

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ. Prof. Dr. med. Joachim Windolf

**Funktionelles Ergebnis nach Implantation einer
modularen inversen Schulterprothese im Vergleich zur
humeruskopferhaltenden Plattenosteosynthese**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Franziska Leibnitz

2021

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Sebastian Gehrmann

Zweitgutachter: PD Dr. med. Lars Schimmöller

Zusammenfassung

Die *proximale* Humerusfraktur zählt mit 4-5 % aller Frakturen zu den dritthäufigsten Frakturen des älteren Menschen. Auf Grund des demografischen Wandels ist in den letzten Jahren eine steigende Inzidenz der Patienten mit *proximaler* Humerusfraktur sichtbar. Während nicht dislozierte *proximale* Humerusfrakturen gute Ergebnisse im Kurzzeit- und Langzeitverlauf durch eine konservative Therapie erzielen, werden die chirurgischen Versorgungskonzepte bei dislozierten Frakturen kontrovers diskutiert. In den letzten Jahren hat die primäre Anwendung der inversen Schulterprothese (ISP) gegenüber der Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese (WSPOS) an Bedeutung gewonnen. Studien, die das klinische *Outcome* von Patienten mit ISP gegenüber von Patienten mit WSPOS erzielen, sind ausstehend. Ziel dieser Studie ist es, die klinische Schulterfunktion, die Aktivitäten des täglichen Lebens, Komplikationen, Revisionsoperationen und die Schmerzeinschätzung der Patienten mit ISP und WSPOS direkt miteinander zu vergleichen.

Es handelt sich um eine retrospektive klinische Studie, in die 17 *matched-pairs* eingeschlossen wurden. Alle Probanden wurden zwischen November 2011 und Februar 2016 auf Grund einer traumatisch bedingten *proximalen* Humerusfraktur operativ mittels ISP oder WSPOS versorgt. Neben allgemeinen Daten wie Geschlecht, Alter, Body Mass Index, Unfallursache, -ort und -monat, wurde die Klassifikation nach Neer, Händigkeit, zusätzliche Unfallfolgen, der zeitliche Abstand zwischen Unfall und Operation, Operationsdauer, der *American Society of Anesthesiologists* (ASA Grad), Komplikationen und die Verweildauer ausgewertet. In der Nachuntersuchung der Probanden wurde die Numerische Rating Skala (NRS), der Katz-Index, der SF-12, der *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand-Score* und der *Oxford Shoulder Score* angewendet. Zur Beurteilung des funktionellen Ergebnisses wurden die Adduktions-, Abduktions-, Anteversions- und Retroversionsbewegungen getestet. Alle Probanden wurden frühestens ein Jahr postoperativ untersucht. Der Operationszeitpunkt zwischen den Probanden der *matched-pairs* betrug $\leq$ sechs Monate. Alle Patienten waren älter als 60 Jahre und die Altersdifferenz zwischen den Gruppen war $\leq$ fünf Jahre. Insgesamt 34 Probanden mit einem Altersdurchschnitt von 76,6 Jahren wurden in die Studie eingeschlossen. Die operative Behandlung erfolgte 5,2 Tage nach dem Unfallereignis mit signifikanten Unterschieden zwischen den Gruppen (ISP: 6,9 Tage, WSPOS: 3,5 Tage). Die Operationszeit der Probanden mit ISP war mit 97 min signifikant länger als bei Probanden mit WSPOS (78 min). Im NRS zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Weder im Katz-Index noch im SF-12 waren signifikante Unterschiede erkennbar. Auch im DASH oder OSS bestand keine Signifikanz zwischen den *matched-pairs*. Im funktionellen Ergebnis der operativ versorgten Seite konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in allen untersuchten Bewegungsumfängen festgestellt werden. Die Gruppe der ISP zeigte im Gesamtkollektiv eine geringere Revisionsrate im Vergleich zu Patienten, die eine WSPOS erhielten.

Die hier vorliegende Studie zeigt, dass bei älteren Patienten mit *proximaler* Humerusfraktur im klinischen *Outcome* zwischen ISP und WSPOS klinisch vergleichbare Ergebnisse erzielt werden konnten. Bei Patienten, die eine ISP erhielten, war die Revisionsrate sogar geringer. Daher stellt die operative Versorgung *proximaler* Humerusfrakturen durch ISP bei Patienten im höheren Lebensalter, insbesondere im Hinblick auf eine älter werdende Bevölkerung im Rahmen des demographischen Wandels, eine gute Alternative zur Versorgung mittels WSPOS dar. Da das Gesamtkollektiv als eher klein anzusehen ist, könnte die Durchführung einer multizentrischen Studie über einen längeren Zeitraum die Qualität der Studie erheblich verbessern.

Abstract

The proximal humerus fracture is one of the third most common fractures in elderly patients, accounting for 4-5 % of all fractures. Due to demographic change, there has been an increasing incidence of patients with proximal humerus fractures in recent years. While non-displaced fractures achieve good short- and long term results by conservative treatment, surgical treatment for dislocated fractures discussed controversially. In recent years, the primary use of the inverse shoulder prosthesis (ISP) has gained importance compared to the treatment using angle-stable plate osteosynthesis (WSPOS). Studies on the clinical outcome of patients with ISP versus patients with WSPOS are pending. Aim of this study is to investigate the clinical shoulder function, the activities of daily life, complications, revision operations and the pain assessment of the patients with ISP and WSPOS.

It is a retrospective clinical study. 17 matched pairs were included. Between November 2011 and February 2016, all patients were treated surgically using ISP or WSPOS due to a trauma-related proximal humerus fracture. In addition to general data such as gender, age, body mass index, cause, location and month of accident, the classification according to Neer, handedness, additional consequences of the accident, time between accident and operation, the duration of the operation, the American Society of Anesthesiologists (ASA grade), complications and length of stay are evaluated. The numerical rating scale (NRS), the Katz Index, the SF-12, the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score and the Oxford Shoulder Score were used in the follow-up examination of the probands. To assess the functional result, the adduction, abduction, anteversion and retroversion movements were tested. All test persons were examined at least one year postoperatively. The time of operation between the patients of the matched pairs was $\leq$ six months. All patients were older than 60 years and the age-difference between the groups was $\leq$ five years.

A total of 34 probands with an average age of 76.6 years were included. Surgical treatment was performed on average 5.2 days after the accident, with significant differences between the two groups (ISP: 6.9 days, WSPOS: 3.5 days). The surgery time of ISP was significantly longer (97 min) than for WSPOS (78 min). The NRS showed no significant differences between the groups. There were no significant differences in either the Katz Index or the SF-12. There was also no significance between the matched pairs in DASH or OSS. In the functional result of the surgically treated side, no significant difference could be found between the groups in all examined ranges of motion (ROM). The ISP group showed a lower revision rate compared to patients who received WSPOS.

The present study shows that in elderly patients with proximal humerus fracture, clinically comparable results between ISP and WSPOS could be achieved. The revision surgery was even lower in patients who underwent an ISP. Surgical treatment of proximal humerus fractures by ISP in elderly patients, especially in view of an aging population in the context of demographic development, is therefore a good alternative to treatment using WSPOS.

Since the overall collective is rather small, the implementation of a multi-center study over a longer period of time could considerably improve the quality of the study.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 01: Original der Schulterprothese von J.E. Pèan [29].	3
Abb. 02: Neer-II-Monoblock-Prothese (Fa. Smith u. Nephew) [29].	4
Abb. 03: Inverses Prothesensystem nach Kessel (1973) [29].	6
Abb. 04: Inverse Schulterprothese nach Grammont (Delta-Prothese 1985) [29].	6
Abb. 05: Biomechanik inverser Schulterprothesen [40].	7
Abb. 06: Schematische Darstellung der Versorgung einer Fraktur mittels Platte von Hansmann 1886 [48].	8
Abb. 07: Artikulierende Skelettelemente eines rechten Schultergelenkes [63].	10
Abb. 08: Beweglichkeit des Schultergelenkes [64].	11
Abb. 09: Muskeln der rechten Schulter und des Oberarms in der Ansicht von dorsal [63].	12
Abb. 10: Inverse Schulterprothese der Firma LIMA Corporate® [66].	16
Abb. 11: PHILOS® Platte der Firma DePuy Synthes® [67].	18
Abb. 12: Platten der Firma DePuy Synthes® [67].	18
Abb. 13: Frakturen des proximalen Humerus - Einteilung nach Neer [69].	22
Abb. 14: Alter und Anzahl der Probanden zum Zeitpunkt der Operation.	31
Abb. 15: Alter und Anzahl der Probanden zum Zeitpunkt der Datenerhebung.	31
Abb. 16: Saisonale Frakturhäufung.	34
Abb. 17: Anzahl der Probanden nach Neerklassifikation.	35
Abb. 18: Zeitlicher Abstand zwischen Unfall und Operation in Tagen.	37
Abb. 19: American Society of Anesthesiologists Risk Classifikation der Probanden.	39
Abb. 20: Numerische Rating Skala der Probanden in Ruhe.	42
Abb. 21: Numerische Rating Skala der Probanden bei alltäglicher Bewegung.	43
Abb. 22: Fragebogen.	76 - 82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 01: American Society of Anesthesiologists Risk Classification [71].	23
Tabelle 02: Bewegungsumfänge betroffene Seite im Vergleich zwischen ISP und WSPOS.	48
Tabelle 03: Bewegungsumfänge gesunde Seite im Vergleich zwischen ISP und WSPOS.	48

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr(e)
A.	Arteria
Abb.	Abbildung
Art.	Articulatio
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body Mass Index
CT	Computertomografie
d	Tag(e)
DASH	Disabilities of Arm, Shoulder and Hand-Score
h	Stunde(n)
FPS-R	Faces Pain Scale – Revised (Smiley-Skala)
HA	anatomische Frakturhemiprothese
HRQoL	Health Related Quality of Life gesundheitsbezogene Lebensqualität
ISP	inverse Schulterprothese
Katz-Index	Katz-Index of Activities of Daily Living
M.	Musculus
max	Maximum
MFK	Mittelfußknochen
min	Minimum
Min	Minute(n)
NRS	Numerische Rating Skala
PROFHER	PROximal Fracture of the Humerus: Evaluation by Randomisation
OPS	Operations- und Prozedurenschlüssel
OSS	Oxford Shoulder Score
R	Spannweite, Range
RCT	randomisierte kontrollierte Studie
ROM	Range of Motion
s	Standardabweichung
SF-12	12-Item Short Form Health Survey
SF-36	36-Item Short Form Health Survey
WSPOS	winkelstabile Plattenosteosynthese

VAS	Visuelle Analog Skala
VRS	Verbale Rang Skala
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Abstract	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
Inhaltsverzeichnis	VII
1. Einleitung	1
1.1. Epidemiologie der proximalen Humerusfraktur	1
1.2. Therapie proximaler Humerusfrakturen im deutschsprachigen Raum	2
1.3. Historisches zur Humeruskopffrakturversorgung mittels Schulterprothese	3
1.4. Modulare inverse Schulterprothese (ISP).....	5
1.4.1. <i>Entwicklung und biomechanisches Prinzip der inversen Schulterprothese</i>	5
1.5. Winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).....	8
1.5.1. <i>Historie zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen mittels Plattenosteosynthese</i>	8
1.5.2. <i>Biomechanik winkelstabiler Platten</i>	9
1.6. Anatomie der Schulter	9
1.7. Ziele der Studie	13
2. Material und Methoden	15
2.1. Allgemeines.....	15
2.2. Modulare inverse Schulterprothese der Firma LIMA Corporate®	15
2.2.1. <i>Aufbau</i>	15
2.2.2. <i>Operationstechnik</i>	16
2.3. Plattenosteosynthese mit PHILOS® Platten der Firma DePuy Synthes®.....	17
2.3.1. <i>Aufbau</i>	17
2.3.2. <i>Operationstechnik</i>	18
2.4. Datenerhebung.....	19
2.5. Patientenkollektiv.....	20
2.5.1. <i>Ein- und Ausschlusskriterien</i>	20
2.6. Studienablauf	20
2.6.1. <i>Fragebogen</i>	20
2.6.2. <i>Klinische Untersuchung</i>	21
2.6.3. <i>Fraktуреinteilung des Schweregrades nach Neer</i>	21
2.7. Klinische Scores	23
2.7.1. <i>American Society of Anesthesiologists Risk Classification (ASA)</i>	23
2.7.2. <i>Numerische Rating Skala (NRS)</i>	23
2.7.3. <i>Katz-Index of Activities of Daily Living (Katz-Index)</i>	24
2.7.4. <i>12-Item Short Form Health Survey (SF-12)</i>	24
2.7.5. <i>Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)</i>	25
2.7.6. <i>Oxford Shoulder Score (OSS)</i>	26
2.8. Statistische Methoden	26
2.8.1. <i>Deskriptive (univariante) Statistik</i>	27
2.8.2. <i>t-Test</i>	27
2.8.3. <i>Wilcoxon Test</i>	27
2.8.4. <i>Chi-Quadrat-Test</i>	28

3. Ergebnisse	29
3.1. Patienten	29
3.1.1. <i>Patientenanzahl</i>	29
3.1.2. <i>Geschlechterverteilung</i>	30
3.1.3. <i>Altersverteilung</i>	30
3.1.4. <i>Body Mass Index (BMI)</i>	32
3.2. Fraktur	32
3.2.1. <i>Unfallursache</i>	32
3.2.2. <i>Unfallort</i>	33
3.2.3. <i>Unfallmonat</i>	33
3.2.4. <i>Frakturklassifikation nach Neer</i>	34
3.2.5. <i>Frakturseite und Händigkeit</i>	35
3.2.6. <i>Zusätzliche Unfallfolgen</i>	36
3.3. Operation	37
3.3.1. <i>Zeitlicher Abstand zwischen Unfall und Operation</i>	37
3.3.2. <i>Operationsdauer</i>	38
3.3.3. <i>American Society of Anesthesiologists Risk Classification (ASA)</i>	38
3.4. Komplikationen	39
3.4.1. <i>Präoperative Komplikationen</i>	39
3.4.2. <i>Intraoperative Komplikationen</i>	39
3.4.3. <i>Postoperative Komplikationen und Revisionsoperationen</i>	40
3.5. Verweildauer	41
3.5.1. <i>Gesamte stationäre Verweildauer</i>	41
3.5.2. <i>Präoperative stationäre Verweildauer</i>	41
3.5.3. <i>Postoperative stationäre Verweildauer</i>	41
3.6. Nachuntersuchung	42
3.6.1. <i>Scoreauswertung</i>	42
3.6.2. <i>Funktionelles Ergebnis</i>	45
4. Diskussion	49
Literaturverzeichnis	66
Anhang	76

1. Einleitung

1.1. Epidemiologie der proximalen Humerusfraktur

Die *proximale* Humerusfraktur ist mit 4-5 % aller Frakturen nach der *proximalen* Femurfraktur und der *distalen* Radiusfraktur die dritthäufigste Fraktur des älteren Menschen und somit die zweithäufigste Fraktur an der oberen Extremität [1] [2] [3] [4]. 70-75 % der Patienten mit einer *proximalen* Humerusfraktur sind über 60 Jahre alt [5] [6] [7]. Die Inzidenz von *proximalen* Humerusfrakturen liegt bei 70/100.000 Einwohnern pro Jahr. Bei über 70-jährigen steigt sie sogar bis auf 400/100.000 Einwohnern pro Jahr an [8]. Aufgrund des demografischen Wandels konnte in den letzten Jahren ein Anstieg der Inzidenz beobachtet werden. Frauen sind circa doppelt so häufig von einer *proximalen* Humerusfraktur betroffen als Männer [1]. Lind *et al.* beschrieb in seiner Studie 1989, dass sogar 75,8 % der Betroffenen weiblich sind. Dieses ist darin begründet, dass Frauen im Alter deutlich häufiger an Osteoporose erkranken [9] [10]. Bei Patienten über 50 Jahren mit *proximaler* Humerusfraktur konnte eine messbar verminderte Knochendichte nachgewiesen werden [11]. Daraus resultierend kann bereits ein einfacher Sturz zu einer Fraktur führen. Einsiedel *et al.* berichteten 2006, dass bei 60 % der Patienten dem Sturzereignis mit daraus resultierender Humeruskopffraktur bereits bis zu drei Stürze in den letzten zwei Jahren vorausgingen. Bei 15 % der Betroffenen waren es sogar mehr als fünf Stürze in diesem Zeitraum [12]. Zum Großteil (53,3 %) finden laut Lind *et al.* die Stürze bei über 60-jährigen zu Hause statt [7]. In einer Studie von Court-Brown *et al.* wird deutlich, dass mit steigendem Lebensalter nicht nur die Häufigkeit, sondern auch die Komplexität einer *proximalen* Humerusfraktur zunimmt [13]. Insgesamt ist die Evidenzlage, in wieweit eine konservative Behandlung der chirurgischen vorzuziehen ist, sehr schwach [14]. Ein Vergleich zwischen konservativer und operativer Therapie wurde in der PROFHER Studie (*PROximal Fracture of the Humerus: Evaluation by Randomisation*) untersucht [15]. In die in Großbritannien durchgeführte Studie wurden 250 Probanden ab einem Alter von 16 Jahren einbezogen. Es wurde kein signifikanter Unterschied im klinischen *Outcome* der operativ versorgten Patienten zu der konservativ therapierten Patientengruppe festgestellt. Auch Fjalestad *et al.*

konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen konservativer oder mit WSPOS versorgten Patienten mit 3- und 4-Segment Fraktur in ihrer Studie aufzeigen [16]. Bei komplexeren Frakturen ist jedoch die konservative der operativen Therapie unterlegen [17] [18].

Allgemeine Indikationen zur operativen Versorgung sind neben Luxations- und Head-Split-Frakturen auch pathologische Frakturen oder Frakturen mit offenen Weichteilverletzungen und geschlossen irreponiblen Schaftfrakturen mit einem Schaftversatz um mehr als 50% [1] [20] [21]. Durch eine übungsstabile Versorgung der Fraktur ist eine früh-funktionelle Beübung des betroffenen Armes möglich. Dabei wird nicht nur eine schnellere Schmerzfreiheit, sondern auch eine zügigere Eingliederung in den Alltag erreicht und eine längere Ruhigstellung vermieden. Auch eine Frakturausheilung in Fehlstellung wird vermieden [15] [20] [22].

1.2. Therapie proximaler Humerusfrakturen im deutschsprachigen Raum

50-80 % aller Humeruskopffrakturen werden konservativ behandelt [5] [23] [24].

Müller *et al.* hat in einer Befragung von 348 Krankenhäusern im deutschsprachigen Raum festgestellt, dass heute 60 % aller Humeruskopffrakturen konservativ behandelt werden [21]. Von den operativ versorgten Patienten ist mit 63,4 % aller Operationen die WSPOS das Mittel der ersten Wahl. 30,9 % der Patienten haben eine *intramedulläre* Nagelosteosynthese erhalten, während 10,1 % der Betroffenen mit einem prothetischen Ersatz versorgt wurden [21]. Auch Tepass *et al.* kam zu ähnlichen Ergebnissen [25].

Klug *et al.* führte eine Datenanalyse in Deutschland durch und stellte für den Zeitraum von 2007 bis 2016 einen Anstieg der operativen Therapie einer *proximalen* Humerusfraktur um 39 % fest. Dabei stand die Versorgung mittels WSPOS mit 48,3 % weiterhin im Vordergrund. Die Verwendung der ISP stieg um das Achtfache [26]. Auch Erdle *et al.* beschrieben, dass insbesondere bei älteren Patienten mit komplexen *proximalen* Humerusfrakturen eine primäre prothetische Versorgung sinnvoll ist, wenn eine konservative Therapie keine Alternative darstellt [14]. Weitere Autoren beschrieben in den letzten Jahren, dass der Einsatz der ISP auf Grund ihrer geringen Komplikationsraten und besserer Ergebnisse im funktionellen *Outcome* in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewann [14] [20] [27].

1.3. Historisches zur Humeruskopffrakturversorgung mittels Schulterprothese

Bereits 1885 stellte der rumänische Arzt Gluck (1853-1942) seine Idee über die Verpflanzung von Gelenken der Berliner Medizinischen Gesellschaft vor [28]. Nachdem er 1890 einer an Tuberkulose erkrankten Patientin erfolgreich eine zweiteilige Knieprothese bestehend aus Elfenbein implantierte, entwarf er ein Jahr später eine ebenfalls aus Elfenbein bestehende Schulterprothese. Eine Implantation beim Menschen wurde nicht dokumentiert. Trotzdem gilt Gluck als Begründer der Endoprothetik [29]. 1893 konnte der französische Chirurg Péan (1830-1898) in Paris die erste Schulterprothese bei einem 37-jährigen Mann, welcher im *proximalen* Bereich des *Humerus* an Tuberkulose erkrankt war, erfolgreich implantieren [30] (Abb. 01). Die Prothese wurde von Michaels, einem französischen Zahnarzt, entworfen und hergestellt [30]. Sie bestand aus einem Platinzylinder und einer Hartgummikugel. Wegen einer chronischen Fistelung musste die Prothese zwei Jahre nach der Implantation wieder entfernt werden [29].



Abb. 01: Original der Schulterprothese von J.E. Péan [29].

In den darauffolgenden 50 Jahren wurden Prothesen aus unterschiedlichen Materialien gefertigt und implantiert. Beispielsweise setzte der Chirurg König eine Prothese aus Elfenbein ein [31]. Die Entwicklung einer Prothese aus Acrylharz von Judet blieb genauso erfolglos, wie die Prothese von Krueger, die aus Vitallium mit gefensterter Schaft bestand. Aufgrund von Infektionen, frühzeitiger Lockerung oder ungeeignetem Material blieb ein durchbrechender Erfolg der Implantation von Schulterprothesen zunächst aus [29]. 1953 veröffentlichte der amerikanische Chirurg Neer (1917-2011) eine Publikation über die erfolgreiche Implantation seiner 1951 entwickelten Humeruskopfprothese aus Vitallium bei einem größeren

Patientenkollektiv. Diese Prothese wurde vor allem bei Patienten mit einer Humeruskopffraktur verwendet [32] [33] [34]. Neer legte so den Grundstein für die moderne Schulterendoprothetik. Es handelte sich um eine nichtmodulare Monoblockprothese mit zwei verschiedenen Kalottenhöhen und einem festen Kopfradius [35]. In den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts entwickelte Neer diese Prothese weiter und so entstand 1973 eine Schulterprothese, die als Prothese der ersten Generation angesehen werden kann und seit 1982 lange als Standard in der Schulterendoprothetik galt [36]. Bei der Neer-II-Prothese handelte es sich um eine nichtmodulare Monoblockprothese, bei der man die Auswahl zwischen verschiedenen Kopfgrößen, Schaftlängen und Schaftdurchmessern hatte (Abb. 02). Außerdem bestand die Möglichkeit eines Glenoidersatzes [37] [38].



Abb. 02: Neer-II-Monoblock-Prothese (Fa. Smith u. Nephew) [29].

Alle Prothesen der zweiten Generation basieren auf der Grundlage der von Neer entwickelten Neer-I-Prothese. Der Unterschied der weiterentwickelten Prothesen besteht darin, dass es sich um modulare Prothesen handelt und die Kalottenanatomie berücksichtigt wird. Bis dahin war der Kopf der Prothese größer als die eigentliche Anatomie des Humeruskopfes [37]. Seit diesem Zeitpunkt war es nun auch möglich verschiedene Schäfte mit unterschiedlichen Kalotten zu kombinieren und einen anatomischen Zustand der Kopfkalotte herzustellen [32] [36] [38]. 1991 entwarfen Walch und Boileau eine der Kopfanatomie angepasste Prothese. Es entstand ein dreifach modulares Prothesensystem. Dadurch war es mit der Prothese der dritten Generation erstmalig möglich, eine zweiachsige Verstellbarkeit

herzustellen [36] [38]. Die vierte Generation der Schulterprothesen wurde sowohl von Gerber (1997) als auch von Habermeyer (1998) vorgestellt [36]. Bei diesen Prothesen ist eine stufenlose Modularität um drei Achsen möglich. Die Kopfreion, der Prothesenschaft und die Kalotte sind frei in verschiedenen Ebenen verstellbar [38]. Modulare Prothesen der fünften Generation unterscheiden sich im Aufbau kaum von den Prothesen der vierten Generation, können aber bei Bedarf von einer konventionellen Schulterprothese in eine inverse Schulterprothese umgewandelt werden [32]. Neben diesen Standardprothesen wurden auch Spezialanfertigungen hergestellt. Darunter befindet sich unter anderem die von Grammont entwickelte modulare inverse Schulterprothese.

1.4. Modulare inverse Schulterprothese (ISP)

1.4.1. Entwicklung und biomechanisches Prinzip der inversen Schulterprothese

Bei einer modularen inversen bzw. reversen Schulterprothese (ISP) werden der konkave und der konvexe Gelenkpartner des *Articulatio humeri* getauscht. Das bedeutet, dass sich der konvexe Gelenkkopf nicht am *Humerus* sondern an der *Scapula* befindet und die konkave Gelenkpfanne nicht von der *Cavitas glenoidalis* sondern vom *Humerus* gebildet wird. Neben der Indikation großer Rotatorenmanschettendefekte nimmt die Verwendung solcher Prothesen in den letzten Jahren stetig zu. Auch wenn die ISP noch immer höhere Komplikationsraten aufweist, als anatomische Prothesen [39], wird sie inzwischen als Alternative zur anatomischen Prothese bei Omarthrosen, rheumatoider Arthritis oder *proximalen* Humerusfrakturen eingesetzt. Eine Revisionsendoprothetik bei Versagen herkömmlicher Prothesen stellt ebenso eine Indikation für eine inverse Schulterprothese dar [39] [40].

Neer entwarf in den frühen 1970er Jahren mehrere Modelle einer inversen Mark-Schulterprothese. Bei allen drei Mark-Prothesen von Neer blieben die klinischen Ergebnisse schlecht und die Lockerungsraten hoch. Deshalb gab er 1974 die Entwicklung der ISP wieder auf [41]. Neben Neer versuchten auch Andere eine ISP zu entwickeln, die insbesondere bei Patienten mit großen Rotatorenmanschettende-

fekten eingesetzt werden konnte. So entwarfen beispielsweise Reeves (1971), Kölbel und Friedebold (1972) und Kessel (1973) verschiedene ISP Modelle [29] [42] (Abb. 03).



Abb. 03: Inverses Prothesensystem nach Kessel (1973) [29].

Die im Jahre 1985 von Grammont entwickelte Delta-I-Prothese konnte sich durchsetzen und gilt heute als Prototyp der ISP [43]. Alle modernen Prothesen beruhen auf dem Prinzip der aus der Delta-I weiterentwickelten Delta-III-Prothese (Abb. 04).



Abb. 04: Inverse Schulterprothese nach Grammont (Delta-Prothese 1985) [29].

Dabei beruhen alle Modelle auf dem Prinzip des medialisierten und kaudalisierten Drehzentrums, welches seit 1991 mit der inversen Delta-III-Schultertotalendoprothese nach Grammont eingeführt wurde [40] [44] (Abb. 05). Da das *Articulatio humeri* hauptsächlich muskulär gesichert ist, kommt es bei einer Zerstörung der

Rotatorenmanschette zur Instabilität und Dezentrierung des Schultergelenkes. Mit der Implantation einer herkömmlichen Schulterprothese kann eine Zentralisierung und Stabilisierung des Humeruskopfes auf dem *Glenoid* nicht erreicht werden. Der *M. deltoideus* zieht das *Caput humeri* nach *kranial*. Daher verlagert sich das Rotationszentrum des Gelenkes ebenfalls nach *kranial*. Dieses führt im Verlauf zu einer übermäßigen arthrotischen Veränderung des Schultergelenkes.

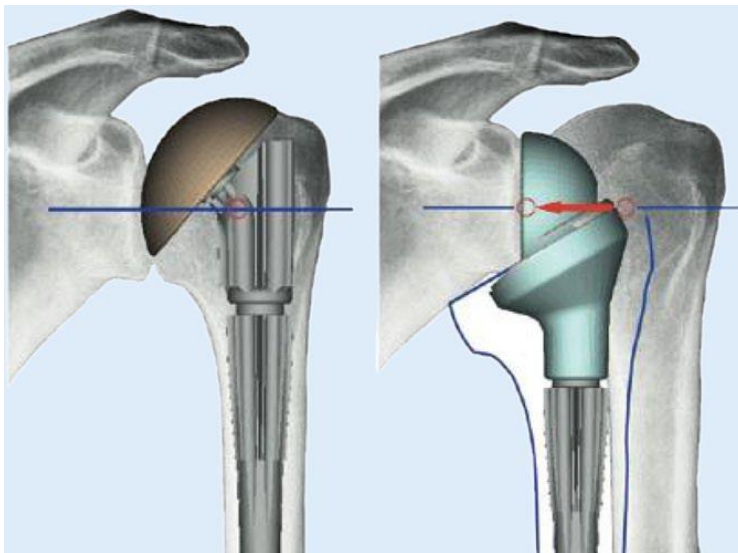


Abb. 05: Biomechanik inverser Schulterprothesen [40].

Durch die Umkehr der anatomischen Verhältnisse wird eine *kraniale* Verschiebung des Rotationszentrums verhindert. Durch eine Medialisierung des Drehzentrums des Schultergelenkes wird der Hebelarm des *M. deltoideus* durch eine erhöhte Vorspannung verlängert und die Hebelkräfte vergrößert [45]. Die fehlende Funktion der Rotatorenmanschette kann mit einer ISP durch die Funktion des *M. deltoideus* somit teilweise kompensiert werden. Wegen des *inferioren Notchings* ist die ISP mit einer erhöhten Lockerungsrate der glenoidalen Basisplatte versehen. Gutiérrez *et al.* zeigten, dass eine *inferior* exzentrisch mit neutraler Position angebrachte Glenosphäre dieses Problem allerdings minimieren kann und gleichzeitig der Bewegungsumfang und die Kraftentwicklung vergrößert wird [39] [46] [47]. Die Verlagerung des Drehzentrums führt allerdings ebenfalls dazu, dass die Abduktions- und Rotationsbewegungen im Vergleich zu anatomischen Prothesen geringer sind [45]. Dies liegt darin begründet, dass das Gelenk an die benachbarten knöchernen Strukturen der *Scapula* und Komponenten der *Mm. triceps* und *biceps brachii* stößt.

1.5. Winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS)

1.5.1. Historie zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen mittels Plattenosteosynthese

Die Versorgung von Frakturen mittels Platte und Schrauben wurde erstmals von Hansmann im Jahre 1886 beschrieben (Abb. 06). Er gilt damit als Begründer der Plattenosteosynthese [48] [49] [50].

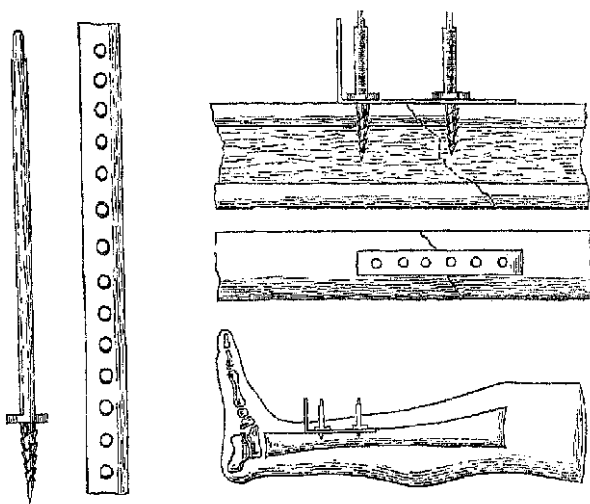


Abb. 06: Schematische Darstellung der Versorgung einer Fraktur mittels Platte von Hansmann 1886 [48].

Ende des 19./Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelten die Chirurgen Lambotte und Lane die Plattenosteosynthese weiter [50]. Lambotte gilt als Begründer des Begriffes "Osteosynthese" [51]. Der belgische Chirurg Danis entwickelte 1938 die sogenannte Kompressionsplatte [50] [52]. Eine Platte mit der erstmals eine stabile Osteosynthese möglich wurde und eine längere Ruhigstellung der betroffenen Extremität verhindert werden konnte [50]. Erst 1949 wurde darüber berichtet, dass eine Platte zur Behandlung einer Humeruskopffraktur zum Einsatz kam. Es handelte sich um eine *subcapitale* Fraktur. Diese wurde mit einer Winkelplatte aus Vitallium versorgt [53]. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden nicht dislozierte Humeruskopffrakturen, wie auch heutzutage teilweise noch üblich [21], konservativ behandelt. Dislozierte Frakturen des Oberarmkopfes wurden geschlossen reponiert und danach entweder weiter konservativ behandelt oder mittels Schrauben, Drähten oder Fadencerclagen

stabilisiert [54]. Im Verlauf wurden die zunächst genutzten Winkel-, Kleeblatt- oder T-Platten von winkelstabilen Platten abgelöst. Aufgrund hoher Komplikationsraten wie Achsfehlstellungen, Durchblutungsstörungen des Humeruskopfes und Humeruskopfnekrosen war eine Weiterentwicklung erforderlich [5] [55] [56]. In einer Studie von Lill *et al.* über die Versorgung dislozierter *proximaler* Humerusfrakturen mittels T-Platte wird berichtet, dass 39 % der nachuntersuchten Patienten eine Humeruskopfnekrose ausbildeten. Bei 72 % wurde eine Fehlstellung der ausgeheilten Fragmente festgestellt [57]. Bereits 1931 schlug Reinold das Prinzip einer Platten-Schrauben-Verbindung vor, wobei sich "*ein Gewinde im Gewinde*" befindet [58]. Damit ist er der eigentliche Pionier der winkelstabilen Plattenosteosynthese. Zunächst wurden Platten entwickelt, bei denen die Auflagefläche mit dem Periost vermindert wurde [59]. Ende der 1990er Jahre wurde die Auflagefläche der Platte auf dem Periost sogar komplett vermieden. Um dies zu erreichen, wird das Prinzip einer internen Frakturschienung genutzt [60].

1.5.2. Biomechanik winkelstabiler Platten

Seit Anfang des 21. Jahrhunderts werden winkelstabile Plattensysteme im klinischen Alltag verwendet. Das Prinzip der winkelstabilen Plattenosteosynthese beruht auf dem, des Fixateur externe. Als Fixateur interne wirkt es als innere Schienung. Die Schrauben werden axial und winkelstabil in der Platte, in welcher sich ein Gewinde befindet, fixiert. Dadurch kommt es zur Winkelstabilität und ein Abkippen der Schrauben bei Belastung wird verhindert [61]. Durch die Verriegelung der Schraube in der Platte ist eine Auflage der Platte auf dem Periost nicht notwendig. Die Durchblutung des Periosts ist somit weiterhin gegeben. Auch weniger Schraubenlockerungen wurden in verschiedenen Studien nachgewiesen [62].

1.6. Anatomie der Schulter

Der Schultergürtel setzt sich aus mehreren Teilgelenken, Bändern und einem muskulären Apparat zusammen. Das eigentliche Gelenk der Schulter, auch *Articulatio humeri* und *Articulatio glenohumeralis* genannt, besteht aus dem *Caput humeri* (Humeruskopf), welches den Gelenkkopf bildet und der *Cavitas glenoidalis*

(Schulterpfanne) der *Scapula*, die die Gelenkpfanne darstellt. Das *Collum anatomicum* trennt den Humeruskopf vom *Corpus*. *Lateral* und *ventral* des *Collum anatomicum* befinden sich die *Tuberculi majus* und *minus humeri* (Abb. 07).

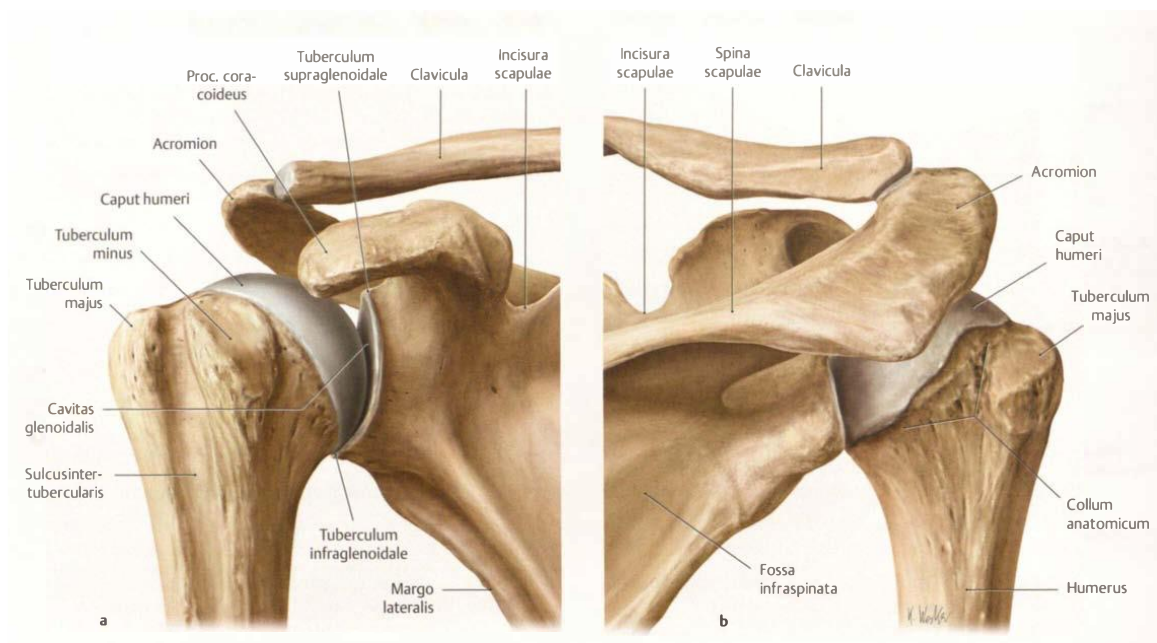


Abb. 07: Artikulierende Skelettelemente eines rechten Schultergelenkes [63].

a Ansicht von *ventral*.

b Ansicht von *dorsal*.

Über den Kapsel-Band-Apparat ist der Humeruskopf mit dem Schulterblatt und dem Brustkorb verbunden. Die Kapsel ist weit und schlaff und wird am *kranialen* und *kaudalen* Teil von Bändern überzogen. Zu diesen Bändern gehören die *Ligamenta glenohumeralia* und das *Ligamentum coracohumerale*. Da die Gelenkpfanne flach und der Humeruskopf im Vergleich wesentlich größer ist, der Bandapparat des Schultergelenkes relativ schwach ausgeprägt und auch die Kapsel relativ schlaff ist, ist im *Articulatio humeri* einerseits ein großer Bewegungsumfang möglich, andererseits ist es das anfälligste Gelenk des menschlichen Körpers. Um eine *kraniale* Luxation zu vermeiden, bildet das *Ligamentum coracoacromiale* über dem *Articulatio humeri* ein Schulterdach, den *Fornix humeri*. Zusätzlich senkt die Sehne des *Caput longum* des *Musculus biceps brachii* die Gefahr einer *kranialen* Luxation. Die Sehne wird zusätzlich vom *Ligamentum transversum humeri* überspannt und fixiert sie so im *Sulcus intertubercularis*. Damit sind auch diese zumindest indirekt an den Bewegungsumfängen im Schultergelenk beteiligt.

Die Mechanik im Schultergelenk kann in zwei Abschnitte unterteilt werden. Einerseits ist zu berücksichtigen, welche Bewegungen vom *Articulatio humeri* alleine ausgehen, andererseits, welche Bewegungen zusammen mit dem Schultergürtel, also mit dem *Articulatio sternoclavicularis* und *Articulatio acromioclavicularis* möglich sind. Auch das Schulterblatt-Thorax-Gelenk, welches kein Gelenk im eigentlichen Sinne ist, sondern nur ein Entlanggleiten der *Scapula* auf dem *Thorax* ermöglicht, spielt bei den Bewegungen der Schulter eine Rolle.

Das *Articulatio humeri* ist ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden. Neben der *Ab-* und *Adduktion* sind sowohl eine *Ante-* und *Retroversion*, als auch eine Innen- und Außenrotation möglich (Abb. 08). Um einen größeren Bewegungsumfang in der Schulter zu erreichen, sind zusätzlich die Bewegungen im Schultergürtel notwendig. Das durch das *Ligamentum coracoacromiale* gebildete Dach verhindert ab einer *Abduktion* von 120° aus der Neutral-Null-Stellung eine weitere *Abduktion* des Armes im Schultergelenk [64]. Aufgrund der Einengung des Humeruskopfes unter dem Schulterdach, muss erst eine Außenrotation im Schultergelenk erfolgen, um den Arm weiter *abduzieren* zu können. Das *Tuberculum majus* kann nicht unter das *Ligamentum coracoacromiale* verschoben werden. Durch die Außenrotation bewegt sich das kleinere *Tuberculum minus* nach *lateral* und eine *Abduktion* bis auf 160° ist möglich [64].

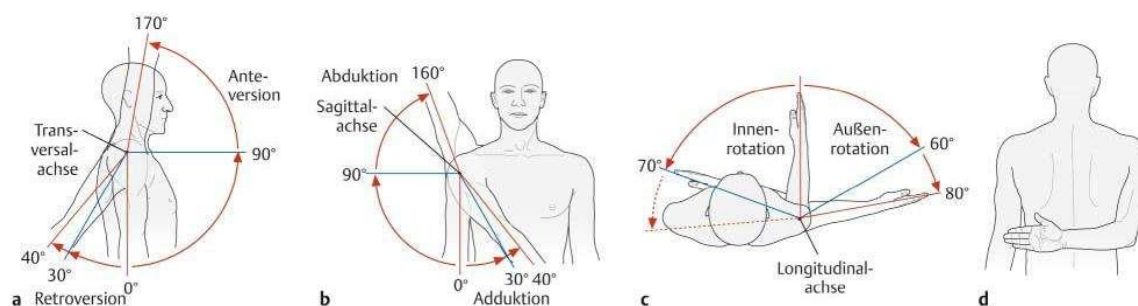


Abb. 08: Beweglichkeit des Schultergelenkes [64].

a *Ante-* und *Retroversion*.

b *Ab-* (ab 90° *Elevation*) und *Adduktion*.

c Innen- und Außenrotation mit rechtwinklig gebeugtem Unterarm als "Zeiger".

d Durch Bewegungen im Schultergürtel kann soweit innenrotiert werden, dass der Unterarm auf den Rücken gelangt ("Schürzenbindergriff").

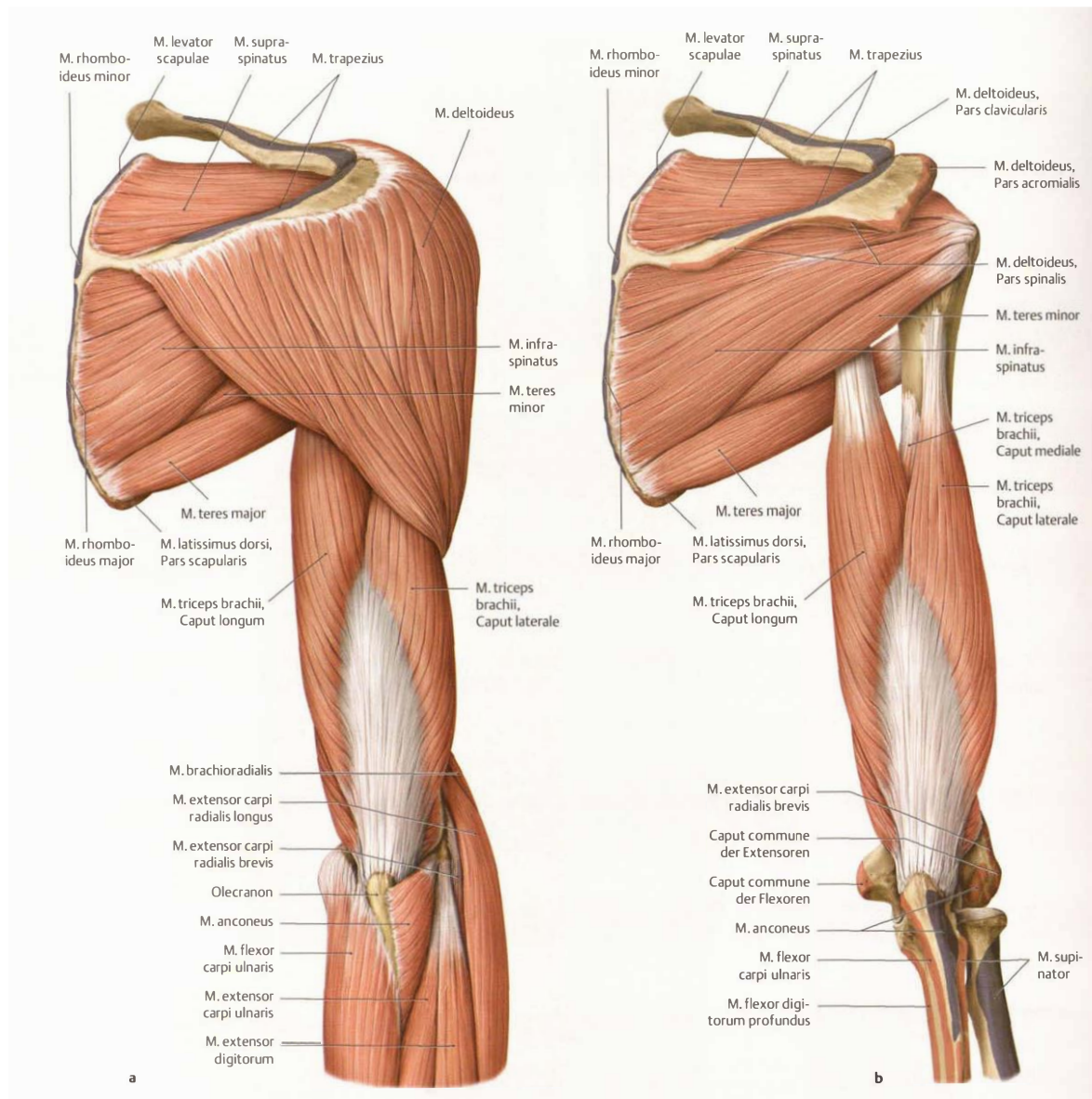


Abb. 09: Muskeln der rechten Schulter und des Oberarms in der Ansicht von dorsal [63].

a Nach Entfernung des *M. trapezius*.

b nach Entfernung des *M. deltoideus* sowie der Unterarmmuskeln.

Die eigentliche Stabilisierung des Schultergelenkes erfolgt muskulär durch die sogenannte Rotatorenmanschette. Zu dieser Gruppe zählen die *Musculi infraspinatus*, *supraspinatus*, *teres minor* und *subscapularis*. Auch der *Musculus deltoideus*, welcher vom *Corpus humeri* über den Humeruskopf an die *Scapula* und *Clavicula* ansetzt, ist mit seinem *Pars acromialis* der wichtigste *Abduktor* bis 90° im *Articulatio humeri*. Mit seinen *Pars clavicularis* und *spinalis* ist er an weiteren Bewegungsumfängen der Schulter beteiligt. Der *Musculus pectoralis major* und der *Musculus latissimus dorsi* sind die Hauptadduktoren im Schultergelenk. Auch der *Musculus*

coracobrachialis, der *Musculus teres major* und die *Musculi biceps* und *triceps brachii* tragen zu dem Bewegungsausmaß der Schulter bei. Neben diesen Muskeln, die direkt auf das *Articulatio humeri* wirken, bilden weitere Muskeln Schlingen, die zwischen Schultergürtel und Rumpf entlangziehen und ebenfalls für die Bewegungen im Schultergelenk mit verantwortlich sind (Abb. 09).

Die Gefäßversorgung des Humeruskopfes erfolgt über die *Arteriae circumflexae humeri anterior* und *posterior*. Es sind Äste der *Arteria axillaris*, die aus der *A. subclavia* entspringt. Die *A. circumflexa anterior* ist weniger stark ausgeprägt, als die *A. circumflexa posterior* [64]. Sie zieht um das *Collum chirurgicum* zur Kapselregion und dem *M. deltoideus* und gibt die *A. arcuata* ab, die zur Versorgung der Kalotte durch den *Sulcus intertubercularis* zieht. Die *A. circumflexa humeri posterior* zieht mit dem *Nervus axillaris* durch die *laterale* Achsellücke auch zum *M. deltoideus*. Diese Arterien können bei einer Humeruskopffraktur verletzt werden und zu einer Minderversorgung des Humeruskopfes und so zu einer posttraumatischen Humeruskopfnekrose führen [1].

Nerval wird die Schulter sowohl motorisch als auch sensibel von den Ästen des *Plexus brachialis* versorgt. Besonders der *N. axillaris*, der aus dem *Fasciculus posterior* entspringt und um das *Collum chirurgicum* zieht, ist bei Humeruskopffrakturen gefährdet [1].

1.7. Ziele der Studie

Auf Grund des demographischen Wandels nimmt die Anzahl der Patienten, die sich im höheren Lebensalter eine *proximale* Humerusfraktur zuziehen, kontinuierlich zu. Es besteht Einigkeit darüber, dass dislozierte Frakturen operativ versorgt werden sollen. Trotz der stetigen Weiterentwicklung der operativen Therapieverfahren *proximaler* Humerusfrakturen liegt jedoch kein einheitliches Behandlungskonzept zur Therapie solcher Frakturen vor.

Ziel dieser Studie ist es, das klinische *Outcome* von Patienten mit Humeruskopffraktur zu ermitteln, die operativ mittels modularer inverser Schulterprothese (ISP) der Firma LIMA Corporate® oder winkelstabiler Plattenosteosynthese (WSPOS) der Firma DePuy Synthes® (PHILOS®-Platte) versorgt wurden. Untersuchte Parameter

hierfür sind die klinische Schulterfunktion, die Aktivitäten des täglichen Lebens, die aufgetretenen Komplikationen, die Revisionsoperationen und die patienteneigene Schmerzeinschätzung. Im direkten Vergleich im Sinne von *matched-pairs*, soll herausgefunden werden, ob die ISP eine operative Alternative für die WSPOS, insbesondere beim Menschen über 60 Jahre, darstellt.

2. Material und Methoden

2.1. Allgemeines

Bei der angefertigten Arbeit handelt es sich um eine retrospektive klinische Studie. Nach Beantragung und Genehmigung des Ethikvotums bei der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf mit der Nummer 5623 vom 15.09.2016 wurde die Studie durchgeführt.

2.2. Modulare inverse Schulterprothese der Firma LIMA Corporate®

2.2.1. Aufbau

Das SMR *reverse* System der Firma LIMA Corporate® gibt es seit 2002 (Abb. 10). Es besteht die Möglichkeit sowohl eine anatomische Schulterprothese, als auch eine inverse Prothese zu implantieren. Nach Implantation einer anatomischen Prothese besteht zudem die Option später auf eine inverse Prothese zu wechseln, ohne den Humerusschaft reseziieren zu müssen. Die Prothese besteht aus verschiedenen Komponenten, welche jeweils in unterschiedlichen Größen zur Verfügung stehen. Im Glenoidbereich der *Scapula* wird eine sogenannte *Metal-back* Platte zementfrei eingesetzt. In dieser Basisplatte wird eine inverse Glenosphäre verankert, welche nun als neuer Gelenkkopf dient. Am Humerusschaft werden zementierte oder zementfreie Schäfte nach Resektion des Humeruskopfes und Vorbereitung des Schaftes eingebracht. Auf diesen Schaft wird ein *Spacer*, *Body* und *Adapter* angebracht, der nun als neue, inverse Gelenkpfanne dient [65] [66].

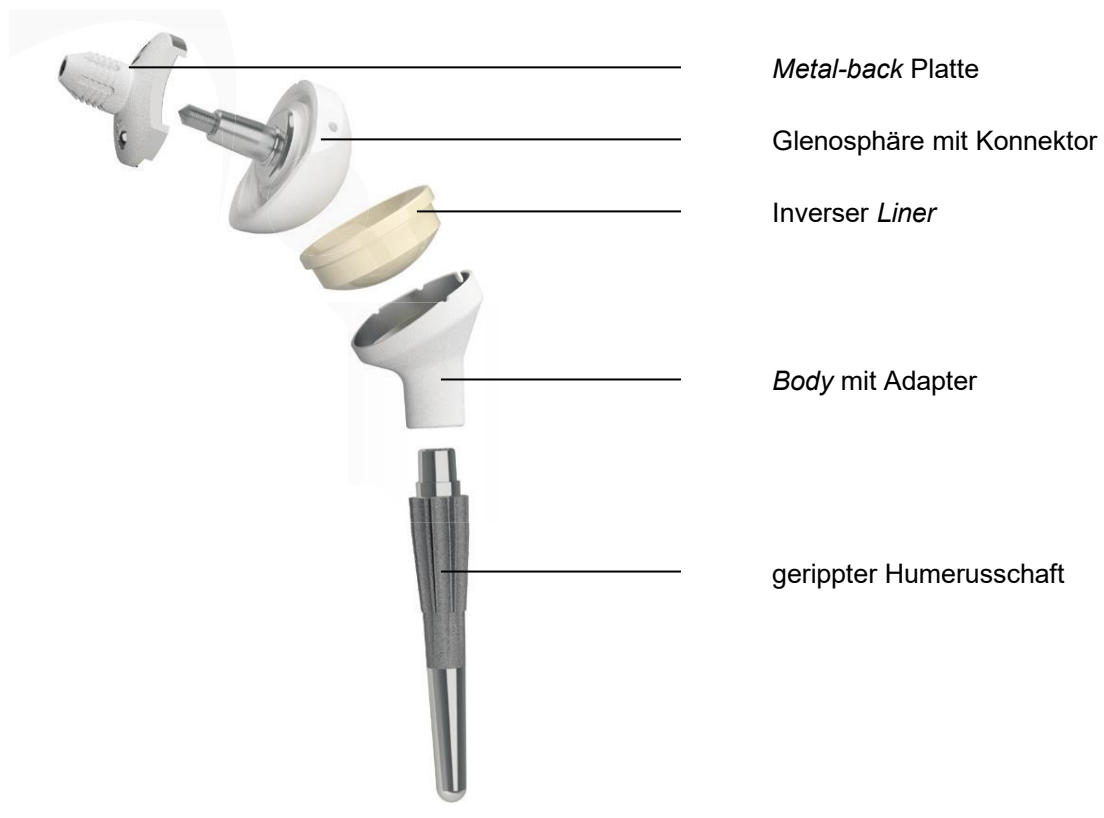


Abb. 10: Inverse Schulterprothese der Firma LIMA Corporate® [66].

2.2.2. Operationstechnik

Die Patienten werden in *Beach-Chair* Lagerung gelagert. Nach Desinfektion des Armes, der Schulter- und der Halsregion, erfolgt die sterile Abdeckung des Operationsgebietes und eine einmalige präoperative Antibiotikagabe. Zunächst wird ein längsverlaufender Hautschnitt in *deltoideopectoraler* Region durchgeführt und der *M. deltoideus* dargestellt und stumpf gespalten. Nach Darstellung der Frakturregion, werden je nach Fraktur die verschiedenen Sehnen der Rotatorenmanschette ange-schlungen und mit einer Knochenschuppe vom Humeruskopf gelöst. Die lange Bi-zepssehne wird an ihrem Ursprung reseziert. Nachdem die Frakturfragmente ge-borgen werden, wird ggf. der restliche Humeruskopf reseziert und das *Glenoid* dar-gestellt. Nach Einbringen eines Zieldrahtes wird das *Glenoid* mittels Fräse entknor-pelt und das *Metal-back* mit *Glenosphäre* aufgebracht. Danach wird der Humerus-schaft dargestellt, der Schafrand geglättet und der Markraum des Schaftes bis zur gewünschten Größe aufgebohrt. Nachdem zur Testung der Größe ein Probeschäft in den aufgebohrten Markraum eingebracht und nach luxationsfreiem Sitz wieder entfernt wird, wird der Markraum ausgiebig gespült. Nun besteht die Möglichkeit die

Prothese zementiert oder zementfrei einzubringen. Bei der zementfreien Variante wird geprüft, ob sich der Schaft im aufgebohrten Markraum gut verankern lässt und bei gutem Sitz im Humerusschaft belassen. Soll die Prothese zementiert werden, wird zunächst ein Markraumstopper, danach der Zement und schlussendlich der Prothesenschaft eingebracht und ein Aushärten des Zementes abgewartet. Anschließend werden in beiden Fällen die Teile der Rotatorenmanschette repositioniert, die Wunde gespült und mit einer Redon Drainage versorgt. Abschließend erfolgt der Verschluss der Wunde mittels Faszien-, Subkutan- und Kutannaht. Der Arm wird postoperativ auf ein Thorax-Abduktionskissen gelagert.

2.3. Plattenosteosynthese mit PHILOS® Platten der Firma DePuy Synthes®

2.3.1. Aufbau

Bei den PHILOS® Platten der Firma DePuy Synthes® handelt es sich um aus Titan bestehende interne Verriegelungsplatten für Humeruskopffrakturen, welche in zwei Ausführungen zur Verfügung stehen (Abb. 11 und 12). Es kann zwischen der PHILOS® und der PHILOS Long® *Plate* gewählt werden. Beide Platten haben im *proximalen* Bereich neun Schraubenlöcher. Der Hersteller empfiehlt dabei mindestens vier Schrauben zur Stabilisierung in dieser Region einzusetzen. Der Unterschied zwischen der normalen und der *Long* Platte besteht in der Anzahl der Schraubenlöcher im distalen Bereich und in der Form der Löcher. Die PHILOS® Platte hat eine Länge von 90 oder 114 mm und ist mit drei bzw. fünf Löchern versehen. Ein Schraubenloch ist hierbei jeweils für die Stellschraube vorgesehen. Von der PHILOS Long® *Plate* gibt es verschiedene Längen, welche zwischen 106 und 286 mm variieren. Die Anzahl der Löcher ist ebenfalls variabel und besteht zwischen drei und 13 Langlöchern. Auch hier ist ein Loch für die Stellschraube vorgesehen [67].

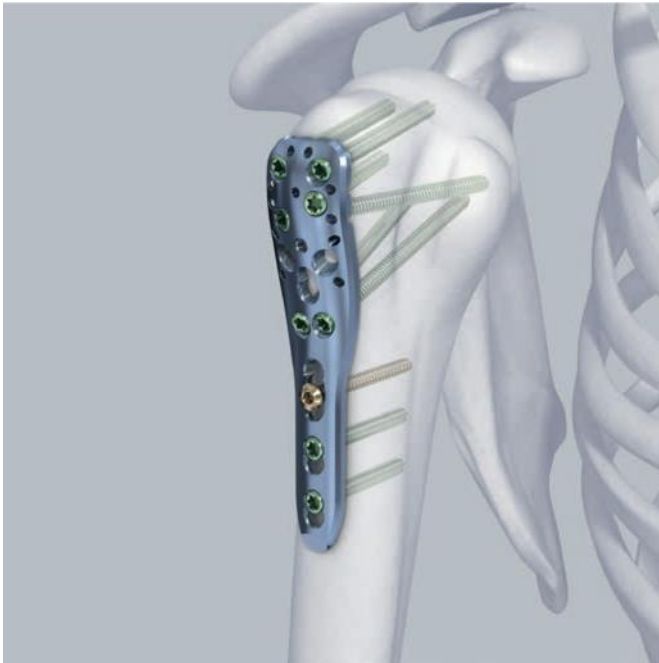


Abb. 11: PHILOS® Platte der Firma DePuy Synthes® [67].



Abb. 12: Platten der Firma DePuy Synthes® [67].

oben: PHILOS®.

unten: PHILOS® Long Plate.

2.3.2. Operationstechnik

Die Patienten werden in *Beach-Chair* Lagerung gelagert. Nach Desinfektion des Armes, der Schulter- und der Halsregion, erfolgt die sterile Abdeckung des Operationsgebietes und eine einmalige Antibiotikagabe. Zunächst wird ein längsverlaufender Hautschnitt in *deltoideopectoraler* Region durchgeführt und der *M. deltoideus*

dargestellt und stumpf gespalten. Nach Darstellung der Frakturregion, werden je nach Fraktur die verschiedenen Sehnen der Rotatorenmanschette angeschlungen, um eine Reposition der Frakturfragmente zu ermöglichen. Danach wird die PHILOS® Platte eingeschoben und distal der Platte ein kleiner Hautschnitt durchgeführt. Nach vorübergehender Fixierung der Platte mittels nicht winkelstabiler Schraube, kann diese nach Lageüberprüfung gegen eine winkelstabile Schraube ausgetauscht werden. Die Lageüberprüfung erfolgt mittels Röntgendurchleuchtung in zwei Ebenen. Danach wird die Platte mit *proximalen* winkelstabilen Schrauben und Schaftschrauben fixiert. Die Rotatorenmanschette wird repositioniert. Abschließend erfolgt der Wundverschluss mittels Faszien-, Subkutan- und Kutannaht. Der Arm wird postoperativ kurzzeitig in einem Gilchrist-Verband gelagert.

2.4. Datenerhebung

Zunächst wurden anhand des Operationen- und Prozeduren-Schlüssels (OPS) mögliche Probanden aus dem Medico® Datensystem herausgesucht, die im Zeitraum vom 01.01.2011 bis zum 29.02.2016 aufgrund einer Humeruskopffraktur an der Klinik für Unfall- und Handchirurgie (seit dem 01.08.2019 Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie) des Universitätsklinikums Düsseldorf operativ behandelt wurden und im Rahmen dessen eine modulare inverse Schulterprothese (ISP) (OPS-Code 5-824-21) oder eine winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS) (OPS-Code 5-794.k1 oder 5-793.k1) erhalten haben. Die Probanden, die mittels ISP versorgt wurden, erhielten eine inverse SMR reverse Prothese der Firma LIMA Corporate®. Bei der Auswahl der Probanden wurden sowohl Probanden ausgewählt, die primär eine ISP zur Frakturversorgung erhalten haben, als auch Probanden, bei denen sekundär eine ISP eingesetzt wurde, nachdem es im Rahmen der Fraktur zur Ausbildung einer Humeruskopfnekrose kam. Probanden, die mittels WSPOS versorgt wurden, erhielten eine PHILOS® Platte der Firma DePuy Synthes®. Bei allen Probanden lag ursprünglich eine Fraktur auf Grund eines Traumas vor.

2.5. Patientenkollektiv

2.5.1. Ein- und Ausschlusskriterien

Als Einschlusskriterium galt, dass die Probanden zur Datenerhebung mindestens 60 Jahre alt sind und aufgrund einer Fraktur operativ mit einer ISP oder WSPOS versorgt wurden. Patienten, die eine ISP wegen einer Omarthrose oder Verschleiß der Rotatorenmanschette, Tumoren oder einer chronischen Luxation erhielten, wurden ausgeschlossen. Außerdem wurden nur Probanden eingeschlossen, wenn die von der Unfall- und Handchirurgie der Universitätsklinik Düsseldorf eingesetzte ISP nicht durch eine andere Prothese ausgewechselt wurde. Eine Implantatentfernung bei Patienten mit WSPOS spielte keine Rolle. Nachdem ein Großteil der Probanden mit ISP eingeschlossen und nachuntersucht wurde, wurde parallel dazu nach passenden Studienteilnehmern mit WSPOS im Medico® Datensystem gesucht. Bei der Bildung der *matched-pairs* war eine Altersdifferenz von +/- fünf Jahren und eine Differenz des Operationstages von unter sieben Monaten zu beachten.

2.6. Studienablauf

Zunächst wurden die Probanden im Rahmen eines Interviews befragt, um die unten genannten Fragebögen zu beantworten. Abschließend erfolgte die klinische Untersuchung der Schulter.

2.6.1. Fragebogen

Zur Befragung wurde ein Fragebogen erstellt, der sowohl Angaben zur Diagnose, betroffenen Seite und Klassifikation nach Neer, Operationsart, Operationsdatum und -dauer, als auch intra- oder postoperative Besonderheiten beinhaltet. Auch wurden Angaben darüber gemacht, wie lange die gesamte und die postoperative Verweildauer in Tagen im Krankenhaus im Rahmen der Erkrankung betrug. Persönliche Angaben, wie Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht, Nebenerkrankungen, der *American Society of Anesthesiologists* (ASA Grad) und die Händigkeit wurden ebenfalls in den Fragebogen mit aufgenommen. Neben diesen Angaben wurde die

Numerische Rating Skala (NRS) zur Hilfe genommen, um nach aktuellen Schmerzen in Ruhe und Bewegung zu fragen. So konnte der aktuelle Schmerzgrad und die eventuell damit verbundene Einnahme von Analgetika überprüft werden. Außerdem sind verschiedene Scores zum Einsatz gekommen. Für die Einschätzung des allgemeinen Gesundheitszustandes wurde der *Katz-Index of Activities of Daily Living* (Katz-Index) und der *12-Item Short Form Health Survey* (SF-12) verwendet. Zur Beurteilung des funktionellen Ergebnisses der oberen Extremität wurde der *Disabilities of Arm, Shoulder and Hand-Score* (DASH) und zur Beurteilung des funktionellen Ergebnisses der Schulter der *Oxford Shoulder Score* (OSS) im Fragebogen herangezogen. Der komplette Fragebogen ist als Abbildung 22 im Anhang ergänzt.

2.6.2. Klinische Untersuchung

In der klinischen Untersuchung wurden die Bewegungsumfänge der oberen Extremität in Abduktions-, Adduktions-, Anteversions- und Retroversionsstellung untersucht. Die Bewegungen wurden im Seitenvergleich mit der nicht betroffenen Schulter fotodokumentiert und später am Computer mittels Winkelmesser ausgemessen.

2.6.3. Fraktureinteilung des Schweregrades nach Neer

Die Fraktureinteilung nach Neer ist ein Klassifikationssystem für dislozierte Humeruskopffrakturen [54] [68]. Die Klassifikation nach Neer wurde anhand 300 dislozierter *proximaler* Humerusfrakturen erstellt und 1970 veröffentlicht. Es werden, genau wie auch bei der 1934 veröffentlichten Codman-Klassifikation, die vier Hauptfragmente, die Kalotte, die *Tuberculi majus* und *minus* und der Humerusschaft berücksichtigt [54].

Die Neer Klassifikation unterteilt sich in folgende sechs Grade (Abb. 13):

Neer 1: minimal dislozierte Frakturen mit Fragmentverschiebung von $\leq 1\text{cm}$ oder Fragmentverkipfung von $\leq 45^\circ$

Neer 2: Humeruskopffrakturen am *Collum anatomicum*

Neer 3: Frakturen, die am *Collum chirurgicum* lokalisiert sind und es zu einer Fragmentverschiebung von $> 1\text{cm}$ oder einer Fragmentverkipfung von $> 45^\circ$ kam.

Es können drei Subtypen unterschieden werden:

1. *subcapitale* Frakturen, die verkippt sind, bei intaktem *posterioren Periost*
2. nach *medial* und *ventral* dislozierte *subcapitale* Frakturen
3. Trümmerfrakturen mit mehreren Fragmenten am *proximalen* Schaft

Bei allen drei Subtypen ist die Rotatorenmanschette und der Weichteilmantel intakt und die Rotationsstellung des Kopfes unbeeinträchtigt.

Neer 4: dislozierte Frakturen des *Tuberculum majus* > 1cm bei denen begleitend eine Rotatorenmanschettenruptur auftritt. Es werden *2-part-*, *3-part-* und *4-part-Frakturen* unterschieden.

Neer 5: dislozierte Humeruskopffrakturen, die sich am *Tuberculum minus* befinden und mit einer außenrotierten bzw. abduzierten Fehlstellung einhergehen. Auch hier werden *2-part-*, *3-part-* und *4-part-Frakturen* unterschieden.

Neer 6: Luxationsfrakturen, bei denen die arterielle Versorgung des Humeruskopfes beeinträchtigt sein kann.

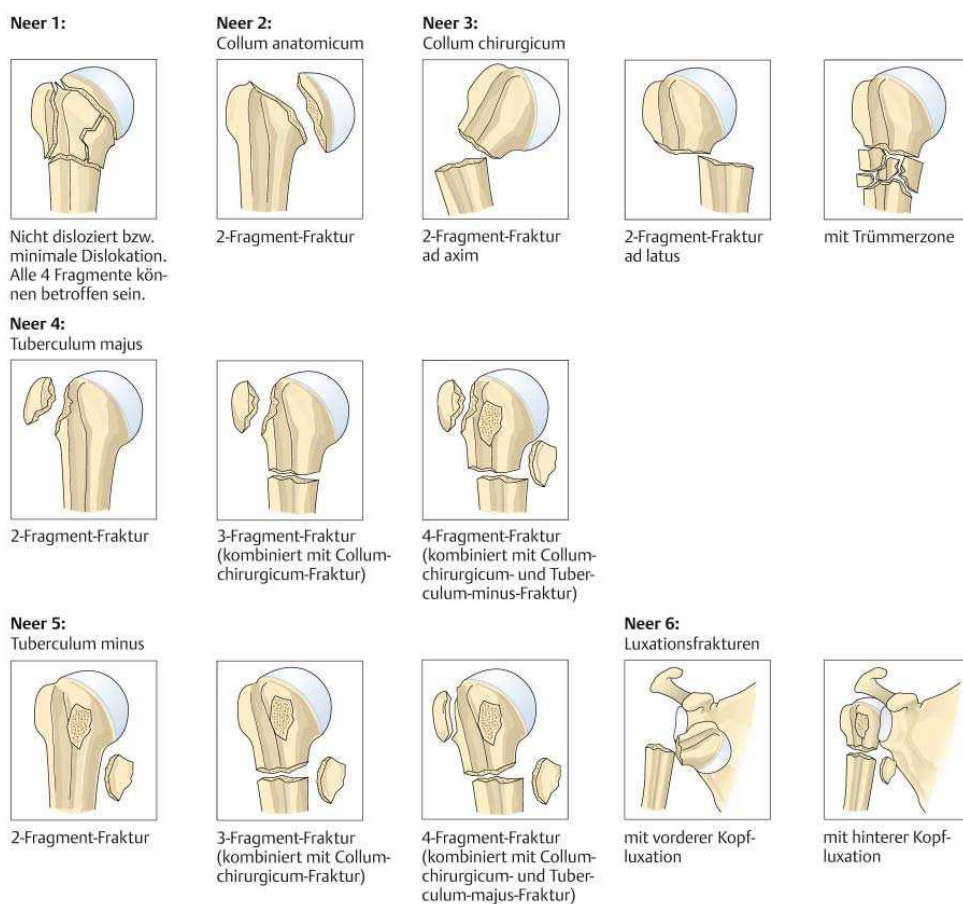


Abb. 13: Frakturen des proximalen Humerus - Einteilung nach Neer [69].

2.7. Klinische Scores

2.7.1. American Society of Anesthesiologists Risk Classification (ASA)

Beim ASA-Grad handelt es sich um eine Klassifikation, die der präoperativen Einschätzung des körperlichen Gesundheitszustandes eines Patienten dient, um das Risiko für intraoperative Komplikationen abschätzen zu können. Bereits im Jahre 1940 wurde dieser *Score* von der *American Society of Anesthesiologists* entwickelt und 1941 von Saklad *et al.* publiziert. Zunächst gab es nur vier Schweregrade und zwei Kategorien für Patienten mit Notfalloperationen [70]. Im Verlauf wurde die Klassifikation mehrfach modifiziert, sodass sich heute eine 6-Grad-Einteilung etabliert hat [71] (Tabelle 01).

ASA Grad	körperlicher Zustand
I	normaler, gesunder Patient
II	Patient mit leichter Allgemeinerkrankung ohne Beeinträchtigung des alltäglichen Lebens
III	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung mit Beeinträchtigung des alltäglichen Lebens, bedeutet aber keine Behinderung
IV	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, die mit einer Behinderung einhergeht und eine ständige Lebensbedrohung bedeutet
V	Moribunder Patient, der ohne Operation vermutlich nicht überlebt
VI	hirntoter Patient, dessen Organe zur Transplantation entnommen werden

Tabelle 01: American Society of Anesthesiologists Risk Classification [71].

2.7.2. Numerische Rating Skala (NRS)

Um die aktuelle Schmerzintensität in der Schulter beurteilen zu können, wurde die NRS herangezogen. Dabei handelt es sich um eine Skala, die von null bis zehn geht. Null bedeutet, dass keine Schmerzen vorhanden sind. Zehn dagegen bedeutet, dass unerträgliche Schmerzen bestehen.

2.7.3. Katz-Index of Activities of Daily Living (Katz-Index)

Der Katz ADL wurde 1963 von Katz *et al.* entwickelt. Dieser Fragebogen erfasst die Selbstständigkeit von Menschen in den Aktivitäten des täglichen Lebens [72]. Dabei werden sechs Funktionen beurteilt. Neben dem eigenständigen Waschen und Ankleiden, wird gefragt, ob das selbstständige Aufstehen aus dem Bett oder Sessel möglich ist. Auch der Toilettengang ohne Hilfe, die selbstständige Nahrungsaufnahme und Probleme mit der Harn- und Stuhlkontinenz werden erfragt. Jede Funktion wird mit null oder einem Punkt bewertet. Kann der Befragte die Tätigkeit selbstständig durchführen, erhält er den Punkt, sind andere Personen zur Unterstützung oder zur kompletten Übernahme der Tätigkeit nötig, erhält der Proband den Punkt nicht. Demzufolge bedeutet eine hohe Punktzahl ein gutes Ergebnis, eine niedrige Punktzahl zeigt eine Einschränkung in den Aktivitäten des täglichen Lebens auf.

2.7.4. 12-Item Short Form Health Survey (SF-12)

Ein international häufig verwendeter Score zur Erfassung der Lebensqualität ist der *36-Item Short Form Health Survey* (SF-36). Dieser Score entstand aus der umfangreichen Fragensammlung des *National Opinion Research Centre* zur Erfassung der *Medical Outcome Study* zur Überprüfung des amerikanischen Versicherungssystems. Im SF-36 werden acht Säulen der subjektiven Gesundheit betrachtet. Diese acht Säulen lassen sich in zwei Hauptgruppen unterteilen: die körperliche und die psychische Gesundheit. Der als Kurzform aus dem SF-36 entwickelte *12-Item Short Form Health Survey* (SF-12) besteht aus zwölf Fragen [73]. Nach verschiedenen stichprobenartigen Untersuchungen, wurde festgestellt, dass die Aussagekraft des gekürzten Scores durch die geringere Anzahl an Fragen bei kürzerer Bearbeitungszeit (durchschnittliche Bearbeitungszeit zwei statt zehn Minuten) nicht wesentlich beeinträchtigt wird [74]. Auch beim SF-12 werden sowohl sechs Fragen zur körperlichen, als auch sechs Fragen zur psychischen Gesundheit gestellt. Wenn alle Fragen vollständig beantwortet werden, können je eine Summenskala zur körperlichen und psychischen Gesundheit durch einen Auswertungsalgorithmus gebildet werden. Dabei kann ein Wert zwischen null und 100 mit einem Mittelwert von 50 ($s \pm 10$) erreicht werden [73].

In dieser Studie wurde der SF-12 in der deutschen Version und in Form des Interview-Fragebogens angewendet. Andere Formen sind der Selbstbeurteilungs- und Fremdbeurteilungsbogen.

2.7.5. Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)

Der *DASH-Score* ist ein 30 Fragen umfassender Fragebogen, welcher speziell auf die subjektive Beurteilung der Funktion der oberen Extremität abzielt. 1994 wurde die *DASH* Version 1.0 von der amerikanischen "*Upper Extremity Collaborative Group*" entwickelt. 1997 erschien die *DASH* Version 2.0, welche insgesamt aus 78 Punkten besteht und sich in drei Teile gliedert [75]. 2003 wurde der *DASH-Score* von Germann *et al.* in die deutsche Version übersetzt. In der hier angefertigten Arbeit wurde nur das zweite Modul, das Kernstück des *DASH-Scores*, verwendet. Neben 21 Punkten, die sich auf die Funktion der oberen Extremität und verschiedene Aktivitäten im Alltag beziehen, wird in fünf Fragen nach verschiedenen Symptomen, wie zum Beispiel Schmerzen, Schwäche oder Steifheit in der betroffenen Extremität gefragt. Vier Fragen beziehen sich auf die Beeinträchtigung im Sozialleben oder Alltag. Neben diesem Hauptteil des Fragebogens gibt es zwei zusätzliche Teile mit jeweils vier Fragen, die sich einerseits auf die Ausübung einer Sportart oder dem Spielen eines Musikinstrumentes, andererseits auf die Ausübung des Berufes beziehen. Da in dieser klinischen Studie das Hauptaugenmerk auf das funktionelle Ergebnis im Alltag gerichtet wurde und der Großteil der Probanden das Rentenalter bereits erreicht hat, kamen diese beiden speziellen Teile des Fragebogens nicht zum Einsatz. Bei allen Fragen werden zwischen einem und fünf Punkten vergeben. Dabei bedeutet die Vergabe von einem Punkt, dass die Tätigkeit ohne Probleme durchgeführt werden kann und fünf Punkte, dass die Aktivität nicht mehr möglich ist. Insgesamt müssen 27 der 30 Fragen beantwortet worden sein, sonst kann der *DASH Score* nicht verwendet werden. Das bedeutet, dass mindestens 27 und maximal 150 Punkte erzielt werden können. Um den *Score* mit anderen 100 Punkte-Skalen vergleichen zu können, werden die ermittelten Werte mit folgender Formel umgerechnet:

$$\text{DASH Score} = \frac{(\text{Summe der Antwortpunkte} - 1) \times 25}{\text{Anzahl der beantworteten Fragen}}$$

Ein niedriges Punkteergebnis kann als gute Funktion der oberen Extremität interpretiert werden, wohingegen ein hoher Punktwert für ein schlechtes Ergebnis spricht.

2.7.6. Oxford Shoulder Score (OSS)

Der *Oxford Shoulder Score* wurde 1996 veröffentlicht und speziell für die Schulterregion entwickelt [76]. Es handelt sich um einen subjektiven Fragebogen, der auf die Funktion und Schmerzen in der Schulter in den letzten vier Wochen ausgerichtet ist. Der *Score* umfasst insgesamt zwölf Fragen. Dabei beziehen sich acht Fragen auf die Funktion und vier Fragen auf Schmerzen in der Schulter und den damit verbundenen Einschränkungen im Alltag. Es kann jeweils zwischen fünf Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden. Vier Punkte werden vergeben, wenn keine Einschränkung besteht. Null Punkte bedeuten, dass die Tätigkeit nicht ausgeführt werden kann oder der Schmerz zu erheblichen Beeinträchtigungen führt. Dementsprechend können zwischen zwölf und 60 Punkten erreicht werden. Eine hohe Punktzahl bedeutet ein gutes funktionelles Ergebnis, eine niedrige Punktzahl deutet auf eine erhebliche Einschränkung in der Schulter hin.

2.8. Statistische Methoden

Die gesammelten Daten wurden in Microsoft Excel© dokumentiert und später ausgewertet.

Neben der deskriptiven Statistik wurde der *Student-t-Test* für unabhängige (unverbundene) Stichproben für die Daten verwendet, die normalverteilt waren. Der *Wilcoxon-Rangsummentest* wurde bei den Daten angewandt, bei denen keine Normalverteilung vorlag. Außerdem wurde der *Chi-Quadrat-Test* bei den Daten angewandt, bei denen eine statistische auffällige Häufigkeitsverteilung untersucht wurde. Das Signifikanzniveau wurde für alle Tests auf $p \leq 0,05$ festgelegt.

2.8.1. Deskriptive (univariate) Statistik

Für die deskriptive Statistik der gesammelten Daten wurden verschiedene Lagemaße und Streuungsmaße berechnet. Lagemaße geben an, in welchem Bereich sich die Stichprobenwerte befinden. Hierfür wurde der Mittelwert (auch arithmetisches Mittel oder Durchschnittswert genannt), der Minimal- und Maximalwert und der empirische Median (auch Zentralwert) erhoben. Streuungsmaße hingegen geben an, wie groß die Variabilität der Stichprobenwerte ist. Zu den in dieser Studie erhobenen Streuungsmaßen zählen die Spannweite R (*Range*), Varianz (VAR) und Standardabweichung (s).

2.8.2. t-Test

Hierbei handelt es sich um einen beliebten Lagetest, der einen Vergleich von Mittelwerten anstellen lässt. Um einen Zusammenhang zwischen zwei Stichproben feststellen zu können, wird der *t-Test*, auch *Student-Test* genannt, für normalverteilte Stichproben angewandt. In dieser Studie wurde der *t-Test* für zwei verbundene Stichproben angewandt. Es wurden sowohl der SF-12, *DASH*- und *Oxford-Score* als auch das funktionelle Ergebnis mit diesem Test auf ihre Signifikanz hin untersucht.

2.8.3. Wilcoxon Test

Hierbei handelt es sich um einen Vorzeichen-Rangsummentest. Mit dem Wilcoxon Test kann man untersuchen, ob sich die Symmetrieachse einer symmetrisch, ansonsten beliebig verteilten Grundgesamtheit um den Medianwert verteilt. Der Test wird bei zwei verbundenen, nicht normalverteilten Stichproben angewandt. Er wurde zur Überprüfung der NRS, des *Katz-Index*, des *ASA-Scores* und der Neer-Klassifikation eingesetzt.

2.8.4. Chi-Quadrat-Test

Der *Chi-Quadrat-Test* (χ^2) ist ein Verfahren für den Vergleich von Häufigkeitsunterschieden zweier Merkmale [77]. Dabei kann man den Test anwenden, um zu zeigen, dass zwei Faktoren voneinander unabhängig sind. Daher wird dieser Test auch χ^2 -Unabhängigkeitstest genannt. In dieser Studie wurde er dafür verwendet, um zu zeigen, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Frakturhäufigkeit und der Jahreszeit gibt.

3. Ergebnisse

3.1. Patienten

3.1.1. Patientenanzahl

Im Zeitraum vom 01.11.2011 bis 29.02.2016 wurden 44 Operationen, bei denen eine ISP eingesetzt wurde, in der Klinik für Unfall- und Handchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf durchgeführt. Es handelte sich dabei um 43 Patienten. Eine Patientin erhielt in beiden Schultergelenken eine ISP. 34 (79,1 %) Patienten waren weiblich und neun (20,9 %) Patienten männlich. Von diesen 43 Patienten mussten vier Patienten (fünf Fälle) ausgeschlossen werden, weil sie die ISP nicht aufgrund einer Fraktur, sondern wegen einer chronischen Instabilität, einer Omarthrose oder einer chronischen Luxation erhalten haben. Zwei Patienten waren zum Zeitpunkt der Befragung jünger als 60 Jahre. Sechs Patienten konnten nicht ausfindig gemacht werden. Drei Patienten waren zum Befragungszeitpunkt bereits verstorben. Fünf Patienten waren zum Zeitpunkt der Datenerhebung aufgrund von Krankheit nicht in der Lage an der Studie teilzunehmen. Ein Patient wollte an der Studie nicht teilnehmen und ein Patient wurde nicht kontaktiert, weil absehbar war, dass sich kein passender Proband mit einer WSPOS finden lassen wird (fehlendes *matched-pair*). Eine Patientin musste im Nachhinein ausgeschlossen werden, da sie sich einer Revisionsoperation in einem anderen Krankenhaus unterzog und die ISP auswechseln ließ. Somit konnten 20 Studienteilnehmer eingeschlossen werden. Passend zu den 20 Probanden mit ISP haben 17 Probanden mit einer WSPOS nach schriftlicher Einwilligung an der Studie teilgenommen. Damit konnten insgesamt 17 *matched-pairs* gebildet werden. Es wurden also 34 Probanden in die Auswertung der Studie eingeschlossen. Die Altersdifferenz von +/- fünf Jahren konnte bei allen *matched-pairs* eingehalten werden. Vom gesetzten Operationszeitpunkt mit einem maximalen zeitlichen Unterschied von < sieben Monaten musste bei zwei Paaren abgewichen werden. Bei einem Paar musste der Zeitraum auf acht Monate, bei einem anderen Paar auf zwölf Monate erweitert werden. Bei beiden Paaren fand die Befragung mindestens zwei Jahre nach dem Operationszeitpunkt statt, so dass

von einer weiteren Verbesserung des funktionellen Ergebnisses nicht auszugehen war.

3.1.2. Geschlechterverteilung

Das Gesamtkollektiv bestand aus 31 (91,2 %) Frauen und drei (8,8 %) Männern, ohne signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Von den 17 Probanden mit ISP, die an der Studie teilgenommen haben, waren 16 (94,1 %) Personen weiblich und eine (5,9 %) Person männlich. Bei den 17 Probanden mit WSPOS, die an der Studie teilgenommen haben, waren 14 (82,3 %) weiblich und drei (17,6 %) männlich. Bei 13 der 17 Paare (76,5 %) war in beiden Fällen das Geschlecht weiblich. Bei vier Paaren (23,5 %) wurde ein männlicher Proband einer weiblichen Teilnehmerin zugeordnet.

3.1.3. Altersverteilung

Der Altersdurchschnitt aller Studienteilnehmer lag zum Operationszeitpunkt bei 76,6 (s: $\pm 6,1$ a) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei 79,0 Jahren (s: $\pm 6,1$ a). Das Alter der 17 Probanden mit ISP lag zwischen 66,4 und 88,2 Jahren (R: 21,8 a) mit einem Mittelwert von 77,8 Jahren (s: $\pm 5,9$ a) (Abb. 14). Der Median betrug 77,7 Jahre. Zum Zeitpunkt der Befragung waren die Teilnehmer zwischen 67,5 und 89,8 Jahre (R: 22,3 a) alt. Das mittlere Alter lag dabei bei 80,1 Jahren (s: $\pm 5,9$ a) (Abb. 15). Das Alter der 17 Probanden mit WSPOS lag zum Operationszeitpunkt zwischen 63,8 und 86,6 Jahren (R: 22,8 a). Im Mittel betrug das Alter der Probanden 75,3 Jahre (s: $\pm 6,3$ a) und war so etwas niedriger als das mittlere Alter der mit ISP versorgten Probanden. Zum Zeitpunkt der Befragung waren diese Teilnehmer zwischen 65,0 und 88,2 Jahre (R: 23,2 a) alt. Das mittlere Alter lag bei 77,9 Jahren (s: $\pm 6,3$ a). Es bestand kein signifikanter Altersunterschied zwischen den Gruppen.

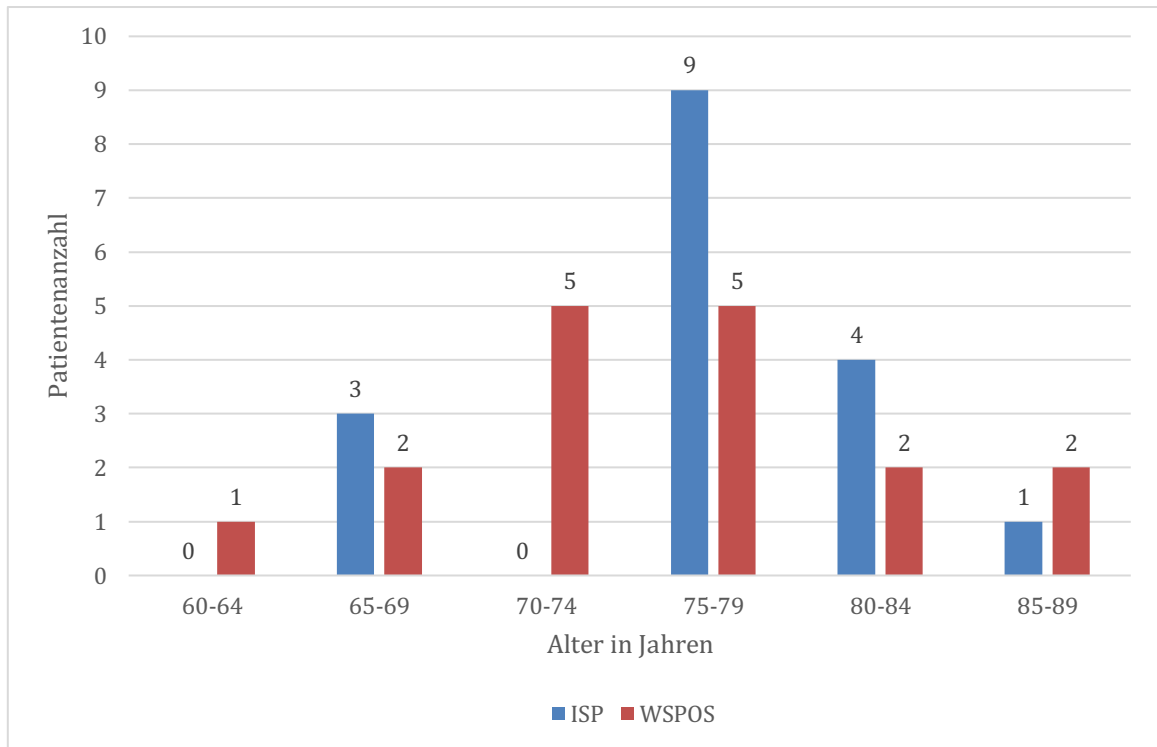


Abb. 14: Alter und Anzahl der Probanden zum Zeitpunkt der Operation.

blau: modulare inverse Schulterprothese (ISP).

rot: winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).

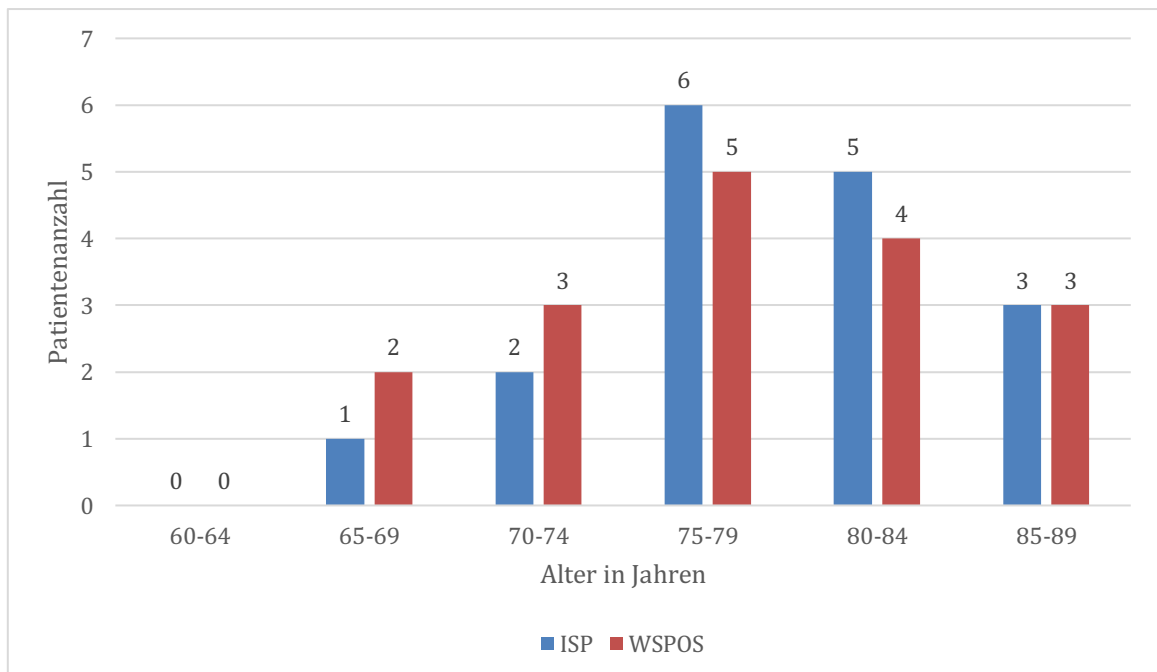


Abb. 15: Alter und Anzahl der Probanden zum Zeitpunkt der Datenerhebung.

blau: modulare inverse Schulterprothese (ISP).

rot: winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).

Die Probanden mit der ISP waren zum Operationszeitpunkt im Durchschnitt 2,6 Jahre älter, als die Probanden, die eine WSPOS erhielten. Da sich die Nachuntersuchung der Studienteilnehmer über sechs Monate erstreckte und so nicht alle Teilnehmer exakt zum selben Zeitpunkt nachuntersucht werden konnten, ergibt sich bei der Nachuntersuchung der Probanden eine durchschnittliche Altersdifferenz von 2,2 Jahren.

3.1.4. Body Mass Index (BMI)

Bei allen Studienteilnehmern wurde die aktuelle Körpergröße und das aktuelle Gewicht dokumentiert. Daraus wurde der *Body-Maß-Index* ($\text{BMI} = \text{Körpergewicht} / \text{Körpergröße}^2$) ermittelt. Der mittlere BMI des Gesamtkollektives betrug zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung $25,1 \text{ kg/m}^2$ ($s: \pm 4,7 \text{ kg/m}^2$). Der BMI der 17 Probanden mit ISP lag im Mittel bei $26,5 \text{ kg/m}^2$ (min: $20,0 \text{ kg/m}^2$; max: $37,5 \text{ kg/m}^2$; R: $17,5 \text{ kg/m}^2$; $s: \pm 4,9 \text{ kg/m}^2$) mit einem Median von $25,8 \text{ kg/m}^2$. Bei den 17 Studienteilnehmern, die mit einer WSPOS versorgt wurden, betrug der mittlere BMI $23,8 \text{ kg/m}^2$ (min: $17,4 \text{ kg/m}^2$; max: $34,7 \text{ kg/m}^2$; R: $17,4 \text{ kg/m}^2$; $s: \pm 4,2 \text{ kg/m}^2$). Der Median lag bei $22,9 \text{ kg/m}^2$.

3.2. Fraktur

3.2.1. Unfallursache

Insgesamt fanden 29 der 34 Unfälle (85,3 %) im Rahmen eines Sturzes aus dem Stand oder beim Gehen in der Ebene statt. Ein Sturz (2,9 %) einer Probandin mit ISP erfolgte aus der Hocke. Zwei Stürze (5,9 %) von Probanden mit WSPOS fanden im Rahmen eines Fahrradsturzes ohne Fremdeinwirkung statt. Zwei Traumata (5,9 %) kamen zu Stande, weil der Proband als Fußgänger von einem Fahrzeug angefahren wurde. Ein Studienteilnehmer wurde im Rahmen der ISP-Gruppe untersucht, die andere Probandin erhielt eine WSPOS.

3.2.2. Unfallort

Insgesamt fand bei zwölf Probanden (35,3 %) der Sturz in der häuslichen Umgebung und bei 22 Probanden (64,7 %) der Sturz außerhalb statt. Dabei zogen sich acht Probanden (47,1 %) mit ISP die Fraktur zu Hause, die anderen neun Probanden (52,9 %) außerhalb der häuslichen Umgebung zu. Vier Probanden (23,5 %), die mit einer WSPOS versorgt wurden stürzten zu Hause, 13 (76,5 %) außerhalb der Wohnung.

3.2.3. Unfallmonat

Die saisonale Verteilung der Unfälle wurde mittels *Chi-Quadrat-Test* ausgewertet. Es wurde untersucht, ob eine saisonale Häufung von Unfällen besteht (Abb. 16). In den Monaten März, April und Mai kam es bei fünf (29,4 %) Studienteilnehmern mit ISP und zwei (11,8 %) Studienteilnehmern mit WSPOS zum Unfallereignis. Also insgesamt sieben (20,6 %) Traumata im Frühjahr. In den Sommermonaten Juni, Juli, August zogen sich insgesamt sechs (17,7 %) Probanden die Fraktur zu. Davon waren es fünf (29,4 %) Probanden, die eine ISP erhalten haben, und eine (5,9 %) Person, die eine WSPOS erhielt. Drei (17,7 %) Probanden mit ISP und sieben (41,2 %) mit WSPOS, also insgesamt zehn (29,4 %) Probanden, verletzten sich zwischen September und November. Im Dezember, Januar und Februar kam es bei vier (23,5 %) Studienteilnehmern, die mittels ISP versorgt wurden und bei sieben (41,2 %) Teilnehmern, die eine WSPOS erhielten, zum Trauma. Das bedeutet, elf (32,4 %) Probanden hatten den Unfall im Winter. Das Ergebnis des *Chi-Quadrat-Tests* ergab einen Wert von 18,24 ($p = 0,076$). Dementsprechend konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Jahreszeit und der Frakturhäufigkeit gezeigt werden.

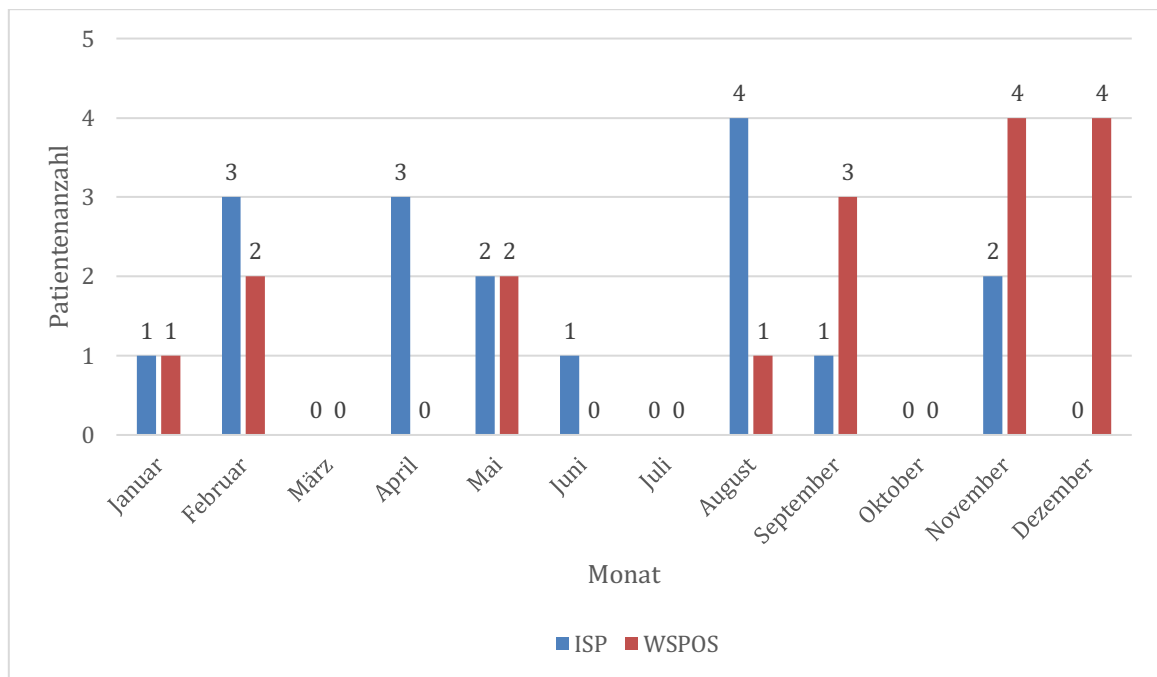


Abb. 16: Saisonale Frakturhäufung.

blau: modulare inverse Schulterprothese (ISP).

rot: winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).

3.2.4. Frakturklassifikation nach Neer

Die Frakturklassifikation erfolgte an Hand der Einteilung nach Neer (Abb. 17). Die Frakturen der Studienteilnehmer konnten wie folgt klassifiziert werden: vier (11,8 %) Probanden zogen sich eine Neer 3, 15 (44,1 %) Studienteilnehmer eine Neer 4, zwei (5,9 %) Teilnehmer eine Neer 5 und 13 (38,2 %) Probanden eine Neer 6 Fraktur zu.

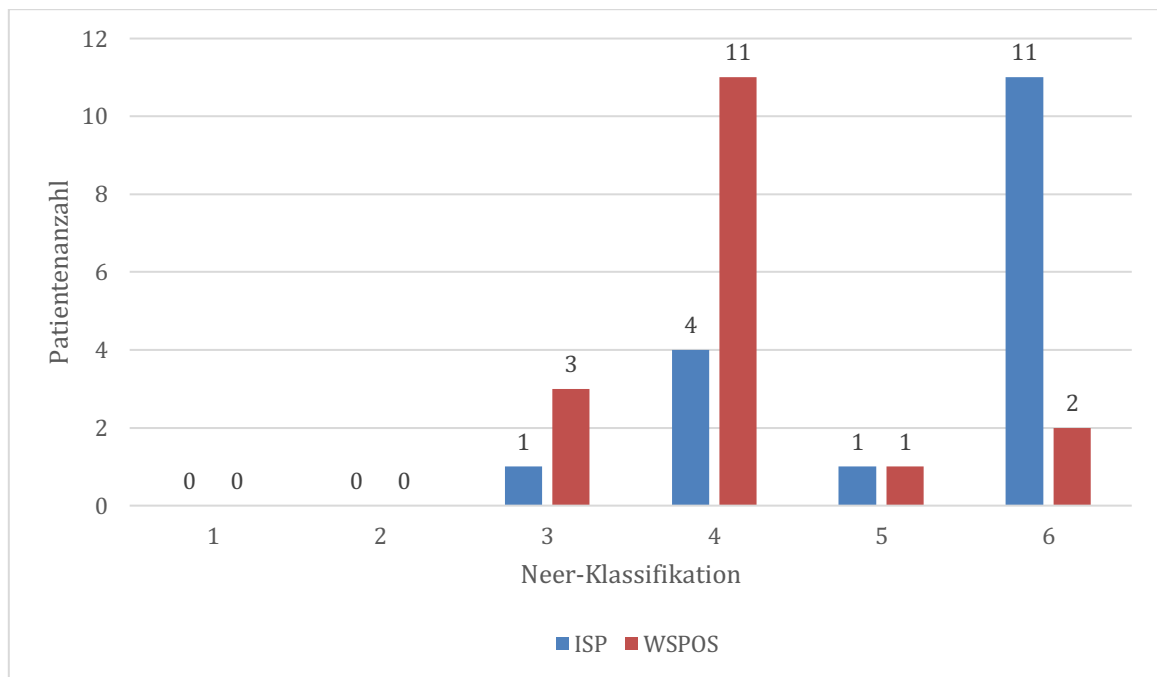


Abb. 17: Anzahl der Probanden nach Neerklassifikation.

blau: modulare inverse Schulterprothese (ISP).

rot: winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).

Fünf (29,4 %) der 17 *matched-pairs* stimmten in der Klassifikation nach Neer überein. Zwei (11,8 %) der 17 Paare wichen in einer Klasse und zehn (58,8 %) der 17 Paare in zwei Klassen voneinander ab. Anhand des *Wilcoxon*-Tests wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Probanden mit ISP und den Probanden mit WSPOS festgestellt (*Wilcoxon*-Testwert = 102; Signifikanz bei kritischen Werten < 34).

3.2.5. Frakturseite und Händigkeit

Im Gesamtkollektiv gab es 31 Rechts- (91,2 %) und drei Linkshänder (8,8 %). Bei 20 Probanden war der rechte Arm (58,8 %) betroffen, bei 14 Patienten der Linke (41,2 %). Von den 17 Studienteilnehmern, die eine ISP erhielten, sind 17 Rechtshänder (100 %). Acht (47,1 %) Probanden hatten sich die Fraktur ebenfalls auf der rechten Seite zugezogen, neun (52,9 %) hingegen auf der linken Seite. Das bedeutet, dass bei acht (47,1 %) der 17 Studienteilnehmern der dominante Arm betroffen war. Von den Probanden, die mittels WSPOS versorgt wurden, waren 14 (82,4 %) Probanden Rechts- und drei (17,6 %) Probanden Linkshänder. Zwölf (70,6 %) Probanden hatten die Fraktur ebenfalls auf der rechten, fünf (29,4 %) Probanden auf

der linken Seite. Somit war hier bei neun (52,9 %) Studienteilnehmern der dominante Arm betroffen. Innerhalb der direkten Vergleichsgruppe stimmte bei sieben (41,2 %) der 17 *matched-pairs* die Einteilung nach betroffener Seite und Händigkeit überein.

3.2.6. Zusätzliche Unfallfolgen

Neun (26,5 %) der 34 Teilnehmer der Studie zogen sich im Rahmen des Unfalles neben der *proximalen* Humerusfraktur weitere Verletzungen zu. Drei (8,8 %) Probanden zogen sich leichtere Verletzungsfolgen, wie Hämatome oder Prellungen außerhalb der Frakturregion zu. Zwei (5,9 %) der Studienteilnehmer wiesen ein Schädel-Hirn-Trauma auf. Hiervon lag bei einer (2,9 %) Probandin eine *intrazerebrale* Blutung (ICB) vor. Vier (14,7 %) Studienteilnehmern zogen sich mindestens eine weitere Fraktur zu. Der Proband mit SHT I° ohne ICB zog sich zusätzlich eine isolierte Rippenfraktur der siebten Rippe *ipsilateral* zu. Von den anderen Studienteilnehmern erlitten zwei Probanden eine *distale* Radiusfraktur, wobei bei einer Probandin die *distale* Radiusfraktur auf der *ipsilateralen* Seite wie die *proximale* Humerusfraktur bestand, bei der anderen Studienteilnehmerin die Fraktur auf der *kontralateralen* Seite vorhanden war. Die Probandin, welche die *distale* Radiusfraktur auf der *ipsilateralen* Seite erlitt, zog sich ebenfalls *ipsilateral* eine dislozierte Unterschenkel-Fraktur links mit Pilon-tibiale-Fraktur der *Tibia* und Weber-B-Fraktur der *Fibula* zu. Die Probandin, welche sich die *distale* Radiusfraktur auf der *kontralateralen* Seite der *proximalen* Humerusfraktur zuzog, erlitt zusätzlich *ipsilateral* der *proximalen* Humerusfraktur eine *perthrochantäre* Femurfraktur rechts. Eine Teilnehmerin der Studie mit dokumentierten Hämatomen außerhalb der Schulter erlitt zusätzlich eine Fraktur des Daumengrundgelenkes auf der *kontralateralen* Seite. Eine Probandin zog sich eine MFK-V-Spiralfraktur *kontralateral* zu. Aus der Gruppe der mit ISP versorgten Probanden waren insgesamt vier (23,5 %) Probanden von zusätzlichen Unfallfolgen betroffen. Von den 17 Probanden mit WSPOS waren es insgesamt fünf (29,4 %) Probanden.

3.3. Operation

3.3.1. Zeitlicher Abstand zwischen Unfall und Operation

Die operative Versorgung erfolgte im Gesamtkollektiv im Durchschnitt nach 5,2 d ($s \pm 5,9$ d). Bei den 14 Probanden, die direkt eine ISP erhielten, erfolgte die Operation durchschnittlich nach 7,4 d (min: 1 d; max: 33 d; R: 32 d; $s: \pm 8,3$ d) mit einem Median von 4 d (Abb. 18). Hier ist zu beachten, dass die drei Probanden, die initial eine WSPOS erhielten, nicht eingerechnet wurden. Berücksichtigt man die operative Versorgung dieser Studienteilnehmer, erfolgte die operative Versorgung der Probanden mit ISP nach 6,9 d (min: 1 d; max: 33 d; R: 32 d; $s: \pm 7,7$ d) mit einem Median von 4 d.

Die 17 Studienteilnehmer, die mit einer WSPOS versorgt wurden, konnten im Mittel bereits nach 3,5 d (min: 1 d; max: 8 d; R: 7 d; $s: \pm 2,6$ d) operativ versorgt werden. Der Median lag bei 3 d. Werden die Probanden, die später eine ISP erhielten in der Gruppe der mit WSPOS versorgten Probanden berücksichtigt, erfolgte die operative Versorgung nach 3,7 d (min: 1 d; max: 8 d; R: 7 d; $s: \pm 2,6$ d). Der Median lag bei 3 d.

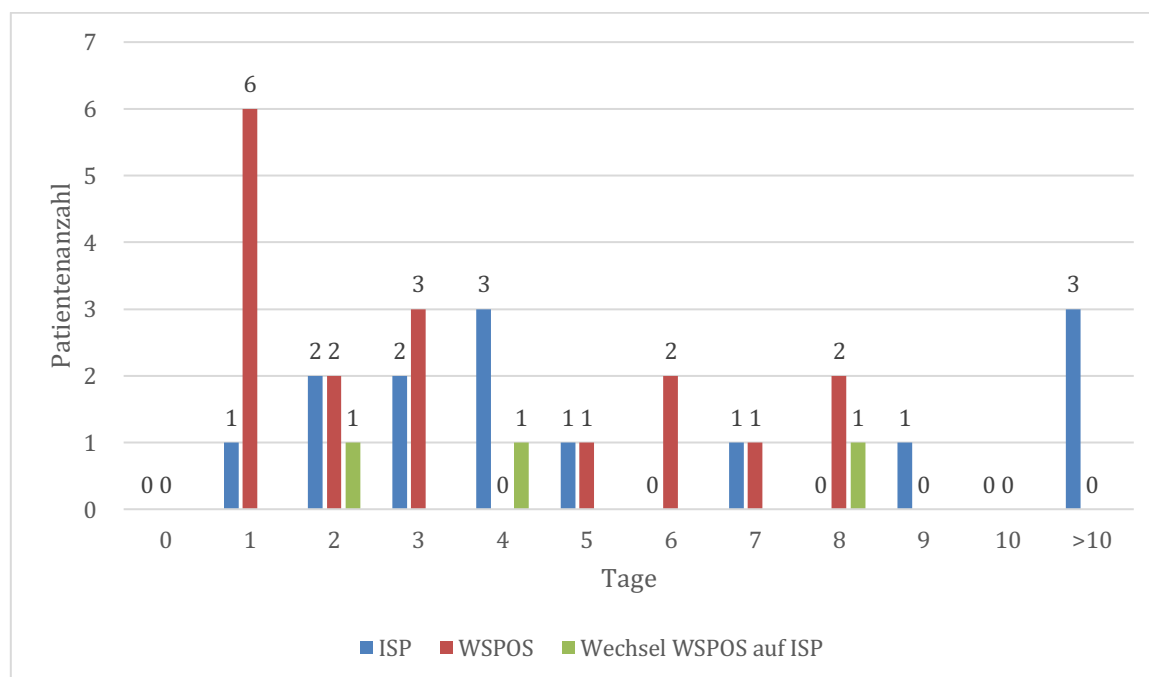


Abb. 18: Zeitlicher Abstand zwischen Unfall und Operation in Tagen.

blau: modulare inverse Schulterprothese (ISP).

rot: winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).

grün: primäre Versorgung mit WSPOS mit späterer Revisionsoperation und Wechsel auf ISP.

3.3.2. Operationsdauer

Zur Auswertung der Operationszeit wurde die elektronisch dokumentierte Schnitt-Naht-Zeit herangezogen. Dabei war die durchschnittliche Operationsdauer beim Einsatz einer ISP mit 1:37 h (min: 1:04 h; max: 5:08 h; R: 4:04 h; s: $\pm 0:56$ h) signifikant länger als die durchschnittliche Operationsdauer bei den Studienteilnehmern, die eine WSPOS erhalten haben. Diese betrug 1:18 h (min: 0:46 h; max: 2:12 h; R: 1:26 h; s: $\pm 0:21$ h). Der Medianwert der ISP lag bei 1:22 h, der der WSPOS 1:12 h. Die durchschnittliche Operationszeit des Gesamtkollektives betrug 1:28 h (s: $\pm 0:43$ h).

3.3.3. American Society of Anesthesiologists Risk Classification (ASA)

Um das perioperative Risiko einschätzen zu können, wurde präoperativ von der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin des Universitätsklinikums Düsseldorf bei allen Patienten der ASA Score erhoben (Abb. 19). Die Auswertung des ASA Scores ergab, dass vier (11,8 %) Probanden einen Wert von eins erhielten. Drei der vier Probanden wurden mit einer ISP und eine Person mit einer WSPOS versorgt. 17 (50 %) Studienteilnehmer hatten aufgrund ihrer Nebenerkrankungen einen Wert von zwei. Davon haben sieben Teilnehmer eine ISP und zehn Probanden eine WSPOS erhalten. Die restlichen 13 (38,2 %) Probanden wurden mit einem ASA Score von drei beurteilt. Von diesen 13 Probanden wurden sieben mit einer ISP und sechs mit einer WSPOS versorgt. Neun (52,9 %) der 17 zugeordneten Paare stimmten im ASA Score überein. Bei sieben (41,1 %) Paaren unterschied sich der ASA Score um einen Punkt. Lediglich bei einem (5,9 %) Paar war die Studienteilnehmerin mit der WSPOS mit einem ASA Score von eins bewertet worden und die Probandin mit ISP mit einem Wert von drei.

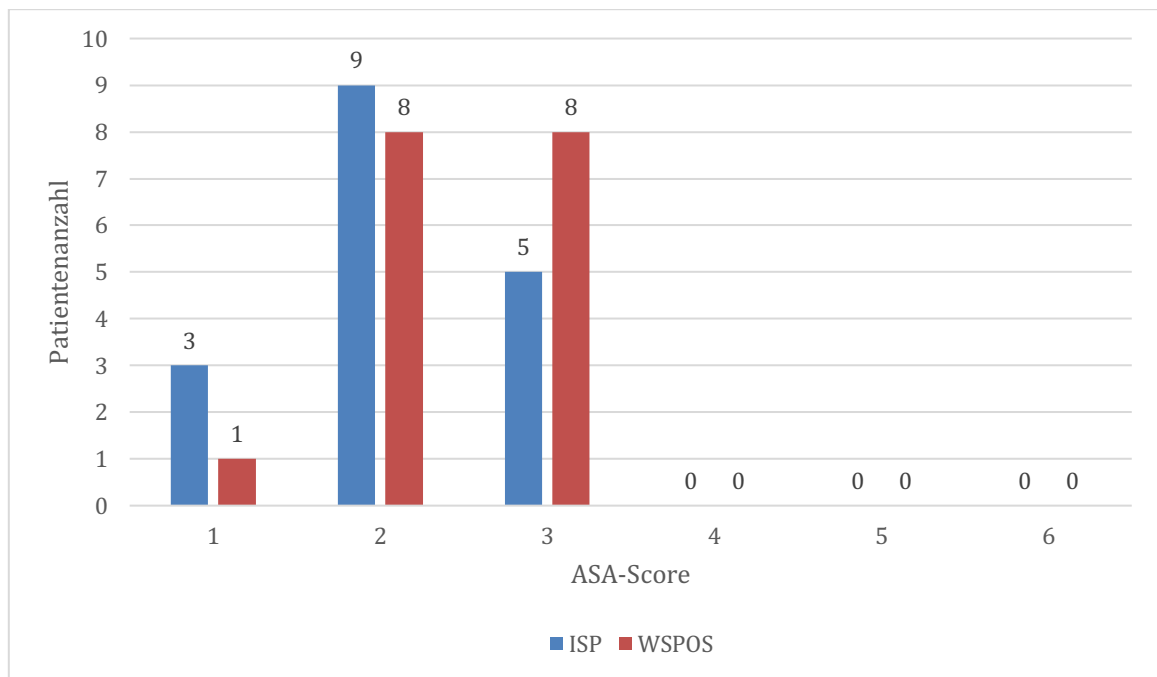


Abb. 19: American Society of Anesthesiologists Risk Classification der Probanden.

blau: modulare inverse Schulterprothese (ISP).

rot: winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).

Anhand des *Wilcoxon* Tests wurde untersucht, ob sich zwischen den Studienteilnehmern mit ISP und WSPOS ein signifikanter Unterschied bezüglich der Nebenerkrankungen ergibt. In der Auswertung konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Teilnehmern festgestellt werden (*Wilcoxon*-Testwert = 59; Signifikanz bei Werten < 34).

3.4. Komplikationen

3.4.1. Präoperative Komplikationen

Präoperative Komplikationen wurden keine beschrieben.

3.4.2. Intraoperative Komplikationen

Intraoperativ bestand bei einem (2,9 %) der 34 Studienteilnehmern die Komplikation einer Humerusschaftfraktur beim Einsetzen der Schaftkomponente einer ISP. Folge

dessen wurde das bereits implantierte Prothesenmaterial entfernt und eine neue ISP eingesetzt.

3.4.3. Postoperative Komplikationen und Revisionsoperationen

Drei (17,7 %) der 17 Probanden, welche mittels ISP versorgt wurden, erhielten initial eine Versorgung mittels WSPOS. In zwei (11,8 %) Fällen war dieses aufgrund einer Humeruskopfnekrose und in einem (5,9 %) Fall aufgrund einer Plattenfehlage bei Erstversorgung *ex domo* erforderlich. Ein Proband (5,9 %), bei dem die WSPOS durch eine ISP ersetzt wurde, zeigte im postoperativen Röntgenbild zusätzlich eine Prothesenluxation, welche revidiert werden musste. Vier (23,5 %) der 17 Probanden mit WSPOS wurden innerhalb von einem bis 24 Monaten postoperativ revidiert. Alle Probanden kamen aufgrund von Schmerzen oder Bewegungseinschränkungen in der betroffenen Extremität in die Klinik. Dabei wurde bei zwei (11,8 %) Probanden das Osteosynthesematerial vollständig entfernt. Bei einem dieser Fälle deutete sich eine Humeruskopfnekrose an. In einem anderen Fall bestand ein Schraubenimpingement. In den anderen zwei (11,8 %) Fällen wurden jeweils zwei Schrauben bei intraartikulärer Lage entfernt.

Weitere postoperative Komplikationen, welche konservativ mittels Analgetika und Physiotherapie behandelt werden konnten, bestanden in beiden Gruppen bei insgesamt drei (8,8 %) der 34 Fälle. Eine (2,9 %) Studienteilnehmerin, die eine ISP erhielt, gab Kribbelparästhesien im linken Kleinfinger an, die auf den einliegenden Schmerzkatheter zurückgeführt werden konnten. Eine (2,9 %) Probandin mit WSPOS litt unter einem Ellenbogenschmerzsyndrom, welches mit intensiver Physiotherapie behandelt werden konnte. Ein (2,9 %) weiterer Teilnehmer, der ebenfalls mit einer WSPOS behandelt wurde, gab Schmerzen und Bewegungseinschränkungen in der betroffenen Extremität an, welche auch konservativ behandelt werden konnten. Weitere postoperative Komplikationen, die sich nicht auf den Bewegungsapparat beziehen, bestanden in zwei (5,9 %) Fällen. In einem (2,9 %) Fall musste aufgrund einer Ateminsuffizienz längere Zeit nachbeatmet werden und eine (2,9 %) Probandin entwickelte im Rahmen des stationären Aufenthaltes eine Pneumonie, die mittels Antibiotika bis zur Entlassung behandelt wurde.

3.5. Verweildauer

3.5.1. Gesamte stationäre Verweildauer

Insgesamt betrug die stationäre Verweildauer aller Probanden im Schnitt 10,8 d (s: $\pm 8,1$ d). Die Verweildauer der Studienteilnehmer mit ISP lag im Durchschnitt bei 13,7 d (min: 5 d; max: 40 d; R: 35 d; s: $\pm 9,0$ d), mit einem Median von 9 d. Im Vergleich dazu lag die stationäre Verweildauer der Probanden, die mittels WSPOS versorgt wurden, durchschnittlich bei 8 d (min: 2 d; max: 24 d; R: 11 d; s: $\pm 6,2$ d), mit einem Median von 6 d.

3.5.2. Präoperative stationäre Verweildauer

Die präoperative stationäre Verweildauer konnte anhand des Aufnahmedatums und des Operationsdatums ermittelt werden. Dabei ergab sich bei den Probanden, die eine ISP erhielten, eine mittlere präoperative Liegezeit von 3,9 d (min: 1 d; max: 12 d; R: 11 d; s: 3,5 d) mit einem Median von 2 d. Die Studienteilnehmer, die mittels WSPOS versorgt wurden, konnten durchschnittlich nach 2,4 d (min: 1 d; max: 8 d; R: 7 d; s: 2,2 d) operativ versorgt werden. Der Median beträgt bei dieser Gruppe ebenfalls 2 d. Im Gesamtkollektiv lag die präoperative Verweildauer bei 3,2 d (s: $\pm 3,0$ d).

3.5.3. Postoperative stationäre Verweildauer

Die postoperative Verweildauer aller Studienteilnehmer lag bei 7,7 d (s: $\pm 6,5$ d). Probanden, die mittels ISP versorgt wurden, blieben 9,8 d (min: 3 d; max: 34 d; R: 31 d; s: 7,6 d) zur postoperativen Behandlung im Krankenhaus. Der Median beträgt 8 d. Probanden mit WSPOS verbrachten 5,6 d (min: 1 d; max: 16 d; R: 15 d; s: 4,5 d) zur postoperativen Nachsorge im Krankenhaus. Der Median beträgt hier 4 d.

3.6. Nachuntersuchung

3.6.1. Scoreauswertung

3.6.1.1. Numerische Rating Skala (NRS)

a) in Ruhe

15 der 17 Studienteilnehmer mit ISP gaben zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in Ruhe keine Schmerzen an (NRS = 0). Zwei der Studienteilnehmer gaben einen NRS-Wert von drei an. 14 der 17 Studienteilnehmer mit WSPOS gaben ebenfalls einen NRS-Wert von Null an. Eine Probandin gab einen Wert von eins an, eine Probandin von vier und eine Teilnehmerin von fünf. Im *Wilcoxon* Test wurde ein Testwert von 59 ermittelt (Signifikanz bei kritischen Werten < 34). Somit konnte kein Unterschied innerhalb der *matched-pairs* zwischen ISP und WSPOS gezeigt werden (Abb. 20).

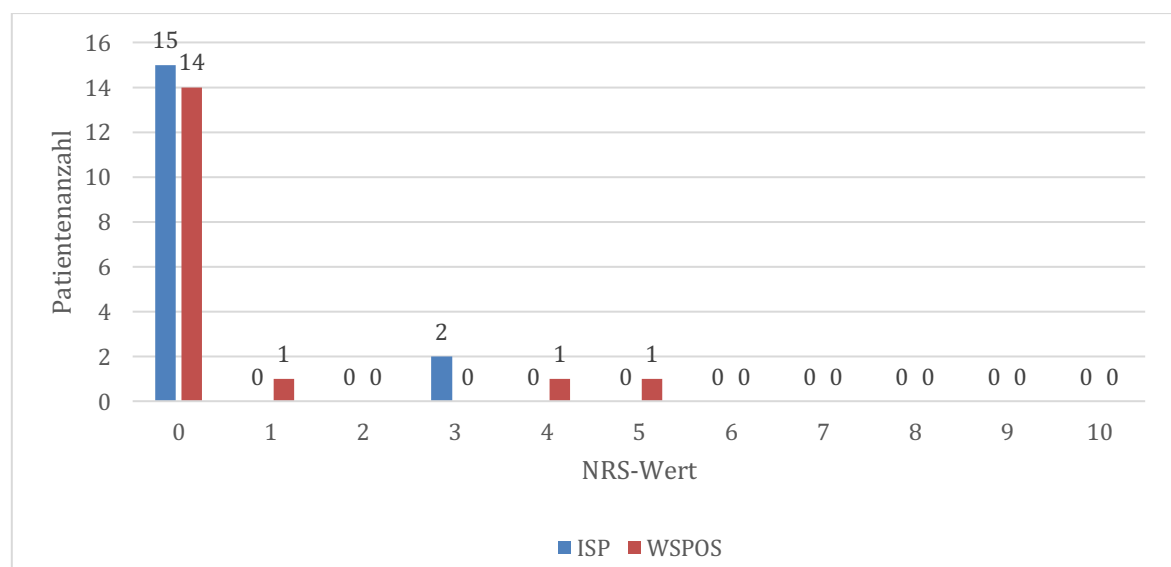


Abb. 20: Numerische Rating Skala der Probanden in Ruhe.

blau: modulare inverse Schulterprothese (ISP).

rot: winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).

b) bei Bewegung

Auch der NRS-Wert zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei normalen alltäglichen Bewegungen wurde erfragt (Abb. 21). Dabei gaben sechs Probanden (35,3 %) mit ISP und acht Probanden (47,1 %) mit WSPOS einen Wert von null an. Jeweils eine Probandin (5,9 %) aus den Gruppen gab einen Wert von eins an. Vier Teilnehmer (23,5 %), die mittels ISP und zwei Teilnehmer (11,8 %), die mit WSPOS versorgt wurden, hatten einen Wert von zwei. Einen Wert von drei gaben jeweils zwei Probanden (11,8 %) an und einen Wert von vier jeweils ein Teilnehmer (5,9 %). Zwei Probanden (11,8 %) mit ISP hatten einen Wert von fünf und zwei Teilnehmer (11,8 %) aus der WSPOS-Gruppe einen Wert von sechs. Einen Wert von acht gab aus jeder Gruppe jeweils ein Studienteilnehmer (5,9 %) an. Auch hier zeigte der *Wilcoxon* Test, dass sich bei einem Testwert von 59 und kritischen Werten von 34 keine Signifikanz zwischen den beiden Gruppen ergibt.

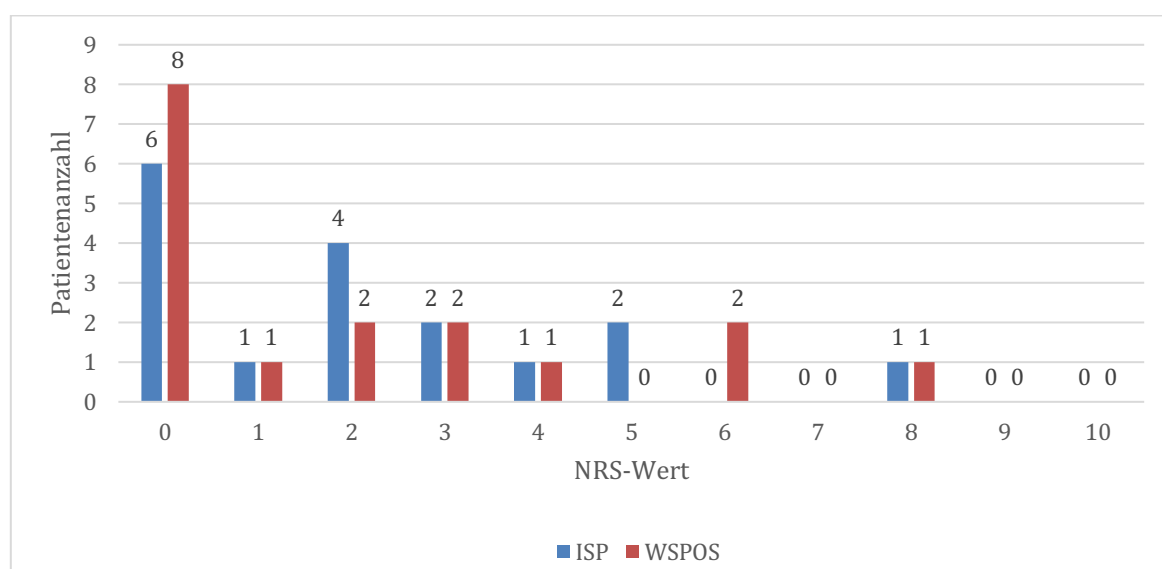


Abb. 21: Numerische Rating Skala der Probanden bei alltäglicher Bewegung.

blau: modulare inverse Schulterprothese (ISP).

rot: winkelstabile Plattenosteosynthese (WSPOS).

3.6.1.3. Katz-Index of Activities of Daily Living (Katz-Index)

Insgesamt hatten 22 der 34 Studienteilnehmer (64,7 %) einen *Katz-Index* von sechs Punkten, neun Probanden (26,5 %) einen Wert von fünf, zwei Probanden (5,9 %) einen Wert von vier und eine Probandin (2,9 %) einen *Katz-Score* von zwei. 13

(76,5 %) der 17 Teilnehmer mit ISP erreichten im *Katz-Score* sechs Punkte und damit die volle Punktzahl. Drei (17,7 %) Probanden erhielten fünf Punkte und ein (5,9 %) Studienteilnehmer zwei Punkte. Von den Studienteilnehmern, die mittels WSPOS versorgt wurden, erreichten neun (52,9 %) Probanden sechs Punkte, sechs Teilnehmer (35,3 %) fünf Punkte und zwei (11,8 %) vier Punkte. Dieser *Score* wurde ebenfalls mittels *Wilcoxon* Testverfahren ausgewertet. Es konnte bei einem Testwert von 55 und kritischen Werten von 34 keine Signifikanz zwischen den *matched-pairs* festgestellt werden.

3.6.1.4. 12-Item Short Form Health Survey (SF-12)

In der Auswertung des SF-12 kann zwischen der Summenskala des körperlichen Befindens und des psychischen Befindens unterschieden werden. In die Auswertung des SF-12 konnten von den 17 *matched-pairs* nur 16 Paare einbezogen werden, da der Interviewbogen von einer Studienteilnehmerin nicht vollständig beantwortet werden konnte. Im Gesamtkollektiv erreichten die Probanden bei der körperlichen Komponente einen Mittelwert von 41,1 Punkten mit einer Standardabweichung von $\pm 10,8$ Punkten. Bei der psychischen Komponente lag der Mittelwert bei 52,4 Punkten (s: $\pm 8,1$ Punkte). Der Mittelwert für das körperliche Befinden betrug bei den Probanden mit ISP im Durchschnitt 40,98 Punkten (s: $\pm 9,2$ Punkte). Die Studienteilnehmer, die mit einer WSPOS versorgt wurden, erreichten einen Mittelwert von 41,2 Punkten (s: $\pm 12,1$ Punkte) in der Summenskala der körperlichen Komponente. Nach Ermittlung der Signifikanz mittels *t-Test* konnte bei $p = 0,93$ kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden.

In der Summenskala der psychischen Komponente des SF-12 kamen die Probanden mit ISP auf einen Mittelwert von 50,5 Punkten (s: $\pm 7,8$ Punkte), die Probanden mit WSPOS erreichten einen mittleren Wert von 54,2 Punkten (s: $\pm 8,3$ Punkte). Auch hier konnte keine Signifikanz der Ergebnisse ermittelt werden ($p = 0,23$).

3.6.1.5. Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)

Im *DASH-Score* erreichten die Teilnehmer der Studie einen Durchschnittswert von 30,3 Punkten (s: $\pm 18,6$ Punkte). Die Teilnehmer mit ISP hatten im Mittel

34,5 Punkte (s: $\pm 17,7$ Punkte), Studienteilnehmer, die mit WSPOS versorgt wurden, einen Wert von 26,2 (s: $\pm 19,4$ Punkte). Mittels *t-Test* (Signifikanzniveau $p \leq 0,05$) wurde dieser Score ausgewertet und kein signifikanter Unterschied ($p = 0,1$) zwischen den Gruppen festgestellt.

3.6.1.6. Oxford Shoulder Score (OSS)

Der *Oxford-Shoulder-Score* wurde ebenfalls anhand des *t-Testes* ausgewertet. Die Probanden mit einer ISP erreichten durchschnittlich 35,1 Punkte (s: $\pm 10,3$ Punkte), Studienteilnehmer mit einer WSPOS 36 Punkte (s: $\pm 9,9$ Punkte). Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte im direkten Vergleich der *matched-pairs* auch hier nicht festgestellt werden ($p = 0,7$). Betrachtet man das Gesamtkollektiv, kamen die Studienteilnehmer auf durchschnittlich 35,5 Punkte (s: $\pm 10,1$ Punkte).

3.6.2. Funktionelles Ergebnis

Bei allen Probanden wurde im Rahmen der Nachuntersuchung das funktionelle Ergebnis mindestens zwölf Monate nach dem Operationszeitpunkt untersucht (min: zwölf Monate max: 71 Monate; R: 59 Monate; s: $\pm 15,7$ Monate). Dabei führten die Studienteilnehmer jeweils ihre maximal mögliche Adduktions-, Abduktions-, Anteversions- und Retroversionsbewegung durch. Diese wurde fotodokumentiert. Später konnten die jeweiligen Bewegungsumfänge anhand der Bilder mittels Winkelmesser ausgewertet werden. Danach wurden diese Ergebnisse mit dem *t-Test* ausgewertet.

3.6.2.1. Bewegungsausmaß Adduktion

Im Mittel erreichten Probanden mit einer ISP in der Adduktionsbewegung einen Bewegungsumfang in der betroffenen Seite von $20,6^\circ$ (s: $\pm 15,3^\circ$). Im Vergleich dazu erreichten die Probanden in der gesunden Seite durchschnittlich einen Bewegungsumfang von $24,1^\circ$ (s: $\pm 13,1^\circ$). Teilnehmer der Studie, die mit einer WSPOS versorgt wurden, haben ähnliche Ergebnisse erreicht. In der betroffenen Seite konnte im Durchschnitt ein Bewegungsumfang von $24,4^\circ$ (s: $\pm 11,3^\circ$) und in der gesunden

Seite von $29,7^\circ$ ($s: \pm 16,8^\circ$) ermittelt werden. Im Vergleich der betroffenen Seiten der *matched-pairs* wurde mittels *t-Test* bei einem p-Wert von 0,42 kein signifikanter Unterschied in der Adduktionsbewegung zwischen den Gruppen festgestellt. Die Auswertung der gesunden Seiten zwischen den *matched-pairs* ergab mit $p = 0,24$ auch keinen signifikanten Unterschied. In der Auswertung der individuellen Bewegungsumfänge zwischen betroffener und gesunder Seite konnte ebenfalls keine Signifikanz (ISP: $p = 0,28$; WSPOS: $p = 0,13$) festgestellt werden. Betrachtet man das Gesamtkollektiv erreichten die Teilnehmer eine durchschnittliche Adduktionsbewegung von $26,9^\circ$ ($s: \pm 15,4^\circ$) auf der gesunden und $22,5^\circ$ ($s: \pm 14,4^\circ$) auf der betroffenen Seite.

3.6.2.2. Bewegungsausmaß Abduktion

Bei der Abduktionsbewegung auf der betroffenen Seite betrug der Mittelwert der Bewegungsumfänge sowohl bei den Probanden mit ISP als auch bei den Probanden mit WSPOS $105,0^\circ$ (ISP: $s: \pm 35,0^\circ$; WSPOS: $s: \pm 35,9^\circ$). Somit wurde zwischen den *matched-pairs* kein Signifikanzunterschied ermittelt ($p = 1,0$). Dementsprechend ist auch der durchschnittliche Wert der Abduktion des Gesamtkollektives 105° ($s: \pm 35,5^\circ$). Auf der gesunden Seite erreichten die Probanden mit ISP $131,2^\circ$ ($s: \pm 30,7^\circ$), Probanden mit WSPOS $129,7^\circ$ ($s: \pm 26,9^\circ$) (Gesamtkollektiv: $130,4^\circ \pm 28,8^\circ$). Auch hier wurde keine Signifikanz ($p = 0,83$) festgestellt. In der Auswertung der individuellen Bewegungsumfänge im Vergleich zwischen betroffener und gesunder Seite konnte allerdings eine Signifikanz in beiden Probandengruppen festgestellt werden (ISP: $p = 0,003$; WSPOS: $p = 0,0005$). Das bedeutet, dass beide Gruppen in der gesunden Seite einen besseren Bewegungsumfang haben, als in der betroffenen Seite.

3.6.2.3. Bewegungsausmaß Anteversion

In der Anteversionsbewegung erreichten die Teilnehmer insgesamt einen Bewegungsumfang von durchschnittlich $109,4^\circ$ ($s: \pm 32,7^\circ$) auf der betroffenen Seite und $133,09^\circ$ ($s: \pm 24,2^\circ$) auf der gesunden Seite. Die Auswertung der Anteversionsbewegung in der betroffenen Seite ergab bei den Studienteilnehmern mit ISP einen

Mittelwert von $101,2^\circ$ ($s: \pm 38,3^\circ$), bei den Probanden mit WSPOS einen Wert von $117,7^\circ$ ($s: \pm 25,9^\circ$). Zwischen den *matched-pairs* konnte kein Signifikanzunterschied in der betroffenen Seite ermittelt werden ($p = 0,08$). Die Bewegungsumfänge auf der gesunden Seite ergaben bei den Studienteilnehmern mit ISP einen Durchschnittswert von $124,4^\circ$ ($s: \pm 32,7^\circ$) und bei den Probanden mit WSPOS von $141,8^\circ$ ($s: \pm 10,0^\circ$). Bei der Auswertung des *t-Testes* wurde ein p-Wert von 0,02 ermittelt, was einen signifikanten Unterschied darstellt. Auch in der Auswertung der individuellen Bewegungsumfänge von betroffener und gesunder Seite konnte eine Signifikanz in beiden Probandengruppen festgestellt werden (ISP: $p = 0,007$; WSPOS: $p = 0,0003$). Probanden, die eine WSPOS erhielten, haben auf der gesunden Seite einen signifikant größeren Bewegungsumfang, als die Probanden, die eine ISP erhalten haben.

3.6.2.4. Bewegungsausmaß Retroversion

Die durchschnittliche Retroversionsbewegung im Gesamtkollektiv lag bei einem Umfang von $37,8^\circ$ ($s: \pm 11,4^\circ$) auf der betroffenen Seite und $40,4^\circ$ ($s: \pm 9,3^\circ$) auf der gesunden Seite. In der Retroversionsbewegung wurde auf der betroffenen Seite bei Probanden mit ISP ein mittlerer Bewegungsumfang von $35,3^\circ$ ($s: \pm 8,9^\circ$) und bei Probanden mit WSPOS von $40,3^\circ$ ($s: \pm 13,4^\circ$) ermittelt. Zwischen den *matched-pairs* konnte bei einem p-Wert von 0,2 kein Signifikanzunterschied in der betroffenen Seite ermittelt werden. Beim Vergleich der Retroversionsbewegung der gesunden Seite zwischen den *matched-pairs* (ISP: $36,5^\circ \pm 9,5^\circ$; WSPOS: $44,4^\circ \pm 9,2^\circ$) ergab der *t-Test* allerdings einen p-Wert von 0,03. Bei einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ stellt dies einen signifikanten Unterschied dar. Auch hier ist wieder eine Überlegenheit der gesunden Seite der Studienteilnehmer, die eine WSPOS erhalten haben gegenüber der gesunden Seite der Studienteilnehmer, die eine ISP erhalten haben, zu erkennen. In der Auswertung der individuellen Bewegungsumfänge zwischen betroffener und gesunder Seite konnte wiederum keine Signifikanz (ISP: $p = 0,45$; WSPOS: $p = 0,27$) festgestellt werden.

betroffene Seite	ISP	WSPOS	p-Wert
Adduktion	20,6°	24,4°	0,42
Abduktion	105°	105°	1,0
Anteversion	101,2	117,7°	0,08
Retroversion	35,3°	40,3°	0,2

Tabelle 02: Bewegungsumfänge betroffene Seite im Vergleich zwischen ISP und WSPOS.

gesunde Seite	ISP	WSPOS	p-Wert
Adduktion	24,1°	29,7°	0,24
Abduktion	131,2°	129,7°	0,83
Anteversion	124,4°	141,8°	0,02
Retroversion	36,5°	44,4°	0,03

Tabelle 03: Bewegungsumfänge gesunde Seite im Vergleich zwischen ISP und WSPOS.

4. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive klinische Studie. Ziel dieser Studie war es, das klinische *Outcome* von Patienten, die bei einer Humeruskopffraktur operativ mittels ISP oder WSPOS versorgt wurden, zu ermitteln. Dabei wurden die klinische Schulterfunktion, die Aktivitäten des täglichen Lebens, die Komplikationen, die Revisionsoperationen, die patienteneigene Schmerzeinschätzung und andere patientenspezifische Daten, wie das Alter, Größe, Gewicht und Nebenerkrankungen erfasst. Durch die Bildung von *matched-pairs* konnten diese Daten zwischen Patienten, die eine ISP und Patienten, die eine WSPOS erhalten haben, direkt miteinander verglichen werden. Insgesamt konnten 17 *matched-pairs* gebildet und in die Studie eingeschlossen werden.

Zu Studienbeginn, im November 2016, konnten wir in unserer vorherigen Literaturrecherche keine Studien ausfindig machen, die das klinische *Outcome* zwischen Patienten über 60 Jahren, die eine ISP und Patienten, die eine WSPOS erhalten haben, untersuchen. 2017 wurde von Giardella *et al.* eine vergleichbare Studie veröffentlicht [78]. Hierbei handelt es sich ebenfalls um eine retrospektive Studie, bei der das funktionelle *Outcome* von Patienten, die mittels ISP (SMR der Firma LIMA Corporate®) oder mittels WSPOS (PHILOS® der Firma DePuy Synthes®) versorgt wurden. Die insgesamt 44 nachuntersuchten Patienten (23 mit WSPOS und 21 mit ISP) sind alle > 65 Jahre alt und waren, wie auch in unserer Studie, zum größten Teil weiblich. Außerdem lag die operative Versorgung auch mindestens ein Jahr zurück. Die Studie von Giardella *et al.* unterscheidet sich zu unserer Studie darin, dass keine *matched-pairs* gebildet wurden und neben dem klinischen *Outcome* auch eine Röntgenuntersuchung durchgeführt wurde. Die radiologisch diagnostizierten Komplikationen korrelierten hierbei nicht mit dem funktionellen *Outcome*. Insgesamt konnte ein besseres funktionelles Ergebnis der ISP gegenüber der WSPOS gezeigt werden [78]. Außerdem veröffentlichten Klug *et al.* im Mai 2019 eine Studie, die sich ebenfalls mit dem postoperativen *Outcome* von Patienten mit ISP und WSPOS auseinandersetzt. In deren Studie wurden insbesondere die Komplikations- und Revisionsrate von Patienten nach operativer Versorgung der Humeruskopffraktur genauer untersucht [79]. In deren Studie konnte gezeigt werden, dass es zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden operativen

Verfahren gibt, aber die ISP, wie bereits in der Literatur beschrieben, mit einer geringeren Anzahl an Komplikationen und Revisionsoperationen einhergeht. Eine Bildung von *matched-pairs* erfolgte im Gegensatz zu unserer Studie auch hier nicht.

Die *proximale* Humerusfraktur ist mit einer Häufigkeit von 4-6 % eine der häufigsten Frakturen [1] [2] [3] [4]. Mit mehr als 70 % tritt diese Fraktur beim älteren Menschen über 60 Jahre auf [5] [6] [7] [80] [81] [82]. Nicht- oder nur gering-gradig dislozierte *proximale* Humerusfrakturen können konservativ behandelt werden. Dislozierte oder mehrfragmentäre Humeruskopffrakturen sollten jedoch operativ versorgt werden. Für die operative Versorgung stehen unterschiedliche Operationsverfahren zur Verfügung. Studien zur optimalen Frakturversorgung stehen allerdings aus [83]. Zeigten Anfang des 21. Jahrhunderts WSPOS zunächst vielversprechende Ergebnisse, mussten diese später revidiert werden. Südkamp *et al.* beschrieben in ihrer Studie von 2009, dass bei über 30 % der Patienten im Laufe des ersten Jahres eine Revisionsoperation durchgeführt werden musste [84]. Krettek *et al.* kamen 2011 zu dem Ergebnis, dass auch dislozierte Frakturen bei Patienten über 60 Jahren nicht zwingend operativ versorgt werden müssen. Ausnahmen stellen hierbei *Head-split*- und Luxationsfrakturen dar. Hier liegt nach Angaben der Autoren eine zwingende Operationsindikation vor [85]. Im Vergleich zur anatomischen Frakturhemiprothese (HA) zeigt die WSPOS in einer Langzeitstudie über zehn Jahre zwar signifikant bessere Ergebnisse, die Komplikations- und Revisionsraten sind allerdings signifikant höher [8]. In verschiedenen Vergleichsstudien zwischen HA und ISP kam man zu dem Ergebnis, dass die Patienten mit ISP ein signifikant besseres *Outcome* hatten, als die Patienten, die mittels HA versorgt wurden [86] [87]. Daher zeichnete sich besonders in den letzten Jahren eine Tendenz zum Einsatz der ISP bei Mehrfragmentfrakturen beim älteren Menschen, insbesondere bei über 70-jährigen, ab [88] [89]. In den Jahren 2009 bis 2012 ist die Verwendung einer ISP laut einer Studie von Rosas *et al.* von 11 % auf 29 % angestiegen [90]. Ein weiterer Anstieg des Einsatzes von ISP ist anzunehmen.

Geschlechterverteilung

Eine vermehrte Häufung der *proximalen* Humerusfraktur bei Frauen ist auf Grund des erhöhten postmenopausalen Osteoporoserisikos im Alter bekannt [5] [82] [91] [92] [93]. Auch in der hier vorliegenden Studie konnte ein Ungleichgewicht der

Geschlechterverteilung aufgezeigt werden. So waren von den teilnehmenden Probanden 31 Frauen und nur drei Männer von einer *proximalen* Humerusfraktur betroffen. Das macht einen Anteil von 91,2 % des weiblichen Geschlechtes aus. Eine Häufung des weiblichen Geschlechtes zeigten zum Beispiel auch Court-Brown *et al.* [94] oder Einsiedel *et al.* [12] in ihren Studien.

Altersverteilung

In einer finnischen Studie von Kannus *et al.* wurde eine Verdreifachung der Anzahl Humeruskopffrakturen innerhalb von 30 Jahren gezeigt [95]. Dies spiegelt den demografischen Wandel der Gesellschaft wieder. Auch in der vorliegenden Studie wurde ein erhöhter Altersdurchschnitt der Probanden mit *proximaler* Humerusfraktur berücksichtigt. Das Mindestalter über 60 Jahre zum Zeitpunkt der Frakturentstehung war Voraussetzung, um an dieser Studie teilnehmen zu können. Dieses Einschlusskriterium konnte bei allen Studienteilnehmern eingehalten werden. Das mittlere Alter bei den Teilnehmern mit ISP lag bei 77,8 Jahren zum Zeitpunkt der Operation. Die Probanden mit WSPOS waren etwas jünger mit einem Durchschnittsalter von 75,3 Jahren.

Body-Mass-Index

Da sowohl ein erhöhter als auch ein erniedrigter BMI als Risikofaktor für eine Frakturentstehung gilt [96] [97] [98], wurde das Gewicht und die Größe der Studienteilnehmer erfragt und daraus der BMI ($\text{Gewicht}/\text{Größe}^2$ in kg/m^2) errechnet. Der mittlere BMI unseres gesamten Studienkollektives beträgt $25,1 \text{ kg}/\text{m}^2$. Die Probanden, die mittels ISP versorgt wurden, hatten einen durchschnittlichen BMI von $26,5 \text{ kg}/\text{m}^2$. Die Studienteilnehmer, die mittels WSPOS versorgt wurden, hatten einen mittleren BMI von $23,8 \text{ kg}/\text{m}^2$. Normwerte sind alters- und geschlechtsspezifisch und hängen von der ethnischen Herkunft ab. Allgemein gilt ein $\text{BMI} < 23 \text{ kg}/\text{m}^2$ für Menschen über 65 Jahre als Untergewicht, Menschen mit einem $\text{BMI} > 30 \text{ kg}/\text{m}^2$ gelten als übergewichtig. Eine 2017 von Myeroff *et al.* veröffentlichte Studie zeigt ein dreifach erhöhtes Mortalitätsrisiko für ältere Patienten > 60 Jahre ab einem $\text{BMI} < 25 \text{ kg}/\text{m}^2$ auf [99].

Einschränkungen in Bezug auf die Auswertung des BMIs gibt es, da in dieser Studie der BMI nicht geschlechtsspezifisch untersucht wurde. Außerdem ist der BMI zwar ein guter Parameter zur Einschätzung des Gewichtes für jüngere Menschen. Bei

älteren Menschen kann es jedoch zum Beispiel durch eine Abnahme der Muskelmasse zu einer Verzerrung der Werte kommen. Die Abnahme der Körpergröße der älteren Bevölkerung führt ebenfalls zu Abweichungen [100] [101]. Auch wurden in dieser Studie die Körpergröße und das Gewicht nur erfragt und nicht mit geeichten Messinstrumenten überprüft, sodass eine eingeschränkte Beurteilung der BMI-Werte vorliegt.

Unfallursache und Unfallort

Wie auch in der Literatur beschrieben, war bei 85,3 % der Probanden dieser Studie ein Sturz auf die Schulter aus Standhöhe oder auf den ausgestreckten Arm die Frakturursache [82] [94] [102] [103]. Frangen *et al.* beschreibt in seiner Studie ein Sturzereignis bei 137 von 166 (82,5 %) in der häuslichen Umgebung [104]. Anders als in der Studie von Frangen *et al.*, kam es bei den hier eingeschlossenen Studienteilnehmern nur bei 38,2 % des Gesamtkollektives zu einem Sturz in häuslicher Umgebung. Alle anderen Studienteilnehmer stürzten außerhalb des häuslichen Umfeldes.

Unfallmonat

Die Frage, ob das Sturzereignis von der Jahreszeit abhängt, wurde in dieser Studie ebenso untersucht. Es konnte zwar kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Jahreszeiten nachgewiesen werden, trotzdem ist zu erkennen, dass es zu einer geringeren Anzahl an Unfällen im Sommer im Vergleich zu den restlichen Jahreszeiten kam. Dies widerspricht den Ergebnissen einer Schweizer Studie von Bundi *et al.*, die den Zusammenhang zwischen Tages- und Jahreszeit und Unfallhäufigkeit untersuchten. In deren Studie konnten vermehrt Unfälle in den Sommermonaten verzeichnet werden [105]. Es wurden insgesamt 1178 Patienten im Alter von 53,5 Jahren ($\pm 23,3$ Jahren) einbezogen. Allerdings wurde nicht genauer auf die Art der Unfälle und die Art der Verletzungen in Zusammenhang mit verschiedenen Altersgruppen eingegangen. Dementsprechend ist eine direkte Vergleichbarkeit zu älteren Patienten, die sich im Rahmen eines Traumas eine *proximale* Humerusfraktur zuzogen nicht gegeben. Im Widerspruch dazu stehen andere Studien, die eine Häufung von Frakturen vor allem in den Wintermonaten und eine geringere Anzahl an Unfällen im Sommer beschreiben. In einer Studie von von Dercks *et al.* beispielsweise konnte eine signifikante Häufung von *proximalen* Humerusfrakturen im Winter

aufgezeigt werden [106]. Ebenso werden von Bischoff-Ferrari *et al.* eine Häufung von verschiedenen Frakturen im Winter beschrieben [107]. Dies unterstützt auch die von uns beobachteten Ergebnisse zur saisonalen Verteilung der Frakturhäufigkeit.

Frakturklassifikation nach Neer

Eine gängige Einteilung der *proximalen* Humerusfraktur ist die radiologische Frakturklassifikation nach Neer. Auch die in dieser Studie untersuchten *proximalen* Humerusfrakturen wurden präoperativ radiologisch nach Neer klassifiziert. Die Notwendigkeit einer operativen Versorgung in Abhängigkeit des Schweregrades der Fraktur ist in der Literatur ein stark diskutiertes Thema. So haben Lill *et al.* 2001 für dislozierte 2- und 3-Fragmentfrakturen minimalinvasive und winkelstabile Plattensysteme empfohlen, ein konservatives Vorgehen aber nicht ausgeschlossen [19]. Auch in der neueren Literatur besteht weiterhin Uneinigkeit, ab wann ein operatives Vorgehen notwendig ist [22] [108]. In der hier vorliegenden Studie wurden Frakturen ab der Neer Klasse 3 sowohl mit ISP, als auch mittels WSPOS versorgt. Eine definitive operative Versorgung der Humeruskopffraktur wird bei dislozierten 3- und 4-Fragmentfrakturen beim älteren Menschen empfohlen [108]. Ein Kritikpunkt der Neer-Klassifikation, aber auch anderer Klassifikationssysteme, ist, dass die Zuverlässigkeit der Klassifikation anhand der Röntgenbilder nicht immer eindeutig möglich ist. Neben Siebenrock *et al.* untersuchte auch Sidor *et al.* 1993 für Humeruskopffrakturen die Zuverlässigkeit und die Reproduzierbarkeit der Neer-Klassifikation [109] [110]. Beide kamen zu dem Schluss, dass sowohl die Zuverlässigkeit, als auch die Reproduzierbarkeit von Klassifikationssystemen gering ist. Neben der Neer-Klassifikation ist auch die AO/ASIF-Klassifikation in der Praxis eine gängige Klassifikationsmethode. Es konnte allerdings gezeigt werden, dass die Neer-Klassifikation bessere Ergebnisse erzielt [19] [109]. Inzwischen wird eine CT mit 3D-Rekonstruktion für eine genauere Klassifikation und damit auch bessere Operationsplanung von einigen Autoren als obligat angesehen [20].

Zusätzliche Unfallfolgen und zeitlicher Abstand zwischen Unfall und Operation

Bei 26,5 % der Probanden lagen neben der Humeruskopffraktur weitere Verletzungen, die teilweise zunächst vorrangig versorgt werden mussten, vor. Ebenso kam

es bei einem Teil der Probanden zur Ödembildung des betroffenen Armes, wie es bei Traumata häufig der Fall ist. Ferner wurde zum Beispiel durch eine Studienteilnehmerin berichtet, dass eine operative Versorgung erst verzögert stattfinden konnte, da sie einen zu pflegenden Angehörigen unterbringen musste. Auch eine spätere Vorstellung durch andere Kliniken oder den Probanden selbst, führte zu einer Verzögerung der operativen Versorgung. Durch diese Faktoren ist der mittlere Versorgungszeitpunkt nach 7,4 d (min: 1 d; max: 33 d; R: 32 d; s: $\pm 8,3$ d) mit einem Median von 4 d bei den 14 Probanden mit direkter Versorgung mittels ISP zu erklären. Im Vergleich dazu erfolgte die operative Therapie der 20 Probanden mittels WSPOS bereits nach 3,7 d (min: 1 d; max: 8 d; R: 7 d; s: $\pm 2,6$ d). Der Median lag bei 3 d. Welche Folgen eine verzögerte operative Versorgung einer *proximalen* Humerusfraktur haben kann, berichten Hodgson *et al.* in einer systematischen Übersichtsarbeit zu acht Studien im Vereinigten Königreich. Es konnte gezeigt werden, dass durch einen frühzeitigen Beginn der physiotherapeutischen Maßnahmen (innerhalb von 3 Wochen nach Frakturereignis) nicht nur eine schnelle Schmerzlinderung eintritt, sondern auch ein besseres funktionelles Ergebnis erzielt wird [111] [112].

In der aktuell gültigen Leitlinie der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) von 2017 gibt es keine genaue Empfehlung, zu welchem Zeitpunkt eine operative Versorgung einer Humeruskopffraktur stattfinden sollte. Dringliche Eingriffe zur Versorgung mittels Osteosynthese bestehen immer dann, wenn Begleitverletzungen mit Nerven- oder Gefäßbeteiligung, Luxationsfrakturen, offene Frakturen zweiten oder dritten Grades oder schwere Weichteilschäden vorliegen. Auch bei erheblichen nicht reponierbaren Dislokationen, die im Verlauf zu Schäden der Extremität führen könnten, wird zur dringlichen Operation geraten [113]. Eine endoprothetische Versorgung kann als elektive Operation nach entsprechender Vorbereitung oder auch sekundär nach z.B. dem Versuch einer konservativen Therapie durchgeführt werden [113].

Boesmueller *et al.* untersuchten Risikofaktoren für die Entwicklung einer Humeruskopfnekrose nach WSPOS. Interessanterweise konnten sie beobachten, dass die Zeit bis zur Operation das Risiko für eine Humeruskopfnekrose unabhängig vom Frakturtyp nicht beeinflusste. Genauso hatten Alkoholkonsum und das Alter keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Humeruskopfnekrose. Stattdessen zeigte ihre Studie eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Entwicklung

einer Humeruskopfnekrose mit dem Frakturtyp. Auch bei starken Rauchern (≥ 20 Zigaretten/Tag) zeigte sich ein erhöhtes Risiko von der Ausbildung einer Pseudarthrose (*non-union*) [114].

Da Osteoporose als eines der Hauptrisikofaktoren für eine Humeruskopffraktur gilt, ist eine stabile Verankerung des Implantates im osteoporotischen Knochen notwendig, um eine zufriedenstellende Funktion des Gelenkes herstellen zu können und eine Materiallockerung innerhalb kurzer Zeit zu vermeiden [5] [82] [91] [92] [93]. Eine winkelstabile Verankerung und dadurch eine Reduktion der Lockerungsraten des Osteosynthesematerials im osteoporotischen Knochen konnte durch die Entwicklung und den Einsatz der WSPOS nachgewiesen werden [103]. In der hier vorliegenden Studie wurde eine Materiallockerung radiologisch nicht überprüft. Sicherlich hat dies eine Einschränkung der Gesamtbeurteilung des klinischen *Outcomes* zur Folge. Als eines der Hauptprobleme der ISP wird weiterhin das *glenoidale notching* beschrieben. Eine Häufigkeit von bis zu 96 % wird in der Literatur angegeben [39]. Das Auftreten des *glenoidalen notchings* und die klinische Relevanz wird allerdings kontrovers diskutiert. So wird diese Komplikation nach Implantation zwar häufig radiologisch diagnostiziert, einen Einfluss auf die klinische Funktion hat das *glenoidale notching* allerdings nicht [115] [116] [117] [118]. In der Nachuntersuchung wurde im Rahmen der Studie bei einer Studienteilnehmerin mit WSPOS auf Grund der Schmerzsymptomatik und der damit verbundenen eingeschränkten Beweglichkeit der Verdacht einer Humeruskopfnekrose gestellt. Eine weiterführende radiologische Diagnostik wurde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung seitens der Studienteilnehmerin allerdings abgelehnt.

Operationsdauer

Die Schnitt-Naht-Zeit lag im Mittel bei den Probanden mit ISP mit 1:37 h etwas höher als bei der Versorgung mittels WSPOS (1:18 h). Eine Ursache dieser Differenz ist, dass es bei einer Probandin zu einer Schaftfraktur nach Implantation der ISP während der Reposition kam. So verlängerte sich die Operationszeit auf 5:08 h. Da es sich bei dieser Studie um ein relativ kleines Patientenkollektiv handelt, hat jeder einzelne Wert einen relativ großen Einfluss auf den arithmetischen Mittelwert. Betrachtet man den Median aller mit ISP versorgten Probanden, gibt es nur

geringfügige Unterschiede zwischen den Schnitt-Naht-Zeiten von ISP (1:22 h) und WSPOS (1:12 h). Diese Zeiten decken sich mit den Zeiten anderer Studien [119] [120].

American Society of Anesthesiologists Risk Classification (ASA)

Zur Beurteilung des perioperativen Risikos wird häufig der präoperativ erhobene ASA-Score herangezogen. In der hier vorliegenden Studie wurden alle Probanden mit einem ASA-Score von $\leq$ drei eingestuft. Dabei hatten 38,2 % der Studienteilnehmer einen ASA-Score von drei und 50 % des Gesamtkollektives einen ASA-Score von zwei. Diese Einstufung fand zum Zeitpunkt der Operation statt. Das *Follow-up* erfolgte im Mittel 28,8 Monate postoperativ. In dieser Zeit ist eine Veränderung des ASA-Scores auch in Hinblick auf das erhöhte Patientenalter durchaus denkbar. Auch ist zu berücksichtigen, dass Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation einen schlechteren ASA-Score hatten, eventuell zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht mehr lebten oder sich in einem so schlechten gesundheitlichen Zustand befanden, sodass sie nicht an der Studie teilnehmen konnten.

Präoperative Komplikationen wurden bei keinem der Probanden dieser Studie beschrieben. Intraoperativ kam es bei einer Probandin mit ISP von den 34 in diese Studie eingeschlossenen Probanden (2,9 % bei 1/34 oder 5,8 % bei 1/17) zu einer Schaftfraktur beim Einsetzen des Schaftes der ISP. Die postoperative Komplikationsrate war bei den Studienteilnehmern, die eine ISP erhalten haben, mit einer (2,9 % bei 1/34 oder 5,8 % bei 1/17) Luxation, welche im postoperativen Röntgenbild auffiel, gering. Die Probanden, die eine WSPOS erhielten, hatten auch in unserem Patientenkollektiv höhere postoperative Komplikationsraten. So wurden drei (8,8 % bei 3/34 oder 17,6 % bei 3/17) der Probanden, die in dieser Studie im Rahmen der Gruppe mit ISP nachuntersucht wurden, primär mit einer WSPOS versorgt. Auf Grund einer Humeruskopfnekrose oder Plattenfehlage wurde eine Revisionsoperation mit ISP-Versorgung durchgeführt. Auch in der Kohorte, die im Rahmen der WSPOS nachuntersucht wurde, wurden bei vier (11,8 % bei 4/34 oder 23,5 % bei 4/17) Probanden auf Grund von funktionellen Beschwerden, die auf eine Materialfehlage zurückzuführen war, eine Revisionsoperation durchgeführt. In diesen Revisionsoperationen erfolgte eine vollständige oder teilweise Entfernung des einliegenden Osteosynthesematerials. Somit konnten auch wir in unserer Studie

eine höhere Komplikationsrate der Probanden mit WSPOS im Vergleich zur Gruppe der Probanden mit ISP feststellen.

Außerdem bestanden weitere postoperative Komplikationen, die konservativ mit intensiver Analgesie und Physiotherapie behandelt wurden. Bei einem (5,9 %) Studienteilnehmer mit ISP und bei drei (17,7 %) Probanden mit WSPOS wurden Schmerzen, Schwellungen oder Kribbelparästhesien (Anlage Schmerzkatheter) beschrieben. Jeweils eine Studienteilnehmerin mit ISP und eine Studienteilnehmerin mit WSPOS wiesen postoperativ pulmonale Komplikationen auf. Ein Zusammenhang zwischen einem schlechteren ASA-Score und den Probanden, die Komplikationen aufzeigten, ist zu erkennen. Ein Großteil der Patienten, bei denen es zu postoperativen Komplikationen kam, waren präoperativ in einen ASA-Score drei (53,9 % bei 7/13) eingestuft worden. In einer Studie von Myeroff *et al.* wurde unter anderem untersucht, ob das Mortalitätsrisiko von Patienten mit Humeruskopffraktur bei einem schlechteren ASA Score erhöht ist. Sie kamen zu dem Schluss, dass alleine ein ASA-Score drei bis vier ein vierfach erhöhtes Mortalitätsrisiko gegenüber eines ASA-Scores von eins bis zwei darstellt [99].

Verweildauer

Auf der *Homepage* der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie wird eine durchschnittliche Krankenhausverweildauer nach operativer Versorgung der Humeruskopffraktur von 12,8 d (Stand August 2012) angegeben [121]. Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer lag bei den Probanden, die an dieser Studie teilgenommen haben und eine ISP erhalten haben bei 13,7 d und 8 d bei den Probanden mit WSPOS. Die Angaben der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie beziehen sich auf ein wesentlich größeres Patientenkollektiv, als es hier der Fall ist. Außerdem werden alle Möglichkeiten der operativen Versorgung zusammen betrachtet. In einem Patientenkollektiv dieser Größe, wie es bei der vorliegenden Studie der Fall ist, haben einzelne Ausreiser einen größeren Einfluss auf die durchschnittliche Liegedauer des Gesamtkollektives. Zu sehen ist dies am Patientenkollektiv mit ISP. Durch die wesentlich erhöhte Liegedauer einer Probandin mit 40 d, weicht der Mittelwert von 13,7 d stark vom Median mit 9 d ab. Ein Grund für die wesentlich verlängerte Liegedauer waren unter anderem zusätzliche Unfallfolgen.

Scoreauswertung

Numerische Rating Skala (NRS)

Schmerzen können an verschiedenen Stellen im Schmerzleitungssystem zu Stande kommen und sind in der Wahrnehmung jedes einzelnen Patienten sehr individuell. Um diese subjektive Schmerzempfindung objektivieren zu können, gibt es verschiedene Skalen. Dazu zählen unter anderem die NRS, aber auch die Verbale Rang Skala (VRS) oder die Visuelle Analog Skala (VAS). Bei Kindern wird häufig die sogenannte Smiley-Skala (FPS-R) eingesetzt. Eine Aussage über Schmerzen in Ruhe und bei Bewegung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde in dieser Studie mittels NRS durchgeführt. Von Schmerzmedizinern wird auf Grund der guten Anwendbarkeit und der hohen Validität die NRS zur Beurteilung der Schmerzstärke empfohlen [122]. Scharnagel *et al.* fand in einer Studie allerdings heraus, dass die Formulierung von Schmerzzuständen in Zahlenwerten tagesformabhängig ist [123]. Er entwickelte eine vier-stufige Schmerzskala, in der eine Abstufung zwischen keinem und nicht aushaltbarem Schmerz erfolgt. Laut Scharnagel *et al.* kommt es bei dieser Skala zu keinem Nachteil der Schmerzeinschätzung. Ein Vorteil war aber, dass die Patienten die Schmerzstärke besser in Form von Worten beurteilen konnten [123]. In dieser Studie wurde die NRS Skala angewandt. Eine Beurteilung der Schmerzen fließt auch in der Auswertung des SF-12, DASH und OSS-Scores mit ein. In diesen Messinstrumenten findet die Beurteilung der Schmerzintensität in Form von Worten statt.

Katz-Index of Activities of Daily Living (Katz-Index)

Der *Katz-Score* ist ein einfaches und schnell durchführbares Messinstrument, der einen Überblick über den allgemeinen Aktivitätszustand des Patienten ermöglicht. Eine Schwäche des *Scores* ist, dass er keine Abstufung besitzt. Manche Patienten sind nicht komplett auf Hilfe angewiesen. Eine Einteilung der Pflegebedürftigkeit bzw. der Selbstständigkeit ist mit Hilfe dieses *Scores* nicht möglich. Für eine grobe Einschätzung des Allgemeinzustandes und die allgemeine körperliche Verfassung des Patienten ist der *Katz-Score* allerdings ein gutes Messinstrument. Die

Studienteilnehmer konnten die Fragen des Scores ohne Einschränkungen gut beantworten.

12-Item Short Form Health Survey (SF-12)

Die Ergebnisse der körperlichen und der psychischen Summenskala des SF-12 Scores zeigten im Vergleich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Eine aktuellere prospektive Multicenterstudie von Rangan *et al.* aus dem Jahre 2015 vergleicht das funktionelle postoperative Ergebnis nach sechs und 24 Monaten. In dieser prospektiven Multicenterstudie aus dem Jahre 2015 wurde der SF-12 Score für das funktionelle *Outcome* neben dem OSS für den Vergleich von Patienten mit *proximaler* Humerusfraktur nach konservativer vs. operativer Versorgung herangezogen. Es erfolgte eine Nachkontrolle der Patienten nach sechs, zwölf und 24 Monaten. Eine Vergleichbarkeit der Daten aus der Studie von Rangan *et al.* und unseren Daten ist schwierig, da es in der Studie von Rangan *et al.* keine Eingrenzung der Altersklassen gibt und auch die operative Versorgung nicht gegliedert wurde. In der Vergleichsstudie wurden zwar 82,6 % mittels WSPOS versorgt, aber auch eine HA (9,2 %), Nagelosteosynthese (3,7 %) oder andere operative Versorgungen (4,6 %), welche nicht genauer definiert sind, wurden verwendet. Die Ergebnisse zeigten zu allen Nachuntersuchungszeitpunkten keine statistische Signifikanz im SF-12 Score. Sowohl die Ergebnisse der körperlichen Komponente, als auch die Ergebnisse der psychischen Komponente sind mit den Ergebnissen unseres Patientenkollektives vergleichbar [15].

Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)

Das Ergebnis des DASH-Scores unserer Studie zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Ergebnisse unserer Studie sind mit anderen Studien, die in den letzten Jahren durchgeführt wurden, vergleichbar. Gupta *et al.* hatten in der 2015 veröffentlichten Vergleichsarbeit ähnliche DASH-Scores für WSPOS (DASH = 25) und ISP (DASH = 39) aufgezeigt. In diese Studie wurde ebenfalls das Ergebnis des DASH-Scores bei anatomischen Frakturprothesen einbezogen. Hier lag der durchschnittliche DASH-Score bei 38 Punkten [124]. Mata-Finke *et al.* kamen in einer Vergleichsstudie zwischen ISP und HA zu ähnlichen Werten beider Prothesen (ISP: 40, HA: 41) [125]. Schlechtere Ergebnisse zeigten Willert *et al.* 2017 beim *Outcome* von Patienten mit ISP. Hier lag der DASH-Wert

bei durchschnittlich 52 Punkten [126]. Siebenbürger *et al.* hatten in einer Studie 2014 über das klinische *Outcome* nach operativer Versorgung mittels WSPOS vergleichbare Ergebnisse im DASH-Score (DASH: 21,4 Punkte) [127]. Bessere Ergebnisse nach Versorgung mittels WSPOS beschreiben Krettek *et al.* 2011 (DASH bei WSPOS: 15,2 Punkte) [85].

Oxford Shoulder Score (OSS)

Ähnlich wie der DASH-Score wird der OSS für die Einschätzung der Funktion der oberen Extremität eingesetzt. Im Gegensatz zum DASH wird speziell die Schulterfunktion betrachtet. Daher ist dieser Score besonders gut für das *Outcome* von Patienten mit Humeruskopffrakturen geeignet. Bezüglich des OSS konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patientengruppen nachgewiesen werden. Die Ergebnisse sind ebenfalls mit anderen Arbeiten, in denen das *Outcome* der verschiedenen Operationsverfahren nachuntersucht wurde, vergleichbar. Boyle *et al.* beschreiben in ihrer Studie 2013 eine Überlegenheit der ISP gegenüber der HA bei der Nachuntersuchung nach fünf Jahren anhand der Ergebnisse des OSS (ISP: 41,5; HA: 32,3,). Im Vergleich dazu gab es zwischen den Gruppen in der Nachuntersuchung nach sechs Monaten keine signifikanten Unterschiede [128]. Young *et al.* konnten in ihrer Studie zwischen ISP und HA 2010 keine signifikanten Unterschiede im OSS zeigen [129].

Studien über das Ergebnis im OSS bei älteren Patienten, die operativ mit WSPOS versorgt wurden, sind selten zu finden. In einer Studie von Faraj *et al.* erreichten die Patienten einen OSS-Wert von 19,76 Punkten. In der Studie wurden alle Altersklassen eingeschlossen (Alter zwischen 15 und 97 Jahren) [130]. Dietrich *et al.* zeigten 2008 in einer Studie, dass die Patienten, die mit WSPOS versorgt wurden, ein besseres Ergebnis im OSS (20 Punkte) aufzeigten, im Vergleich zu Patienten, die mit HA (OSS: 29 Punkte) versorgt wurden [8]. In der Multicenterstudie von Rangan *et al.* wurde der OSS auch angewandt. Einen signifikanten Unterschied zwischen den operativ und konservativ versorgten Patientengruppen konnten Rangan *et al.*, wie auch beim SF-12, für den OSS nicht feststellen (operativ: 39,07 Punkte, konservativ: 38,32 Punkte) [15]. Allerdings wird die Aussagekraft der Studie durch verschiedene Schwächen im Studiendesign und der Methodik stark abgeschwächt [20].

Funktionelles Ergebnis

Die Studienlage zur Versorgung der Humeruskopffraktur ist groß. Es gibt unterschiedliche Studien zum funktionellen *Outcome* von Patienten mit operativ versorgter Humeruskopffraktur. Dabei gibt es Fallstudien zur Versorgung mittels ISP, HA, Nagelosteosynthese oder WSPOS und vergleichende Studien zwischen den einzelnen Operationsmethoden. In einem *Review* von Gupta *et al.* aus dem Jahre 2015 wurden 92 Studien mit insgesamt 4500 Patienten analysiert, die die Versorgungsarten mittels WSPOS, HA und ISP einschließt. Eine konkrete Aussage, welche Operationsmethode empfehlenswert ist, konnten Gupta *et al.* trotz besserem Ergebnis in der Funktion der WSPOS auf Grund der immer noch hohen Revisionsraten nicht machen. Andere Autoren können ebenfalls keine eindeutige Empfehlung geben, welche Operationsmethode als Standardversorgung angewendet werden sollte. Wie schon im OSS zeigten Young *et al.* auch bei den Bewegungsumfängen keine signifikanten Unterschiede zwischen ISP und HA [129]. Ockert *et al.* untersuchten 24 Patienten mit ISP ein Jahr postoperativ. Sie zeigten ähnliche Bewegungsumfänge bei den Patienten mit ISP, wie wir [131]. Willert *et al.* kamen 2017 in einer Studie über das postoperative *Outcome* von Patienten mit ISP im Vergleich zu Menschen ohne Verletzung der oberen Extremität ebenfalls zu ähnlichen Ergebnissen, wie wir in unserer Studie [126]. Die Vermutung der schlechteren Funktion der Patienten mit Humeruskopffraktur im Vergleich zu den Patienten ohne Verletzung der oberen Extremität wurde bestätigt. Longo *et al.* berichtet 2016 in seinem *Review* über das *Outcome* von älteren Patienten mit ISP. In diesem *Review* wurden insgesamt zehn Studien ausgewertet. Vergleichbare Bewegungsumfänge zu unseren Studienteilnehmern mit ISP werden auch von diesen Autoren beschrieben [132]. In der Studie wird die niedrigere Revisionsrate der ISP im Vergleich zur HA erwähnt und so eine Versorgung der ISP als vorteilhaft angesehen. Im Vergleich zwischen dem *Outcome* von Patienten mit WSPOS und nichtoperativ versorgten Patienten kamen Olerud *et al.* auf vergleichbare Bewegungsumfänge in der WSPOS-Gruppe, wie wir. Insgesamt konnten sie in ihrer Studie zeigen, dass eine operative Versorgung einer *three-part*-Fraktur bei älteren Patienten trotz einer Revisionsrate von 17 % bessere funktionelle Ergebnisse zeigen, als konservativ versorgte *three-part*-

Frakturen des *proximalen Humerus* [133]. Bei Vergleichen zwischen WSPOS und HA gibt es verschiedene Ergebnisse. Einerseits sind die Bewegungsumfänge der mit WSPOS versorgten Patienten besser [8], andererseits waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den WSPOS und HA-versorgten Gruppen zu sehen [134]. In einer Studie vom August 2017 von Repetto *et al.* wurden sowohl die Bewegungsumfänge als auch der DASH und andere Scores zur Beurteilung des funktionellen Ergebnisses von Patienten mit Humeruskopffraktur ausgewertet. Dabei wurden verschiedene operative Methoden einbezogen. Neben der Versorgung mittels WSPOS und ISP wurde auch die Versorgung mit HA und Nagelosteosynthese berücksichtigt. Eine Überlegenheit der WSPOS gegenüber der HA und der ISP konnte gezeigt werden. Ebenfalls kamen die Autoren zu einem besseren Ergebnis der ISP gegenüber der HA. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen im Bewegungsumfang wurden allerdings nicht nachgewiesen [135]. In unserer Auswertung konnten in den von uns untersuchten Bewegungsumfängen auf der betroffenen Seite keine signifikanten Unterschiede innerhalb der *matched-pairs* festgestellt werden. Bis zu Beginn unserer klinischen Studie im November 2016 gab es keine Vergleichsstudien darüber, wie das klinische *Outcome* von Patienten mit ISP und WSPOS ist. Im Juli 2017 veröffentlichte Giardella *et al.* eine Arbeit, die das funktionelle Ergebnis von Patienten mit ISP und WSPOS vergleicht. In deren Studie ist vor allem in der Anteversionsbewegung ein signifikant besseres Ergebnis der ISP-Gruppe (133°) als der mit WSPOS versorgten Patienten (112,8°) aufgetreten. In unserer Studie konnten wir keine statistische Signifikanz feststellen (101,2° vs. 117,7°).

Was ist nun besser?

Bei Patienten mit *proximaler* Humerusfraktur wird die ISP zwar schon seit vielen Jahren als alternative Operationsmethode zur WSPOS durchgeführt, trotzdem besteht weiterhin kein einheitliches operatives Behandlungskonzept. Die operative Versorgung mittels WSPOS zeigt gegenüber anderen operativen Methoden gute Ergebnisse. Daher wird diese Operationsmethode trotz hoher Komplikationsraten weiterhin als Standard angesehen [20]. Haasters *et al.* zeigten in einer 2016 veröffentlichten Studie, Komplikationsraten von 12,8 % (11,6 % mit Revisionsoperation) [136]. Siebenbürger *et al.* kamen auf ähnlich hohe Komplikationsraten bei mit WSPOS versorgten Humeruskopffrakturen [137]. Allerdings ist in den letzten Jahren

eine Zunahme der Anwendung der ISP zu verzeichnen [90]. So werden durch die Weiterentwicklung der ISP vermehrt zufriedenstellende und vergleichbare Ergebnisse im funktionellen *Outcome* beschrieben [87] [138]. Auch in dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass für die *proximale* Humerusfraktur kein einheitliches operatives Behandlungskonzept genannt werden kann. Für jüngere Patienten unter 60 Jahren ist die Versorgung mit WSPOS durchaus weiterhin als Standardoperation zu betrachten. Wie wir allerdings in unserer Studie herausfinden konnten, ist die ISP insbesondere für ältere Patienten auf Grund der geringeren Komplikations- und Revisionsrate und des vergleichbaren funktionellen Ergebnisses eine sehr gute Alternative zur operativen Versorgung der *proximalen* Humerusfraktur. Es muss allerdings auch bei älteren Patienten weiterhin ein individuelles Behandlungskonzept für jeden Einzelnen gefunden werden. Dabei sind nicht nur das biologische Alter, sondern auch andere Faktoren, wie beispielsweise Nebenerkrankungen, körperliche Aktivität und die psychische Verfassung zu berücksichtigen.

Stärken der Studie

Neben der klinischen Schulterfunktion wurden ebenfalls die subjektive Schmerzwahrnehmung und die Aktivitäten des täglichen Lebens im Rahmen des *Katz-Index* und des *SF-12 Scores* betrachtet, die ein umfassenderes Bild zur Funktion und zum Gesundheitszustand eines Patienten aufzeigen. In klinischen Studien rückt die Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL) in den Vordergrund. HRQoL beschreibt hierbei ein mehrdimensionales Konzept, das Bereiche umfasst, die sich auf die körperliche, geistige, emotionale und soziale Funktion beziehen. In der Wissenschaft wurden zahlreiche Instrumente zur Messung von HRQL etabliert. Die vorliegende Studie verwendet den SF-12, ein generisches Instrument zur Bestimmung der Lebensqualität.

Die Bildung von *matched-pairs* aus Probanden, die mit ISP einerseits und Probanden, die mit WSPOS andererseits, versorgt wurden, ist sicherlich eine der Stärken dieser Studie. Auch wenn es inzwischen Vergleichsstudien über das Ergebnis von ISP und WSPOS gibt, sind keine *matched-pairs* für einen direkten Vergleich gebildet worden. Bei der Bildung der *matched-pairs* wurde insbesondere auf ein ähnliches Patientenalter und einem ähnlichen Operationszeitpunkt geachtet. Bei den *matched-pairs*, bei denen die vorgegeben Zeiträume nicht eingehalten werden

konnten, lagen die Operationen so lange zurück, dass von einer weiteren Veränderung der Schulterfunktion (außer im Rahmen des natürlichen Alterungsprozesses) nicht auszugehen ist.

Schwächen der Studie

Die vorliegende Studie weist einige Limitationen auf. Die Studienpopulation kann als eher klein angesehen werden. Die Durchführung einer multizentrischen Studie über einen längeren Zeitraum könnte die Studienpopulation und damit die Qualität der Studie erheblich verbessern.

In Bezug auf das Studiendesign haben wir eine retrospektive Fall-Kontroll-Studie im Sinne von *matched-pairs* durchgeführt. Die randomisierte kontrollierte Studie (RCT) ist die qualitativ hochwertigste Form aller klinischen Studien zur Untersuchung der Wirkung einer bestimmten Behandlung bzw. Operation. Dennoch ist die Durchführung von RCTs in der Unfallchirurgie besonders schwierig und in bestimmten Fällen nicht durchführbar. In der Tat wäre eine Verblindung des Chirurgen zur Durchführung für die Operationsmethode niemals möglich.

Bei der Bildung der *matched-pairs* wurde das Alter und der Operationszeitpunkt berücksichtigt und aufeinander abgestimmt. Nebenerkrankungen, Geschlecht und Händigkeit blieben aber unberücksichtigt. So kann es sein, dass sich die Studienteilnehmer trotz gleichen Alters und ähnlichem Operations- bzw. Nachuntersuchungszeitpunkten innerhalb der Gruppen unterscheiden.

Eine Beantwortung der Fragebögen im Sinne der sozialen Erwünschtheit ist durch die Form eines Interviews denkbar. Dadurch, dass die Probanden vor der Beantwortung der Fragen darüber aufgeklärt wurden, dass ihre Daten anonym behandelt werden und sie auf Fragen, die ihnen unangenehm sind, nicht antworten müssen, konnte dieser Fehler eventuell etwas vermindert werden. Außerdem wurden alle Probanden im Rahmen eines Interviews mit den selben Fragen und Scores nachuntersucht, sodass es hier keine Verzerrung geben sollte.

Auch wurden 3 Probanden in die Studie eingeschlossen, die eine ISP als Sekundäroperation erhielten und somit womöglich ein schlechteres funktionelles *Outcome* denkbar ist. Bei der Betrachtung der Bewegungsumfänge waren allerdings keine Auffälligkeiten im Vergleich zum restlichen Kollektiv zu erkennen.

Ebenso kann die rein klinische Untersuchung ohne radiologische Nachkontrolle der Probanden bemängelt werden. Allerdings haben verschiedene Studien bereits gezeigt, dass radiologische Ergebnisse nicht im Zusammenhang mit dem klinischen *Outcome*, korrelieren [115]. Da es in dieser Studie hauptsächlich um das funktionelle *Outcome* ging, spielten die radiologischen Ergebnisse für die Nachuntersuchung nur eine untergeordnete Rolle.

Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Studie wurde das funktionelle *Outcome* von operativ versorgten *proximalen* Humerusfrakturen mittels WSPOS und ISP nachuntersucht. Hierbei zeigen die mittels ISP behandelten *proximalen* Humerusfrakturen ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die klinische Funktion, die Aktivitäten des täglichen Lebens sowie die Schmerzwahrnehmung im Vergleich zu mit WSPOS versorgten Probanden. Die Komplikationsrate und Revisionsoperationen war bei den mittels ISP versorgten Frakturen noch geringer. Daher stellt die operative Behandlung einer *proximalen* Humerusfraktur durch ISP, insbesondere im Hinblick auf den demographischen Wandel unserer Bevölkerung bei älteren Patienten eine gute Alternative dar. Multizentrische randomisierte-kontrollierte Studien zur weiteren Beurteilung dieser Beobachtung sollten sich in der Zukunft anschließen.

Literaturverzeichnis

- [1] P. Habermeyer, „Die Humeruskopffraktur“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 100, Nr. 10, S. 820–837, Okt. 1997, doi: 10.1007/s001130050199.
- [2] J. A. Baron, J. A. Barrett, und M. R. Karagas, „The epidemiology of peripheral fractures“, *Bone*, Bd. 18, Nr. 3, S. S209–S213, 1996.
- [3] B. Lanting, J. MacDermid, D. Drosdowech, und K. J. Faber, „Proximal humeral fractures: A systematic review of treatment modalities“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 17, Nr. 1, S. 42–54, Jan. 2008, doi: 10.1016/j.jse.2007.03.016.
- [4] C. Hirzinger, M. Tauber, und H. Resch, „Die Fraktur des proximalen Humerus Proximal humerus fracture“, *Unfallchirurg*, Bd. 114, Nr. 12, S. 1051–1058, Dez. 2011, doi: 10.1007/s00113-011-2052-4.
- [5] M. H. Hessmann und P. M. Rommens, „Osteosynthesetechniken bei proximalen Humerusfrakturen“, *Der Chirurg*, Bd. 72, Nr. 11, S. 1235–1245, Nov. 2001, doi: 10.1007/s001040170026.
- [6] H. Lill und C. Voigt, „Proximale Humerusfraktur“, *Z Orthop Unfall*, Bd. 148, Nr. 03, S. 353–362, Mai 2010, doi: 10.1055/s-0030-1249919.
- [7] T. Lind, K. Krøner, und J. Jensen, „The epidemiology of fractures of the proximal humerus“, *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Bd. 108, Nr. 5, S. 285–287, Sep. 1989, doi: 10.1007/BF00932316.
- [8] M. Dietrich, C. Meier, T. Lattmann, U. Zingg, P. Grüniger, und A. Platz, „Komplexe proximale Humerusfraktur beim alten Menschen“, *Der Chirurg*, Bd. 79, Nr. 3, S. 231–240, März 2008, doi: 10.1007/s00104-007-1436-z.
- [9] J. B. Lauritzen, P. Schwarz, B. Lund, P. McNair, und I. Transbøl, „Changing incidence and residual lifetime risk of common osteoporosis-related fractures“, *Osteoporosis International*, Bd. 3, Nr. 3, S. 127–132, Mai 1993, doi: 10.1007/BF01623273.
- [10] P. Kannus, M. Palvanen, S. Niemi, J. Parkkari, M. Järvinen, und I. Vuori, „Osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly Finnish persons: Sharp increase in 1970–1998 and alarming projections for the new millennium“, *Acta Orthopaedica Scandinavica*, Bd. 71, Nr. 5, S. 465–470, Jan. 2000, doi: 10.1080/000164700317381144.
- [11] C. Voigt und H. Lill, „Innovationen und Prognosen“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 114, Nr. 12, S. 1083–1090, Dez. 2011, doi: 10.1007/s00113-011-2056-0.
- [12] T. Einsiedel u. a., „Frakturen der oberen Extremität beim geriatrischen Patienten – Harmlose Monoverletzung oder Ende der Selbstständigkeit?“, *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, Bd. 39, Nr. 6, S. 451–461, Dez. 2006, doi: 10.1007/s00391-006-0378-2.
- [13] C. M. Court-Brown, A. Garg, und M. M. McQueen, „The translated two-part fracture of the proximal humerus“, *J Bone Joint Surg Br*, Bd. 83-B, Nr. 6, S. 799, Aug. 2001, doi: 10.1302/0301-620X.83B6.11401.
- [14] B. Erdle u. a., „Primäre Frakturprothese und inverse Schulterprothese bei komplexer Humeruskopffraktur“, *Orthopäde*, Bd. 47, Nr. 5, S. 410–419, Mai 2018, doi: 10.1007/s00132-018-3570-3.
- [15] A. Rangan u. a., „Surgical vs Nonsurgical Treatment of Adults With Displaced Fractures of the Proximal Humerus: The PROFHER Randomized Clinical Trial“, *JAMA*, Bd. 313, Nr. 10, S. 1037–1047, März 2015, doi: 10.1001/jama.2015.1629.

- [16] T. Fjalestad, M. Ø. Hole, I. A. H. Hovden, J. Blücher, und K. Strømsøe, „Surgical Treatment With an Angular Stable Plate for Complex Displaced Proximal Humeral Fractures in Elderly Patients: A Randomized Controlled Trial“, *Journal of Orthopaedic Trauma*, Bd. 26, Nr. 2, S. 98–106, Feb. 2012, doi: 10.1097/BOT.0b013e31821c2e15.
- [17] D. Maier, M. Jaeger, K. Izadpanah, P. C. Strohm, und N. P. Suedkamp, „Proximal Humeral Fracture Treatment in Adults“, *JBJS*, Bd. 96, Nr. 3, S. 251–261, Feb. 2014, doi: 10.2106/JBJS.L.01293.
- [18] C. Gaebler, M. McQueen, und C. Court-Brown, „Minimally displaced proximal humeral fractures Epidemiology and outcome in 507 cases“, *null*, Bd. 74, Nr. 5, S. 580–585, Jan. 2003, doi: 10.1080/00016470310017992.
- [19] H. Lill und C. Josten, „Konservative oder operative Versorgung der Humeruskopffraktur beim alten Menschen?“, *Der Chirurg*, Bd. 72, Nr. 11, S. 1224–1234, Nov. 2001, doi: 10.1007/s001040170025.
- [20] M. Warnhoff, H. Lill, G. Jensen, A. Ellwein, und R.-O. Dey Hazra, „Proximale Humerusfraktur – was sagt die aktuelle Literatur?“, *Obere Extremität*, Dez. 2018, doi: 10.1007/s11678-018-0496-7.
- [21] U. Müller, S. S. Fischer, P. A. Grützner, und S. Y. Vetter, „Therapieoptionen bei osteoporotischer Humeruskopffraktur“, *Trauma und Berufskrankheit*, Bd. 16, Nr. 2, S. 74–79, 2014.
- [22] M. Königshausen, J. Gessmann, D. Seybold, und T. A. Schildhauer, „Konservative Therapie der proximalen Humerusfraktur“, *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, Bd. 11, Nr. 6, S. 483–500, Dez. 2016, doi: 10.1055/s-0042-104362.
- [23] C. Voigt und H. Lill, „Winkelstabile Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen“, *Trauma und Berufskrankheit*, Bd. 7, Nr. 1, S. S10–S14, März 2005, doi: 10.1007/s10039-004-0955-9.
- [24] J. Wolke und M. Scheibel, „Konservative Therapie: Wer und wie?“, in *Die proximale Humerusfraktur*, H. Lill, M. Scheibel, und C. Voigt, Hrsg. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014, S. 29–36.
- [25] A. Tepass, K. Weise, B. Rolaufts, G. Blumenstock, und C. Bahrs, „Behandlung proximaler Humerusfrakturen in Deutschland“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 118, Nr. 9, S. 772–779, Sep. 2015, doi: 10.1007/s00113-013-2531-x.
- [26] A. Klug, Y. Gramlich, D. Wincheringer, K. Schmidt-Horlohé, und R. Hoffmann, „Trends in surgical management of proximal humeral fractures in adults: a nationwide study of records in Germany from 2007 to 2016“, *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Bd. 139, Nr. 12, S. 1713–1721, Dez. 2019, doi: 10.1007/s00402-019-03252-1.
- [27] D. Mersch und R. Stangl, „Proximale Humerusfraktur im fortgeschrittenen Lebensalter: Lebensqualität, klinische Ergebnisse und Institutionalisierung nach primärer inverser Frakturprothesenimplantation“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 119, Nr. 12, S. 1015–1022, Dez. 2016, doi: 10.1007/s00113-015-0009-8.
- [28] D. Wessinghage, „Historische Aspekte des Gelenkersatzes“, *Der Orthopäde*, Bd. 29, Nr. 12, S. 1067–1071, 2000.
- [29] M. Loew, „Geschichte und Entwicklung der Schulterendoprothetik“, in *AE-Manual der Endoprothetik*, Springer, 2010, S. 1–10.
- [30] M. J. K. Bankes und R. J. H. Emery, „Pioneers of shoulder replacement: Themistocles Gluck and Jules Emile Péan“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 4, Nr. 4, S. 259–262, Juli 1995, doi: 10.1016/S1058-2746(05)80018-7.

- [31] R. Wolff und R. Kölbel, „Die Geschichte des künstlichen Schultergelenks“, in *Schulterendoprothetik*, Springer, Berlin, Heidelberg, 1987, S. 3–13.
- [32] M. G. Krukemeyer und G. Möllenhoff, *Endoprothetik: Ein Leitfaden für den Praktiker*. Walter de Gruyter, 2013.
- [33] C. S. Neer, T. H. Brown, und H. L. McLaughlin, „Fracture of the neck of the humerus with dislocation of the head fragment“, *The American Journal of Surgery*, Bd. 85, Nr. 3, S. 252–258, März 1953, doi: 10.1016/0002-9610(53)90606-0.
- [34] C. S. Neer, „The Classic: Articular Replacement for the Humeral Head“, *Clin Orthop Relat Res*, Bd. 469, Nr. 9, S. 2409–2421, Sep. 2011, doi: 10.1007/s11999-011-1944-5.
- [35] D. Liem, B. Marquardt, K. A. Witt, und J. Steinbeck, „Schulterendoprothetik–Biomechanik und Design“, *Der Orthopäde*, Bd. 36, Nr. 11, S. 1027–1036, 2007.
- [36] P. Habermeyer und T. Ebert, „Aktueller Entwicklungsstand und Perspektiven der Schulterendoprothetik“, *Unfallchirurg*, Bd. 102, Nr. 9, S. 667–667, 1999.
- [37] N. Wülker, „100 Jahre Schulter-und Ellbogenchirurgie“, *Der Orthopäde*, Bd. 30, Nr. 10, S. 789–797, 2001.
- [38] P. Magosch, S. Lichtenberg, und P. Habermeyer, „Aktueller Stand der anatomischen Schulterendoprothetik“, *OP-JOURNAL*, Bd. 29, Nr. 01, S. 82–97, 2013.
- [39] R. H. Ortmaier N|Tauber,M|Blocher,M|Bogner,R|Resch,H, „Komplikationen nach inversen Schulterprothesen - Ursache, Prävention und Behandlungsstrategien“, *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, Bd. 151, Nr. 01, S. 57–65, 2013.
- [40] M. Holschen und J. D. Agneskirchner, „Inverse Schulterprothese – Indikation, Operationstechnik und Ergebnisse“, *Arthroskopie*, Bd. 27, Nr. 1, S. 38–48, Feb. 2014, doi: 10.1007/s00142-013-0771-y.
- [41] R. Jazayeri, „Evolution of the reverse total shoulder prosthesis“, *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases*, Bd. 69, Nr. 1, S. 50, 2011.
- [42] E. L. Flatow und A. K. Harrison, „A History of Reverse Total Shoulder Arthroplasty“, *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, Bd. 469, Nr. 9, S. 2432–2439, Sep. 2011, doi: 10.1007/s11999-010-1733-6.
- [43] K. A. Witt und J. Steinbeck, „Delta Xtend–inverse Schulterprothese“, 2013.
- [44] U. Brunner, K. Rückl, und M. Fruth, „Defektarthropathie – Langzeitergebnisse der inversen Schultertotalendoprothesenimplantation“, *Der Orthopäde*, Bd. 42, Nr. 7, S. 522–530, Juli 2013, doi: 10.1007/s00132-012-2023-7.
- [45] R. W. Nyffeler, „Design und Biomechanik inverser Schulterprothesen“, *Obere Extremität*, Bd. 9, Nr. 1, S. 51–56, März 2014, doi: 10.1007/s11678-013-0241-1.
- [46] S. Gutiérrez, T. Keller S., und J. Levy C., „Hierarchy of stability factors in reverse shoulder arthroplasty“, *Clin Orthop Relat Res*, Bd. 466, S. 670–676, 2008.
- [47] S. Gutiérrez, M. Walker, M. Willis, D. R. Pupello, und M. A. Frankle, „Effects of tilt and glenosphere eccentricity on baseplate/bone interface forces in a computational model, validated by a mechanical model, of reverse shoulder arthroplasty“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 20, Nr. 5, S. 732–739, Juli 2011, doi: 10.1016/j.jse.2010.10.035.
- [48] J. Bartoniček, „Early history of operative treatment of fractures“, *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Bd. 130, Nr. 11, S. 1385–1396, Nov. 2010, doi: 10.1007/s00402-010-1082-7.

- [49] D. Wolter und P. Bürgel, „Wer war C. Hansmann?“, in *Die Plattenosteosynthese und ihre Konkurrenzverfahren: Von Hansmann bis Ilisarow*, D. Wolter und W. Zimmer, Hrsg. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991, S. 4–6.
- [50] F. Povacz, *Geschichte der Unfallchirurgie*. Springer-Verlag, 2008.
- [51] R. Baumgartner, „Die Osteosynthesen von Lambotte zwischen 1895 und 1907“, in *Geschichte operativer Verfahren an den Bewegungsorganen*, M. A. Rauschmann, K.-D. Thomann, und L. Zichner, Hrsg. Heidelberg: Steinkopff, 2000, S. 21–29.
- [52] R. Texhammar und C. Colton, *AO-Instrumente und-Implantate: Technisches Handbuch*. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [53] D. M. BOSWORTH, „BLADE PLATE FIXATION: Technic Suitable for Fractures of the Surgical Neck of the Humerus and Similar Lesions Chairman’s Address“, *Journal of the American Medical Association*, Bd. 141, Nr. 16, S. 1111–1113, 1949.
- [54] H. Lill, M. Scheibel, und C. Voigt, *Die proximale Humerusfraktur*. Springer-Verlag, 2014.
- [55] P. L. O. Broos und A. Sermon, „From Unstable Internal Fixation to Biological Osteosynthesis A Historical Overview of Operative Fracture Treatment“, *Acta Chirurgica Belgica*, Bd. 104, Nr. 4, S. 396–400, Jan. 2004, doi: 10.1080/00015458.2004.11679581.
- [56] H. Bächli, M. Tingart, B. Bouillon, und T. Tiling, „Surgical treatment of proximal humeral fractures. Is the T-plate still adequate osteosynthesis procedure?“, *Zentralblatt für Chirurgie*, Bd. 126, Nr. 3, S. 211–216, 2001.
- [57] H. Lill, K. Lange, J. Prasse-Badde, A. Schmidt, P. Verheyden, und V. Echtermeyer, „Die T-Platten-Osteosynthese bei dislozierten proximalen Humerusfrakturen“, *Unfallchirurgie*, Bd. 23, Nr. 5, S. 183–190, Okt. 1997, doi: 10.1007/BF02627436.
- [58] D. Wolter, C. Jürgens, M. Wenzl, U. Schümann, und K. Seide, „Titanfixateur-interne-Systeme mit multidirektionaler winkelstabiler Schraubenlage“, *Trauma und Berufskrankheit*, Bd. 3, Nr. 4, S. S425–S428, Dez. 2001, doi: 10.1007/s10039-001-0520-8.
- [59] R. Frigg, „Locking Compression Plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the Dynamic Compression Plate and the Point Contact Fixator (PC-Fix)“, *Injury*, Bd. 32, S. 63–66, Sep. 2001, doi: 10.1016/S0020-1383(01)00127-9.
- [60] L. Claes, „Das Prinzip der Winkelstabilität in der Osteosynthese“, *OP-JOURNAL*, Bd. 20, Nr. 01, S. 4–7, 2004.
- [61] L. Claes, „Das Prinzip der winkelstabilen Platte—eine kritische Bewertung“, *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, Bd. 6, Nr. 01, S. 3–15, 2011.
- [62] J. Pichl, T. Hofmann, K. Schmidt-Horlohé, und R. Hoffmann, „Winkelstabile Plattenfixation – Obere Extremität“, *Trauma und Berufskrankheit*, Bd. 8, Nr. 4, S. 212–219, Nov. 2006, doi: 10.1007/s10039-006-1191-2.
- [63] M. Schnüke, E. Schulte, und U. Schumacher, *PROMETHEUS Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. Thieme, Stuttgart, 2009.
- [64] L. J. Wurzing, *Duale Reihe Anatomie*. Thieme Verlag, Stuttgart, 2010.
- [65] T. Patzer, „Das Lima SMR-Schulter-Endoprothesen-System“, *Deutscher Ärzte-Verlag*, 2013, Zugriffen: Sep. 21, 2017. [Online]. Verfügbar unter: http://www.online-oup.de/media/article/2013/02/7661D329-BE94-4877-A12F-AA330524EC42/7661D329BE944877A12FAA330524EC42_patzer_1_original.pdf.

- [66] LIMA, „SMR PRIMARY Surgical Technique“, Zugegriffen: Sep. 21, 2017. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.limacorporate.com/repo/product-file/7224f997fc148baa0b7f81c1eda6fcc3fd003db0/B.1304.23.011.1%20071600%20-%20SURGICAL%20TECHNIQUE%20SMR%20SYS-TEM%20\(EN\).pdf](https://www.limacorporate.com/repo/product-file/7224f997fc148baa0b7f81c1eda6fcc3fd003db0/B.1304.23.011.1%20071600%20-%20SURGICAL%20TECHNIQUE%20SMR%20SYS-TEM%20(EN).pdf).
- [67] Synthes, „PHILOS und PHILOS Long Operationstechnik DePuy Synthes Das anatomische winkelstabile Fixationssystem für den proximalen Humerus.“, Juli 2016, Zugegriffen: Mai 30, 2018. [Online]. Verfügbar unter: http://synthes.vo.llnwd.net/o16/LLNWMB8/INT%20Mobile/Synthes%20International/Product%20Support%20Material/legacy_Synthes_PDF/DSEM-TRM-0815-0449-1a_LR.pdf.
- [68] C. S. Neer, „Displaced proximal humeral fractures“, *Orthopedic Trauma Directions*, Bd. 5, Nr. 04, S. 25–29, Juli 2007, doi: 10.1055/s-2007-980100.
- [69] F. U. Niethard, J. Pfeil, und P. Biberthaler, *Orthopädie und Unfallchirurgie. Duale Reihe*. Thieme, Stuttgart New York, 2009.
- [70] M. M. D. Saklad, „GRADING OF PATIENTS FOR SURGICAL PROCEDURES“, *Anesthesiology*, Bd. 2, Nr. 3, S. 281–284, Mai 1941.
- [71] T. Irlbeck, B. Zwißler, und A. Bauer, „ASA-Klassifikation: Wandel im Laufe der Zeit und Darstellung in der Literatur“, *Der Anaesthesist*, Bd. 66, Nr. 1, S. 5–10, Jan. 2017, doi: 10.1007/s00101-016-0246-4.
- [72] B. Brorsson K. H., „Katz index of independence in ADL. Reliability and validity in short-term care.“, *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, Bd. 16, Nr. 3, S. 125–132, 1984.
- [73] M. Morfeld, I. Kirchberger, und M. Bullinger, *SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand Deutsche Version des Short Form-36 Health Survey 2., ergänzte und überarbeitete Auflage*, 2. Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG, 2011.
- [74] J. E. Ware, M. Kosinski, und S. D. Keller, „A 12-Item Short-Form Health Survey: Construction of Scales and Preliminary Tests of Reliability and Validity“, *Medical Care*, Bd. 34, Nr. 3, S. 220–233, 1996.
- [75] G. Germann, A. Harth, G. Wind, und E. Demir, „Standardisierung und Validierung der deutschen Version 2.0 des “Disability of Arm, Shoulder, Hand” (DASH)-Fragebogens zur Outcome-Messung an der oberen Extremität“, *Unfallchirurg*, Bd. 106, Nr. 1, S. 13–19, Jan. 2003, doi: 10.1007/s00113-002-0456-x.
- [76] J. Dawson Katherine|Fitzpatrick, Ray|Carr, Andrew, „The Oxford shoulder score revisited“, *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Bd. 129, Nr. 1, S. 119–123, 2009.
- [77] R.-D. Hilgers, P. Bauer, und V. Scheiber, *Einführung in die Medizinische Statistik*, 2. Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [78] A. Giardella u. a., „Reverse total shoulder versus angular stable plate treatment for proximal humeral fractures in over 65 years old patients“, *Muscles Ligaments Tendons J*, Bd. 7, Nr. 2, S. 271–278, Sep. 2017, doi: 10.11138/mltj/2017.7.2.271.
- [79] A. Klug, D. Wincheringer, J. Harth, K. Schmidt-Horlohé, R. Hoffmann, und Y. Gramlich, „Complications after surgical treatment of proximal humerus fractures in the elderly—an analysis of complication patterns and risk factors for reverse shoulder arthroplasty and angular-stable plating“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Mai 2019, doi: 10.1016/j.jse.2019.02.017.
- [80] H. Resch, „Die Humeruskopffraktur“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 106, Nr. 8, S. 602–617, Aug. 2003, doi: 10.1007/s00113-003-0661-2.

- [81] M. Kettler, P. Biberthaler, V. Braunstein, C. Zeiler, M. Kroetz, und W. Mutschler, „Die winkelstabile Osteosynthese am proximalen Humerus mit der PHILOS-Platte: Darstellung von 225 dislozierten Frakturen“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 109, Nr. 12, S. 1032–1040, Dez. 2006, doi: 10.1007/s00113-006-1165-7.
- [82] P. Hepp, J. Theopold, und C. Josten, „Operative Therapie der Humeruskopffrakturen“, *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, Bd. 9, Nr. 03, S. 159–179, 2014.
- [83] H. Lill, A. Ellwein, C. Katthagen, und C. Voigt, „Osteoporotische Frakturen am proximalen Humerus“, *Der Chirurg*, Bd. 83, Nr. 10, S. 858–865, 2012.
- [84] N. Südkamp u. a., „Open Reduction and Internal Fixation of Proximal Humeral Fractures with Use of the Locking Proximal Humerus Plate: Results of a Prospective, Multicenter, Observational Study“, *JBJS*, Bd. 91, Nr. 6, S. 1320, Juni 2009, doi: 10.2106/JBJS.H.00006.
- [85] C. Krettek und U. Wiebking, „Proximale Humerusfraktur“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 114, Nr. 12, S. 1059–1067, Dez. 2011, doi: 10.1007/s00113-011-2053-3.
- [86] D. J. Cuff und D. R. Pupello, „Comparison of Hemiarthroplasty and Reverse Shoulder Arthroplasty for the Treatment of Proximal Humeral Fractures in Elderly Patients“, *JBJS*, Bd. 95, Nr. 22, S. 2050, Nov. 2013, doi: 10.2106/JBJS.L.01637.
- [87] E. Sebastiá-Forcada, R. Cebrián-Gómez, A. Lizaur-Utrilla, und V. Gil-Guillén, „Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. A blinded, randomized, controlled, prospective study“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 23, Nr. 10, S. 1419–1426, Okt. 2014, doi: 10.1016/j.jse.2014.06.035.
- [88] J. C. Katthagen u. a., „Innovationen bei der Behandlung der proximalen Humerusfraktur“, *Arthroskopie*, Bd. 32, Nr. 1, S. 28–39, Jan. 2019, doi: 10.1007/s00142-018-0243-5.
- [89] H. Lill und C. Voigt, „Proximale Humerusfraktur“, *Obere Extremität*, Bd. 7, Nr. 3, S. 116–116, Sep. 2012, doi: 10.1007/s11678-012-0175-z.
- [90] S. Rosas, T. Y. Law, J. Kurowicki, N. Formaini, S. P. Kalandiak, und J. C. Levy, „Trends in surgical management of proximal humeral fractures in the Medicare population: a nationwide study of records from 2009 to 2012“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 25, Nr. 4, S. 608–613, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.jse.2015.08.011.
- [91] C. M. Court-Brown und B. Caesar, „Epidemiology of adult fractures: A review“, *Injury*, Bd. 37, Nr. 8, S. 691–697, Aug. 2006, doi: 10.1016/j.injury.2006.04.130.
- [92] M. Palvanen, P. Kannus, S. Niemi, und J. Parkkari, „Update in the epidemiology of proximal humeral fractures.“, *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*, Bd. 442, S. 87–92, 2006.
- [93] C. Bahrs u. a., „Trends in epidemiology and patho-anatomical pattern of proximal humeral fractures“, *International Orthopaedics*, Bd. 38, Nr. 8, S. 1697–1704, Aug. 2014, doi: 10.1007/s00264-014-2362-6.
- [94] C. M. Court-Brown, A. Garg, und M. M. McQueen, „The epidemiology of proximal humeral fractures“, *Acta Orthopaedica Scandinavica*, Bd. 72, Nr. 4, S. 365–371, Jan. 2001, doi: 10.1080/000164701753542023.
- [95] P. Kannus, M. Palvanen, S. Niemi, H. Sievänen, und J. Parkkari, „Rate of proximal humeral fractures in older Finnish women between 1970 and 2007“, *Bone*, Bd. 44, Nr. 4, S. 656–659, Apr. 2009, doi: 10.1016/j.bone.2008.12.007.

- [96] S. P. Chu, „Risk Factors for Proximal Humerus Fracture“, *American Journal of Epidemiology*, Bd. 160, Nr. 4, S. 360–367, Aug. 2004, doi: 10.1093/aje/kwh224.
- [97] A. A. Kurth und J. Pfeilschifter, „Diagnostik und Therapie der postmenopausalen Osteoporose und der Osteoporose des Mannes: Update der Leitlinien 2006“, *Der Orthopäde*, Bd. 36, Nr. 7, S. 683–692, Juli 2007, doi: 10.1007/s00132-007-1106-3.
- [98] R. Bartl, *Osteoporose: Prävention, Diagnostik, Therapie*. Georg Thieme Verlag, 2010.
- [99] C. M. Myeroff, J. P. Anderson, D. S. Sveom, und J. A. Switzer, „Predictors of Mortality in Elder Patients With Proximal Humeral Fracture“, *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, Bd. 9, Aug. 2017, doi: 10.1177/2151458517728155.
- [100] D. Volkert, „Der Body-Mass-Index (BMI) - ein wichtiger Parameter zur Beurteilung des Ernährungszustands“, *Aktuel Ernährungsmed*, Bd. 31, Nr. 03, S. 126–132, Juni 2006, doi: 10.1055/s-2006-932601.
- [101] T. S. Han, A. Tajar, und M. E. J. Lean, „Obesity and weight management in the elderly“, *British Medical Bulletin*, Bd. 97, Nr. 1, S. 169–196, Feb. 2011, doi: 10.1093/bmb/ldr002.
- [102] H. Lill A|Katthagen,C|Voigt,C, „Osteoporotic fractures of the proximal humerus“, *Der Chirurg*, Bd. 83, Nr. 10, S. 858–865, 2012.
- [103] T. Illert, R. Grass, und H. Zwipp, „Winkelstabile Plattenosteosynthese für proximale Humerusfrakturen: Konzept und Ergebnisse“, *Trauma und Berufskrankheit*, Bd. 10, Nr. S1, S. 39–46, Mai 2008, doi: 10.1007/s10039-007-1295-3.
- [104] T. M. Frangen u. a., „Operative und klinische Erfahrungen mit winkelstabilen Implantaten bei proximalen Humerusfrakturen - Wirklich alles besser?“, *Zentralbl Chir*, Bd. 132, Nr. 1, S. 60–69, Feb. 2007, doi: 10.1055/s-2006-958639.
- [105] M. Bendi, L. Meier, F. Amsler, und T. Gross, „Wie hängen Eintreffen und Outcome schwerer Verletzter im Traumazentrum von Wetter, Tages- und Jahreszeit ab?“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 121, Nr. 1, S. 10–19, Jan. 2018, doi: 10.1007/s00113-016-0267-0.
- [106] N. von Dercks, R. Melz, P. Hepp, J. Theopold, B. Marquass, und C. Josten, „Saisonale Verteilung klinischer Kennzahlen (DOC-Study)“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 120, Nr. 2, S. 147–152, Feb. 2017, doi: 10.1007/s00113-015-0096-6.
- [107] H. A. Bischoff-Ferrari, J. E. Orav, J. A. Barrett, und J. A. Baron, „Effect of seasonality and weather on fracture risk in individuals 65 years and older“, *Osteoporosis International*, Bd. 18, Nr. 9, S. 1225–1233, Aug. 2007, doi: 10.1007/s00198-007-0364-6.
- [108] S. Franke und T. Ambacher, „Die proximale Humerusfraktur“, *Obere Extremität*, Bd. 7, Nr. 3, S. 137–143, Sep. 2012, doi: 10.1007/s11678-012-0171-3.
- [109] K. A. Siebenrock und C. Gerber, „The reproducibility of classification of fractures of the proximal end of the humerus.“, *JBJS*, Bd. 75, Nr. 12, S. 1751, Dez. 1993.
- [110] M. L. Sidor, J. D. Zuckerman, T. Lyon, K. Koval, F. Cuomo, und N. Schoenberg, „The Neer Classification System for Proximal Humeral Fractures. An Assessment of Interobserver Reliability and Intraobserver Reproducibility.“, *The Journal of Bone and Joint Surgery (american Volume)*, Bd. 75, Nr. 12, S. 1745–1750, Dez. 1993.
- [111] S. Hodgson, „Proximal Humerus Fracture Rehabilitation“, Jan. 2006.

- [112] B. Kristiansen, P. Angermann, und T. K. Larsen, „Functional results following fractures of the proximal humerus: A controlled clinical study comparing two periods of immobilization“, *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Bd. 108, Nr. 6, S. 339–341, 1989, doi: 10.1007/BF00932441.
- [113] D. K. M. Stürmer u. a., „Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie (ÖGU)“, S. 35.
- [114] S. Boesmueller u. a., „Risk factors for humeral head necrosis and non-union after plating in proximal humeral fractures“, *Injury*, Bd. 47, Nr. 2, S. 350–355, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.injury.2015.10.001.
- [115] M. Tauber, P. Magosch, und P. Habermeyer, „Hemiprothese bei proximaler Humerusfraktur“, *Unfallchirurg*, Bd. 116, Nr. 8, S. 691–697, Aug. 2013, doi: 10.1007/s00113-013-2409-y.
- [116] C. M. L. Werner, P. A. Steinmann, M. Gilbert, und C. Gerber, „Treatment of Painful Pseudoparesis Due to Irreparable Rotator Cuff Dysfunction with the Delta III Reverse-Ball-and-Socket Total Shoulder Prosthesis“, *VO L U M E*, S. 11.
- [117] L. Favard, C. Levigne, C. Nerot, C. Gerber, L. De Wilde, und D. Mole, „Reverse Prostheses in Arthropathies With Cuff Tear: Are Survivorship and Function Maintained Over Time?“, *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, Bd. 469, Nr. 9, S. 2469–2475, Sep. 2011, doi: 10.1007/s11999-011-1833-y.
- [118] N. Mizuno, P. J. Denard, P. Raiss, und G. Walch, „The clinical and radiographical results of reverse total shoulder arthroplasty with eccentric glenosphere“, *International Orthopaedics*, Bd. 36, Nr. 8, S. 1647–1653, Aug. 2012, doi: 10.1007/s00264-012-1539-0.
- [119] M. Klein, M. Juschka, B. Hinkenjann, B. Scherger, und P. A. W. Ostermann, „Treatment of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus in Elderly Patients With the Delta III Reverse Shoulder Prosthesis“, *Journal of Orthopaedic Trauma*, Bd. 22, Nr. 10, S. 698–704, Nov. 2008, doi: 10.1097/BOT.0b013e31818afe40.
- [120] J. Mohr, B. Bockmann, B. Bücking, R. Zettl, C.-A. Kühne, und S. Ruchholtz, „Plattenosteosynthese von proximalen Humerusfrakturen“, *Obere Extremität*, Bd. 7, Nr. 3, S. 144–149, Sep. 2012, doi: 10.1007/s11678-012-0174-0.
- [121] „DGU_Patienteninformation_Proximale_Humerusfraktur_f_01.pdf“. Zugriffen: Juli 24, 2019. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dgu-online.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/DGU_Patienteninformation_Proximale_Humerusfraktur_f_01.pdf.
- [122] H.-D. Basler, „Akutschmerztherapie in Pädiatrie und Geriatrie – Schmerzmessung: Welche Schmerzskala bei welchen Patienten?“, *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, Bd. 46, Nr. 5, S. 334–342, Mai 2011, doi: 10.1055/s-0031-1277977.
- [123] S. Scharnagel und J. Reutershan, „Mit Worten statt Zahlen“, *intensiv*, Bd. 26, Nr. 2, S. 60–64, März 2018, doi: 10.1055/s-0043-124955.
- [124] A. K. M. Gupta u. a., „Surgical Management of Complex Proximal Humerus Fractures-A Systematic Review of 92 Studies Including 4500 Patients. [Review]“, *Journal of Orthopaedic Trauma*, Bd. 29, Nr. 1, S. 54–59, Jan. 2015, doi: 10.1097/BOT.0000000000000229.
- [125] A. Mata-Fink, M. Meinke, C. Jones, B. Kim, und J.-E. Bell, „Reverse shoulder arthroplasty for treatment of proximal humeral fractures in older adults: a systematic review“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 22, Nr. 12, S. 1737–1748, Dez. 2013, doi: 10.1016/j.jse.2013.08.021.

- [126] T. Willert, T. Schmidt, J. Gehring, J. Weber, und T. Westphal, „Inverse Schulterprothese bei proximalen Humerusfrakturen“, *Obere Extremität*, Bd. 12, Nr. 3, S. 177–182, Sep. 2017, doi: 10.1007/s11678-017-0410-8.
- [127] G. Siebenbürger, N. Biermann, F. Haasters, W. Mutschler, und B. Ockert, „Klinisches Outcome (Median 5 Jahre) nach winkelstabiler Plattenosteosynthese von 228 Patienten mit dislozierter proximaler Humerusfraktur“, *Obere Extremität*, Bd. 9, Nr. 3, S. 215–221, Sep. 2014, doi: 10.1007/s11678-014-0272-2.
- [128] M. J. Boyle, S.-M. Youn, C. M. A. Frampton, und C. M. Ball, „Functional outcomes of reverse shoulder arthroplasty compared with hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 22, Nr. 1, S. 32–37, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.jse.2012.03.006.
- [129] S. W. Young, B. S. Segal, P. C. Turner, und P. C. Poon, „Comparison of functional outcomes of reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty in the primary treatment of acute proximal humerus fracture: Reverse versus hemiarthroplasty“, *ANZ Journal of Surgery*, Bd. 80, Nr. 11, S. 789–793, Nov. 2010, doi: 10.1111/j.1445-2197.2010.05342.x.
- [130] D. Faraj, B. W. Kooistra, W. a. H. Vd Stappen, und A. J. Werre, „Results of 131 consecutive operated patients with a displaced proximal humerus fracture: an analysis with more than two years follow-up“, *Eur J Orthop Surg Traumatol*, Bd. 21, Nr. 1, S. 7–12, Jan. 2011, doi: 10.1007/s00590-010-0655-z.
- [131] B. Ockert, N. Biermann, F. Haasters, W. Mutschler, und V. Braunstein, „Die primäre inverse Frakturprothese“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 116, Nr. 8, S. 684–690, Aug. 2013, doi: 10.1007/s00113-013-2410-5.
- [132] U. G. Longo, S. Petrillo, A. Berton, und V. Denaro, „Reverse total shoulder arthroplasty for the management of fractures of the proximal humerus: a systematic review“, *Musculoskelet Surg*, Bd. 100, Nr. 2, S. 83–91, Aug. 2016, doi: 10.1007/s12306-016-0409-0.
- [133] P. Olerud, L. Ahrengart, S. Ponzer, J. Saving, und J. Tidermark, „Internal fixation versus nonoperative treatment of displaced 3-part proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 20, Nr. 5, S. 747–755, Juli 2011, doi: 10.1016/j.jse.2010.12.018.
- [134] C. Spross, A. Platz, M. Erschbamer, T. Lattmann, und M. Dietrich, „Surgical Treatment of Neer Group VI Proximal Humeral Fractures: Retrospective Comparison of PHILOS® and Hemiarthroplasty“, *Clin Orthop Relat Res*, Bd. 470, Nr. 7, S. 2035–2042, Juli 2012, doi: 10.1007/s11999-011-2207-1.
- [135] I. Repetto, M. Alessio-Mazzola, P. Cerruti, F. Sanguineti, M. Formica, und L. Felli, „Surgical management of complex proximal humeral fractures: pinning, locked plate and arthroplasty“, *Musculoskelet Surg*, Bd. 101, Nr. 2, S. 153–158, Aug. 2017, doi: 10.1007/s12306-017-0451-6.
- [136] F. Haasters, G. Siebenbürger, T. Helfen, M. Daferner, W. Böcker, und B. Ockert, „Complications of locked plating for proximal humeral fractures—are we getting any better?“, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Bd. 25, Nr. 10, S. e295–e303, Okt. 2016, doi: 10.1016/j.jse.2016.02.015.
- [137] G. Siebenbürger, D. Van Delden, T. Helfen, F. Haasters, W. Böcker, und B. Ockert, „Timing of surgery for open reduction and internal fixation of displaced proximal humeral fractures“, *Injury*, Bd. 46, S. S58–S62, Okt. 2015, doi: 10.1016/S0020-1383(15)30019-X.

- [138] F. Weidemann und B. Werner, „Zunehmender Einsatz der inversen Schulterprothese zur Behandlung der proximalen Humerusfraktur des älteren Patienten“, *Obere Extremität*, Bd. 13, Nr. 2, S. 132–134, Juni 2018, doi: 10.1007/s11678-018-0454-4.

Anhang

Universitätsklinikum Düsseldorf



Erhebungsdatum _____

Geschlecht W ☐ M ☐

Diagnose _____

Schweregrad _____

Nebendiagnosen _____

Patientenaufkleber

Name, Vorname
Geburtsdatum, Alter
Adresse

ASA-Grad 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Operation

Art _____

Operationsdatum _____

Operationsdauer _____ Stunde(n) _____ Minute(n)

intraoperative Besonderheiten _____

gesamte stationäre Verweildauer _____ Tag(e)

postoperative stationäre Verweildauer _____ Tag(e)

postoperative Komplikationen _____

VAS/NRS

Ruhe _____

Bewegung _____

Schmerzmedikation _____

Aktivitäten des täglichen Lebens nach dem Katz-Index

Aktivität	selbstständig / wenig Hilfe		überwiegend Hilfe / komplette Übernahme	
Baden/Waschen	Badet/wäscht sich völlig selbstständig oder benötigt Hilfe beim Waschen eines einzelnen Körperteils, wie z.B. Rücken, Intimbereich oder behinderte Extremität.	1	Benötigt Hilfe beim Waschen von mehr als einem Körperteil, beim Ein- und Aussteigen aus der Badewanne oder der Dusche Hilfe, oder ist beim Baden auf vollständige Hilfe angewiesen.	0
Ankleiden	Holt Kleider aus dem Schrank und der Schublade und zieht Wäsche und Kleider selbstständig an Benötigt allenfalls Hilfe beim Schuhbinden.	1	Benötigt Hilfe beim selbständigen Ankleiden oder ist auf vollständige Hilfe beim Ankleiden angewiesen.	0
Toilettengang	Geht allein auf die Toilette, wischt sich danach selbstständig ab und ordnet die Kleidung.	1	Benötigt Hilfe beim Transfer zu der Toilette und beim Abwischen, oder beansprucht Steckbecken oder ☐ Toilettenstuhl.	0
Transfer	Kommt ohne Hilfe in und aus dem Bett oder einem Sessel. Mechanische Gehhilfen dürfen dabei verwendet werden.	1	Benötigt Hilfe, um vom Bett auf einen Sessel zu gelangen, oder ist auf vollständige Hilfe beim Transfer angewiesen.	0
Kontinenz	Besitzt die vollständige Kontrolle über die Harn- und Stuhlentleerung.	1	Leidet an teilweiser oder totaler Stuhl- oder Harninkontinenz.	0
Nahrungsaufnahme	Führt das Essen ohne Hilfe vom Teller in den Mund. Die Essensvorbereitung kann von einer anderen Person übernommen werden.	1	Benötigt teilweise oder vollständige Hilfe bei der Nahrungsaufnahme, oder ist auf parenterale Ernährung angewiesen.	0

Gesamtpunktzahl

Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand nach SF-12

	ausgezeichnet	sehr gut	gut	weniger gut	schlecht
Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?	1	2	3	4	5

Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.

Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
mittelschwere Tätigkeiten (z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen)	1	2	3
mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3

Haben Sie in den vergangenen Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ja	Nein
Ich habe weniger geschafft als ich wollte.	1	2
Ich konnte nur bestimmte Dinge tun.	1	2

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause? (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten?)	Ja	Nein
Ich habe weniger geschafft als ich wollte.	1	2
Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten.	1	2

	überhaupt nicht	ein bisschen	mäßig	ziemlich	sehr
Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagsaktivitäten zu Hause oder im Beruf behindert?	1	2	3	4	5

In den nächsten Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht.

Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen:	immer	meistens	ziemlich oft	manchmal	selten	nie
ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
voller Energie?	1	2	3	4	5	6
entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6

	immer	meistens	manchmal	selten	nie
Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen beeinträchtigt? (z.B. Besuche von Freunden, Verwandten usw.)	1	2	3	4	5

Gesamtpunktzahl

klinische Funktion der oberen Extremität nach dem DASH-Score

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben.

	keine Schwierigkeiten	geringe Schwierigkeiten	mäßige Schwierigkeiten	erhebliche Schwierigkeiten	nicht möglich
Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
Schreiben	1	2	3	4	5
Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
Schwere Hausarbeit (z.B. Wände abwaschen oder Boden putzen)	1	2	3	4	5
Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
Betten machen	1	2	3	4	5
Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
Einen schweren Gegenstand tragen (über 5 kg)	1	2	3	4	5
Eine Glühbirne über ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
Ihre Haare waschen und föhnen	1	2	3	4	5
Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen, Stricken, usw.)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z.B. Badminton, Frisbee)	1	2	3	4	5
Mit Fortbewegungsmitteln zurecht kommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

	überhaupt nicht	ein wenig	mäßig	ziemlich	sehr
In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt?	1	2	3	4	5
Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt?	1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die folgenden Symptome während der letzten Woche ein.

	keine	leichte	mäßige	starke	sehr starke
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Steifheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5

	keine Schwierigkeiten	geringe Schwierigkeiten	mäßige Schwierigkeiten	erhebliche Schwierigkeiten	nicht möglich
Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter, Arm oder Handbereich?	1	2	3	4	5

	stimme überhaupt nicht zu	stimme nicht zu	weder Zustimmung noch Ablehnung	stimme zu	stimme sehr zu
Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- und Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann.	1	2	3	4	5

Gesamtpunktzahl

Klinische Funktion der oberen Extremität nach dem Oxford Shoulder Score

Während der letzten 4 Wochen...

	keine	leichte	mäßige	starke	unerträglich
Wie würden Sie die schlimmsten Schmerzen beschreiben, die Sie von der Schulter ausgehend hatten?					

	keine	etwas	mäßige	starke	unmöglich
Hatten Sie Probleme, sich selbst anzukleiden aufgrund Ihrer Schultererkrankung?					
Hatten Sie Probleme ins Auto ein- oder aussteigen oder die öffentlichen Verkehrsmittel zu nutzen aufgrund Ihrer Schultererkrankung?					

	Ja, kein Problem	mit etwas Anstrengung	mit Schwierigkeiten	mit starken Schwierigkeiten	unmöglich
Können Sie Messer und Gabel zur gleichen Zeit verwenden?					
Können Sie ihren Wocheneinkauf selbst bewerkstelligen?					
Können Sie ein Tablett mit Geschirr und Speisen durch einen Raum tragen?					
Können Sie sich selbst die Haare kämmen/bürsten mit dem betroffenen Arm?					

	keiner	sehr leicht	leicht	mäßig	stark
Wie würden Sie den Schmerz beschreiben, den Sie normalerweise in der Schulter haben?					

	Ja, kein Problem	mit etwas Anstrengung	mit Schwierigkeiten	mit großen Schwierigkeiten	nicht möglich
Können Sie Ihre Kleidung mit dem betroffenen Arm an der Garderobe aufhängen?					
Können Sie sich unter beiden Armen waschen und abtrocknen?					

	gar nicht	etwas	mäßig	stark	absolut
Wie stark beeinflusst Sie der Schmerz in der Schulter in ihrer täglichen Arbeit (inklusive der Hausarbeit)?					

	keine Nacht	nur 1-2 Nächte	meistens	überwiegend	jede Nacht
Haben Sie aufgrund Ihrer Schulter Schmerzen Probleme beim Schlafen?					

Gesamtpunktzahl

--

Untersuchungsergebnisse

betroffene Seite: rechte Schulter ☐ linke Schulter ☐

Rechtshänder ☐ Linkshänder ☐

Messwerte für das Schultergelenk nach der Neutral - 0 - Methode

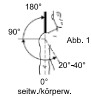
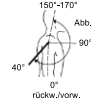
Schultergelenk			Rechts			Links	
Arm seitw. / körperw.							
Arm rückw. / vorw.							
Arm ausw. / einw. drehen (Oberarm anliegend)							
Arm ausw. / einw. (Oberarm 90° seitw. abgehend)							

Abb. 22: Fragebogen.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. med. Joachim Windolf, der mir als Direktor der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf die Arbeit in seiner Klinik ermöglichte und ich somit nicht nur die Möglichkeit hatte wissenschaftlich zu arbeiten, sondern auch auf dem Deutschen Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 2018 einen Teil der Arbeit vorstellen durfte.

Ein großer Dank gilt Herrn Dr. med. Armin O. Scholz, der mir das interessante Thema dieser Arbeit zur Verfügung stellte und mir bei der Studie und der Erstellung dieser Arbeit von Anfang an zur Seite stand.

Außerdem bedanke ich mich ganz herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Sebastian Gehrmann, der mich neben Herrn Dr. Scholz vor allem in der Fertigstellung dieser Arbeit unterstützte.

Ganz besonders möchte ich mich bei Frau Dr. med. Carina Jaekel (geb. Büren) bedanken, die mir als Betreuerin die ganzen Jahre immer wieder zu jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite stand und mich durch ihre wertvollen Ideen und Anregungen bis zur Fertigstellung dieser Arbeit geduldig unterstützte.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn PD Dr. rer. nat. Pablo Verde aus dem Koordinierungszentrum für klinische Studien bedanken. Er führte mich in die Welt der Statistik ein und unterstützte mich tatkräftig bei der Auswertung meiner Ergebnisse.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie.

Insbesondere bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mir all das, was ich bis jetzt erreicht habe, ermöglicht haben und die mich auf meinem Lebensweg in jeglicher Hinsicht unterstützt haben. Vielen Dank, dass ich mich immer auf Euch verlassen kann.

Weiterhin danke ich meinem Mann Matthias von ganzem Herzen, dass er immer für mich da ist, mich zu jedem Zeitpunkt so akzeptiert, wie ich bin, mir den Rücken stärkt und mich auch in Zeiten des Zweifels immer wieder aufbaut und mir Mut zuspricht.