diseases 58(9): 563–568
160. WOMAC® (08.08.2021) WOMAC® 3.1 Index Knee and Hip Osteoarthritis Index. https://www.womac.com/womac/index.php. Zugriff am 25.5.2023
161. Worlicek M, Koch M, Daniel P et al. (2021) A retrospective analysis of trends in primary knee arthroplasty in Germany from 2008 to 2018. Sci Rep 11(1)
162. Yasen AT, Haddad FS (2014) Periprosthetic fractures: bespoke solutions. Bone Joint J 96-B(11 Supple A): 48–55
163. Young SW, Walker CG, Pitto RP (2008) Functional outcome of femoral peri prosthetic fracture and revision hip arthroplasty: a matched-pair study from the New Zealand Registry. Acta Orthop 79(4): 483–488
164. Zheng L, Lee W-Y, Hwang D-S et al. (2016) Could Patient Underwent Surgical Treatment for Periprosthetic Femoral Fracture after Hip Arthroplasty Return to Their Status before Trauma? Hip Pelvis 28(2): 90–97
165. Zhu Y, Chen W, Sun T et al. (2015) Risk factors for the periprosthetic fracture after total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. Scand J Surg 104(3): 139–145

7.3 Fragebögen

7.3.1 Harris Hip Score

Schmerzen

kein Schmerz		44
leichter Schmerz	gelegentliche Beschwerden oder geringgradige Schmerzwahrnehmung, die Aktivität ist nicht behindert	40
geringe Schmerzen	keine Auswirkung auf die durchschnittliche Aktivität, selten mäßige Schmerzen nach ungewohnten Tätigkeiten, gelegentlich z.B. Aspirin	30
mäßige Schmerzen	Schmerz erträglich, regelmäßige Arbeit möglich, jedoch Behinderung bei gewöhnlicher Aktivität, gelegentlich stärkere Analgetika erforderlich	20
deutliche Schmerzen	starke gelegentlich auftretende und wieder vergehende Schmerzen, ernsthafte Einschränkung des Aktivitätsniveaus, stärkere Schmerzmittel	10
schwere Schmerzen	starker Schmerz auch im Bett, der Schmerz zwingt den Patienten überwiegend im Bett zu bleiben, schwerste Beeinträchtigung	0
Ergebnis		

Activities of Daily Life

Treppen steigen	eine Stufe nach der anderen ohne Nachziehen des Beines und ohne den Gebrauch eines Geländers	4
	Stufe nach Stufe ohne Nachziehen eines Beines, aber mit Geländer	2
	Treppengehen ist noch möglich mit beliebigen Hilfsmitteln	1
	Patient ist nicht in der Lage Treppen zu steigen	0
Öffentliche Verkehrsmittel	Patient ist in der Lage, öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen	1
Sitzen	Patient kann bequem auf jedem Stuhl für 1 Stunde sitzen	5
	Patient kann bequem auf einem hohen Stuhl für eine halbe Stunde sitzen	3
	Patient ist nicht in der Lage, auf irgendeinem Stuhl bequem zu sitzen	0
Schuhe und Strümpfe anziehen	Patient kann ohne weiteres Strümpfe anziehen und Schuhe binden	4
	Patient kann unter Schwierigkeiten Strümpfe anziehen und Schuhe binden	2
	Patient ist nicht in der Lage, Schuhe oder Strümpfe anzuziehen	0
Ergebnis		

Gehfähigkeit

Hinken	kein Hinken	11
	leichtes Hinken	8
	mäßiges Hinken	5
	schweres Hinken	0
Gehhilfen	keine	11
	einzelner Stock für längere Strecken	7
	einzelner Stock für die meiste Zeit	5
	eine Unterarm-Gehstütze	3
	zwei Stöcke	2
	zwei Unterarm-Gehstützen oder Gehunfähigkeit	0
Entfernungen	unbegrenzt	11
	zwei Kilometer	8
	200 bis 500 Meter	5
	nur in der Wohnung	2
	Bett oder Stuhl	0
Ergebnis		

Deformitäten

Adduktions-kontraktur	weniger als 10 Grad	1
	10 Grad oder mehr	0
Innenrotations-kontraktur	weniger als 10 Grad	1
	10 Grad oder mehr	0
Beuge-kontraktur	weniger als 15 Grad	1
	15 Grad oder mehr	0
Beinlängen-differenz	weniger als 3 cm	1
	3 cm oder mehr	0
Ergebnis		

Mobilität (in allen Ebenen)

Mobilität	300-210°	5
	209-160°	4
	159-100°	3
	99-60°	2
	59-30°	1
	29-0°	0
Ergebnis		

7.3.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

A Fragen zum Schmerz

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Stärke der Schmerzen, die Sie im operierten Gelenk haben. Bitte geben Sie für jede Frage die Stärke der Schmerzen an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben.

(Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an).

1. Gehen auf ebenem Boden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2. Treppen hinauf- oder hinuntersteigen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3. Nachts im Bett	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4. Sitzen oder liegen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5. Aufrecht stehen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

B Fragen zur Steifigkeit

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Steifigkeit (nicht die Schmerzen) des operierten Gelenks. Steifigkeit ist ein Gefühl von Einschränkung oder Langsamkeit in der Beweglichkeit, wenn Sie Ihre Gelenke bewegen. Bitte geben Sie für jede Frage die Stärke der Steifigkeit an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben.

1. Wie stark ist die Steifigkeit gerade nach dem Erwachen am Morgen?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2. Wie stark ist Ihre Steifigkeit nach Sitzen, Liegen oder Ausruhen im späteren Verlauf des Tages?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

C Fragen zur körperlichen Tätigkeit

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Tätigkeit. Damit ist Ihre Fähigkeit gemeint, sich im Alltag zu bewegen und sich um sich selbst zu kümmern. Bitte geben Sie für jede der folgenden Aktivitäten den Schwierigkeitsgrad an, den Sie in den letzten 2 Tagen wegen Beschwerden in Ihrem operierten Gelenk gespürt haben.

1. Treppen hinuntersteigen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2. Treppen hinaufsteigen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3. Aufstehen vom Sitzen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4. Stehen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5. Sich zum Boden bücken	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6. Gehen auf ebenem Boden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7. Einsteigen ins Auto/Aussteigen aus dem Auto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8. Einkaufen gehen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9. Socken/Strümpfe anziehen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10. Aufstehen vom Bett	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11. Socken/Strümpfe ausziehen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12. Liegen im Bett	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13. Ins Bad/aus dem Bad steigen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14. Sitzen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15. Sich auf die Toilette setzen/Aufstehen von der Toilette	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16. Anstrengende Hausarbeiten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17. Leichte Hausarbeiten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

7.3.3 Charlson Comorbidity Index

Krankheitsbild	***Gewichtung***
Herzinfarkt	1
Kongestives Herzversagen	1
Periphere arterielle Verschlusserkrankung	1
Zerebrovaskuläre Erkrankung	1
Demenz	1
Chronische Lungenerkrankung	1
Kollagenose	1
Ulkusleiden	1
Milde Lebererkrankung	1
Diabetes mellitus	1
Hemiplegie	2
Moderate bis schwere Nierenerkrankung	2
Diabetes mellitus mit Endorganschaden	2
Tumor	2
Leukämie	2
Lymphom	2
Moderate bis schwere Lebererkrankung	3
Metastasierender solider Tumor	6
AIDS	6
Alter	
<50 Jahre	0
50-59 Jahre	1
60-69 Jahre	2
70-79 Jahre	3
80-89 Jahre	4
>90 Jahre	5

Nach Charlson et al. [22,23]

7.4 Einverständniserklärung

Patienten-Information und -Einwilligung
zur Durchführung einer klinischen Studie
mit volljährigen einwilligungsfähigen Patienten[1]

Prüfstelle: Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Rudolf-Buchheim-Str. 7, 35392 Gießen, 0641-985-44601
Prüfarzt: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Christian Heiß

Postoperatives Outcome nach periprothetischen Femurfrakturen – Einflussfaktoren auf Mortalität und Lebensqualität

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wir möchten Sie fragen, ob Sie bereit sind, an der nachfolgend beschriebenen klinischen Studie teilzunehmen.

Klinische Studien sind notwendig, um Erkenntnisse über die Wirksamkeit und Verträglichkeit von medizinischen Behandlungsmethoden zu gewinnen oder zu erweitern. Die klinische Studie, die wir Ihnen hier vorstellen, wurde von der zuständigen Ethikkommission zustimmend bewertet. Diese klinische Prüfung wird in Gießen durchgeführt; es sollen insgesamt ungefähr 150 Personen daran teilnehmen. Die Studie wird veranlasst, organisiert und finanziert durch das Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH dem Verantwortlichen für diese Studie.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Prüfung also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der klinischen Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Sie wurden bereits auf die geplante Studie angesprochen. Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf erläutern. Anschließend wird ein Prüfarzt das Aufklärungsgespräch mit Ihnen führen. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

1. Warum wird diese Studie durchgeführt?

Bislang hat man noch keine eindeutige Studienlage darüber, welche Faktoren das postoperative Ergebnis und die Sterberate nach der Versorgung von periprothetischen Oberschenkelfrakturen beeinflussen.
Von der Durchführung der vorgesehenen klinischen Prüfung erhoffen wir uns, diese Risikofaktoren identifizieren zu können. Insbesondere werden demographische Daten der Patienten, Behandlungscharakteristika wie eine präoperative kardiologische Untersuchung und die Schmerztherapie bis zu operativen Versorgung untersucht.
Des Weiteren wird ermittelt, ob sich die Ergebnisse der präoperativ erhobenen bildgebenden Diagnostik mit dem intraoperativen Befund decken und welchen Einfluss dies auf die Operation hat.
Ferner werden auch die Faktoren: Zeit zwischen Bruch und Versorgung, präoperative Schmerzmedikationen und Nebenerkrankungen untersucht.

2. Wie ist der Ablauf der Studie und was muss ich bei Teilnahme beachten?

[1] Im Rahmen dieses Textes schließt die männliche Bezeichnung stets die weibliche Bezeichnung mit ein.

Bei Aufnahme in diese klinische Studie wird die Vorgeschichte Ihrer Krankheit erhoben und Sie werden einer umfassenden ärztlichen Untersuchung unterzogen. Dazu gehört insbesondere Fragen zur Beurteilung des postoperativen Ergebnis und der Lebensqualität.

Bei Teilnahme an der Studie müssen Sie einen Termin in der Poliklinik wahrnehmen, bei dem unter anderem ein Gespräch stattfinden wird. Es wird zum Einen untersucht, wie sich die Beweglichkeit und die Deformität der betroffenen Region verhalten. Zum Anderen werden Beschwerden und Probleme bei alltäglichen Aktivitäten abgefragt. Die Untersuchung sollte einen Zeitaufwand von einer Stunde nicht überschreiten. Die Termine werden zuvor vereinbart. Bitte geben Sie bei Verhinderung rechtzeitig Bescheid, um eine Alternative zu vereinbaren.

3. Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Sie werden durch die Teilnahme an dieser Studie außer einer ärztlichen Untersuchung voraussichtlich keinen persönlichen Gesundheitsnutzen haben. Die Ergebnisse der Studie können aber möglicherweise dazu beitragen, das Erkennen von Risikofaktoren und die positive Beeinflussung des postoperativen Ergebnisses so wie die Lebenserwartung zukünftig zu verbessern.

4. Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Generell sind von der Untersuchung keine Risiken zu erwarten, da keine therapeutischen oder invasiven Maßnahmen erfolgen werden.

Bitte teilen Sie den Mitarbeitern der Prüfstelle alle Beschwerden, Erkrankungen oder Verletzungen mit, die im Verlauf der klinischen Prüfung auftreten. Falls diese schwerwiegend sind, teilen Sie den Mitarbeitern der Prüfstelle diese bitte umgehend mit.

5. Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an der klinischen Studie?

Durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten. Die direkten Kosten für die Untersuchungen werden vom Universitätsklinikum Gießen Marburg übernommen.

6. Bin ich während der klinischen Prüfung versichert?

Ja, ein Versicherungsschutz besteht über die Wegeversicherung zu ärztlichen Untersuchung (Unfallkasse Hessen).

7. Werden mir neue Erkenntnisse während der klinischen Studie mitgeteilt?

Sie werden, sofern gewünscht über neue Erkenntnisse, die in Bezug auf diese klinische Studie bekannt werden informiert.

8. Wer entscheidet, ob ich aus der klinischen Studie ausscheide?

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile bei Ihrer medizinischen Behandlung entstehen.

Unter gewissen Umständen ist es aber auch möglich, dass der Prüfarzt oder der für die Studie Verantwortliche entscheidet, Ihre Teilnahme an der klinischen Prüfung vorzeitig zu beenden, ohne dass Sie auf die Entscheidung Einfluss haben. Die Gründe hierfür können z.B. sein:

- Ihre weitere Teilnahme an der klinischen Studie ist ärztlich nicht mehr vertretbar
- es wird die gesamte klinische Studie abgebrochen.

9. Was geschieht mit meinen Daten?

Während der klinischen Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben oder elektronisch gespeichert. Die für die klinische Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben. Pseudonymisiert bedeutet, dass keine Angaben von Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur ein Nummern- und/oder Buchstabencode, evtl. mit Angabe des Geburtsjahres.

Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert. Einzelheiten entnehmen Sie bitte der Einwilligungserklärung, die im Anschluss an diese Patienteninformation abgedruckt ist.

10. An wen wende ich mich bei weiteren Fragen?

Beratungsgespräche an der Prüfstelle

Sie haben stets die Gelegenheit zu weiteren Beratungsgesprächen mit dem auf Seite 1 genannten oder einem anderen Prüfarzt.

Datenschutz:

Mir ist bekannt, dass bei dieser klinischen Prüfung personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der klinischen Prüfung folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der klinischen Prüfung teilnehmen.

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser klinischen Studie personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern im Uniklinikum Gießen Marburg aufgezeichnet werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (verschlüsselt) weitergegeben werden.

2. Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass autorisierte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Beauftragte des Verantwortlichen sowie die zuständigen Überwachungsbehörden in meine beim Prüfarzt vorhandenen personenbezogenen Daten, insbesondere meine Gesundheitsdaten, Einsicht nehmen, soweit dies für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde ich den Prüfarzt von der ärztlichen Schweigepflicht.

3. Ich bin bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der klinischen Prüfung beenden kann. Im Fall eines solchen Widerrufs meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist, um sicherzustellen, dass meine schutzwürdigen Interessen nicht beeinträchtigt werden. Falls ich meine Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, widerrufe, müssen alle Stellen, die meine personenbezogenen Daten, insbesondere Gesundheitsdaten, gespeichert haben, unverzüglich prüfen, inwieweit die gespeicherten Daten zu dem vorgenannten Zweck noch erforderlich sind. Nicht mehr benötigte Daten sind unverzüglich zu löschen.

4. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie zehn Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit nicht gesetzliche, satzungsmäßige oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen

5. Zusätzlich werden Sie hiermit über die in der DS-GVO festgelegten Rechte informiert (Artikel 12 ff. DS-GVO):

   Rechtsgrundlage

   Die Rechtsgrundlage zur Verarbeitung der Sie betreffenden personenbezogenen Daten bilden bei klinischen Studien Ihre freiwillige schriftliche Einwilligung gemäß DS-GVO sowie der Deklaration von Helsinki (Erklärung des Weltärztebundes zu den ethischen Grundsätzen für die medizinische Forschung am Menschen) und der Leitlinie für Gute Klinische Praxis. Bei Arzneimittel-Studien ist zusätzlich das Arzneimittelgesetz Rechtsgrundlage, bei Medizin-produkte-Studien entsprechend das Medizinproduktegesetz anzuwenden.

   Bezüglich Ihrer Daten haben Sie folgende Rechte (Artikel 13 ff. DS-GVO):

   Recht auf Auskunft
   Sie haben das Recht auf Auskunft über die Sie betreffenden personenbezogenen Daten, die im Rahmen der klinischen Studie erhoben, verarbeitet oder ggf. an Dritte übermittelt werden (Aushändigen einer *kostenfreien* Kopie) (Artikel 15 DS-GVO).

   Recht auf Berichtigung
   Sie haben das Recht Sie betreffende unrichtigen personenbezogene Daten berichtigen zu lassen (Artikel 16 und 19 DS-GVO).

   Recht auf Löschung
   Sie haben das Recht auf Löschung Sie betreffender personenbezogener Daten, z. B. wenn diese Daten für den Zweck, für den sie erhoben wurden, nicht mehr notwendig sind (Artikel 17 und 19 DS-GVO).

   Recht auf Einschränkung der Verarbeitung
   Unter bestimmten Voraussetzungen haben Sie das Recht auf Einschränkung der Verarbeitung zu verlangen, d.h. die Daten dürfen nur gespeichert, nicht verarbeitet werden. Dies müssen Sie beantragen. Wenden Sie sich hierzu bitte an ihren Prüfer oder an den Datenschutzbeauftragten des Prüfzentrums (Artikel 18 und 19 DS-GVO).

   Im Falle der Berichtigung, Löschung, Einschränkung der Verarbeitung werden zudem all jene benachrichtigt, die Ihre Daten erhalten haben (Artikel 17 (2) und Artikel 19 DS-GVO).

   Recht auf Datenübertragbarkeit
   Sie haben das Recht, die sie betreffenden personenbezogenen Daten, die sie dem Verantwortlichen

für die klinische Studie / klinische Prüfung bereitgestellt haben, zu erhalten. Damit können Sie beantragen, dass diese Daten entweder Ihnen oder, soweit technisch möglich, einer anderen von Ihnen benannten Stelle übermittelt werden (Artikel 20 DS-GVO).

Widerspruchsrecht
Sie haben das Recht, jederzeit gegen konkrete Entscheidungen oder Maßnahmen zur Verarbeitung der Sie betreffenden personenbezogenen Daten Widerspruch einzulegen (Art 21 DS-GVO). Eine solche Verarbeitung findet anschließend grundsätzlich nicht mehr statt.

Einwilligung zur Verarbeitung personenbezogener Daten und Recht auf Widerruf dieser Einwilligung

Die Verarbeitung ihrer personenbezogenen Daten ist nur mit Ihrer Einwilligung rechtmäßig (Artikel 6 DS-GVO).

Sie haben das Recht, ihre Einwilligung zur Verarbeitung personenbezogener Daten jederzeit zu widerrufen. Es dürfen jedoch die bis zu diesem Zeitpunkt erhobenen Daten durch die in der Patienteninformation- und Einwilligungserklärung zu der jeweiligen klinischen Studie/Prüfung genannten Stellen verarbeitet werden (Artikel 7, Absatz 3 DS-GVO).

Benachrichtigung bei Verletzung des Schutzes personenbezogener Daten („Datenschutzpannen")

Hat eine Verletzung des Schutzes personenbezogener Daten voraussichtlich ein hohes Risiko für Ihre persönlichen Rechte und Freiheiten zur Folge, so werden Sie unverzüglich benachrichtigt (Artikel 34 DS-GVO).

Möchten Sie eines dieser Rechte in Anspruch nehmen, wenden Sie sich bitte an Ihren Prüfer oder an den Datenschutzbeauftragten Ihres Prüfzentrums. Außerdem haben Sie das **Recht, Beschwerde bei der/den Aufsichtsbehörde/n einzulegen**, wenn Sie der Ansicht sind, dass die Verarbeitung der Sie betreffenden personenbezogenen Daten gegen die DS-GVO verstößt (**siehe Kontaktdaten**).

Kontaktdaten

Datenschutz: Kontaktdaten Prüfzentrum

Datenschutzbeauftragter		**Datenschutz-Aufsichtsbehörde**	
Name:	Frank-Peter Loubal	Name:	Der Hessische Datenschutzbeauftragte
Adresse:	Rudolf-Buchheim-Straße 8 35392 Gießen	Adresse:	Gustav-Stresemann-Ring 1 65189 Wiesbaden
Telefon:	0641 985 40062	Telefon:	0611-140 80
E-Mail:	Frank-Peter.Loubal@uk-gm.de	E-Mail:	poststelle@datenschutz.hessen.de

Für die Datenverarbeitung Verantwortlicher	
Name:	Dr. Markus Rupp
Adresse:	Rudolf-Buchheim-Str. 7 35392 Gießen
Telefon:	0641-985 44601
E-Mail:	Markus.Rupp@chiru.med.uni-giessen.de

Prüfstelle: Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Rudolf-Buchheim-Str. 7, 35392 Gießen, 0641-985-44601
Prüfarzt: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Christian Heiß

Postoperatives Outcome nach periprothetischen Femurfrakturen – Einflussfaktoren auf Mortalität und Lebensqualität

Einwilligungserklärung

.....
Name des Patienten in Druckbuchstaben

geb. am ..... Teilnehmer-Nr. .....

Ich bin in einem persönlichen Gespräch durch

.....

ausführlich und verständlich über die zu prüfende Behandlungsmethode und die Vergleichsmethode sowie über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der klinischen Studie aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Patienteninformation sowie die hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden. Ich hatte die Gelegenheit, mit dem Prüfarzt über die Durchführung der klinischen Prüfung zu sprechen. Alle meine Fragen wurden zufrieden stellend beantwortet.

Möglichkeit zur Dokumentation zusätzlicher Fragen seitens des Patienten oder sonstiger Aspekte des Aufklärungsgesprächs:

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Prüfung zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile für meine medizinische Behandlung entstehen.

Ich erkläre mich bereit,
an der oben genannten klinischen Studie
freiwillig teilzunehmen.

Ein Exemplar der Patienten-Information und -Einwilligung sowie der Datenschutzerklärung habe ich erhalten. Ein Exemplar verbleibt im Prüfzentrum.

.....
Name des Patienten in Druckbuchstaben

.....	.....
Datum	Unterschrift des **Patienten**

Ich habe die Datenschutzerklärung zur Kenntnis genommen.

.....
Name des Patienten in Druckbuchstaben

.....	.....
Datum	Unterschrift des **Patienten**

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Patienten eingeholt.

.....
Name des Untersuchers/der Untersucherin in Druckbuchstaben

.....	.....
Datum	Unterschrift des aufklärenden **Untersuchers/der Untersucherin**

7.5 Publikationsverzeichnis

El Khassawna, T.; Knapp, G.; Scheibler, N.; Malhan, D.; Walter, N.; Biehl, C.; Alt, V.; Heiss, C.; Rupp, M. Mortality, Risk Factors and Risk Assessment after Periprosthetic Femoral Fractures—A Retrospective Cohort Study. J. Clin. Med. 2021, 10, 4324. https://doi.org/10.3390/ jcm10194324

7.6 Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

_____ _____

Ort/Datum Unterschrift

7.7 Danksagung

Ich möchte einen großen Dank an alle Menschen aussprechen, die mich bei der dieser Dissertation unterstützt haben.

Insbesondere danke ich Professor Dr. rer. nat. Thaqif El Khassawna für die Möglichkeit, diese Arbeit unter seiner Leitung verwirklichen zu können.

Außerdem gilt mein Dank Herrn Professor Dr. med. Markus Rupp für die hervorragende Unterstützung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit. Besonders für seine ständige Diskussions- und Hilfsbereitschaft sowie für sein Feedback möchte ich mich herzlich bedanken.

Ebenfalls bin ich dankbar für die vielen Hilfestellungen, die ich durch die Mitarbeitenden des Institutes erhalten habe.

Meiner Familie, meinen Freunden und Kommilitonen möchte ich danken für die uneingeschränkte und vielseitige Unterstützung und den Rückhalt während der gesamten Zeit, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei den Patienten bedanken, die sich für diese Studie zur Verfügung gestellt haben. Dies ist keine Selbstverständlichkeit und ermöglicht erst solche wissenschaftliches Arbeiten.