

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

**Einfluss der Frakturschwere proximaler Humerusfrakturen auf die
klinischen Ergebnisse und die postoperative Lebensqualität
nach winkelstabiler Plattenosteosynthese**

- Eine klinische Studie -

Dissertation

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

vorgelegt von
Madeleine Schneider

Düsseldorf 2020

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

gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Michael Wild

Zweitgutachter: PD Dr. med. Lars Schimmöller

Für meine Eltern

Zusammenfassung

Obwohl die proximale Humerusfraktur eine der häufigsten Frakturen in der Traumatologie darstellt, besteht bisher keine Einigkeit über das optimale Behandlungskonzept. Die winkelstabile Plattenosteosynthese, welche bei einer offenen Reposition und der nachfolgenden operativen Stabilisierung proximaler Humerusfrakturen am häufigsten eingesetzt wird, bietet eine hohe Primärstabilität und ermöglicht eine frühfunktionelle postoperative Beübung. Trotz dieser Vorteile wurden in der Literatur in vorangegangenen Studien ungünstige funktionelle Ergebnisse und hohe Komplikationsraten berichtet. Aufgrund dieser ernüchternden Ergebnisse wird bisher vor allem bei einfachen Frakturtypen die konservative Therapie, welche in der Literatur bei geringerer Invasivität vergleichbare Ergebnisse zeigt, gegenüber der winkelstabilen Plattenosteosynthese bevorzugt. Allerdings muss hierbei bedacht werden, dass die schlechten klinischen Ergebnisse nach winkelstabiler Plattenosteosynthese auf Studien beruhen, die vor allem komplizierte Mehrfragmentfrakturen inkludieren, welche per se aufgrund der Frakturschwere mit einem hohen Risiko für Komplikationen und postoperativen Funktionseinschränkungen einhergehen. Studien zur konservativen Therapie proximaler Humerusfrakturen schließen hingegen mehrheitlich einfache Frakturtypen ein, da nur diese einer konservativen Therapie zugeführt werden können. In dieser prospektiven Studie sollte deshalb überprüft werden, inwieweit die klinischen Ergebnisse und die Komplikationsrate der winkelstabilen Plattenosteosynthese mit der Frakturschwere korrelieren.

Hierzu wurden über einen Zeitraum von drei Jahren zwischen April 2015 und März 2018 Patienten mit einfachen als auch schweren Frakturtypen nach winkelstabiler Plattenosteosynthese des proximalen Humerus ein Jahr postoperativ nachuntersucht und der (normalisierte) Constant-Score sowie der Oxford-Score erhoben. Um alle Komplikationen zu detektieren, wurden zudem alle vorhandenen postoperativen Röntgenaufnahmen ausgewertet. Die Frakturklassifikation erfolgte mittels der Klassifikation nach Neer, der AO-Klassifikation sowie eines eigenen Klassifikationssystems.

Hierbei zeigte sich, dass Patienten mit einfachen Frakturtypen nach winkelstabiler Plattenosteosynthese, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, postoperativ signifikant (Neer-Klassifikation: $p=0,001$; AO-Klassifikation: $p=0,004$; Eigene Klassifikation: $p=0,008$) bessere funktionelle Ergebnisse im Constant-Score erzielen als Patienten mit schweren Frakturtypen. Ebenso wiesen Patienten mit einfachen Frakturtypen im Oxford-Score eine signifikant (Neer-Klassifikation: $p=0,027$; AO-Klassifikation: $p=0,008$; Eigene Klassifikation: $p=0,027$) höhere postoperative Lebensqualität auf. Auch die Komplikationsrate war bei den einfachen Frakturtypen geringer. Besonders die gefürchtete Humeruskopfnekrose trat ausschließlich und somit signifikant (Neer-Klassifikation: $p=0,017$; AO-Klassifikation: $p=0,007$; Eigene Klassifikation: $p=0,023$) häufiger bei Patienten mit schweren Frakturtypen auf.

Somit stellt die winkelstabile Plattenosteosynthese bei einfachen Frakturtypen eine gute Therapieoption dar, die im Vergleich zur konservativen Therapie durch die Möglichkeit einer sofortigen uneingeschränkten frühfunktionellen Nachbehandlung ohne Risiko einer sekundären Frakturdislokation und einer früheren Schmerzreduktion durchaus Vorteile bietet. Womöglich beruhen die in der Literatur berichteten schlechten Ergebnisse vor allem auf der Schwere der nachuntersuchten Frakturen und nicht auf der winkelstabilen Plattenosteosynthese selbst. In Zukunft sollten weitere Studien zu dieser Fragestellung erfolgen, welche ausschließlich Patienten mit einfachen Frakturtypen einschließen und diese randomisiert entweder der konservativen Therapie oder der operativen Versorgung mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese zuführen, um zu klären, ob dieses operative Verfahren der konservativen Therapie einfacher proximaler Humerusfrakturen überlegen ist.

Abstract

Although the proximal humeral fracture is one of the most common fractures in traumatology, the optimal treatment is still controversial among experts. The most frequently used fixed-angle plate osteosynthesis in this kind of fracture displays a high degree of primary stability and allows early functional postoperative mobilization. Despite these advantages, previous studies in literature have reported unfavourable functional results and high complication rates after fixed-angle plate osteosynthesis. Due to these sobering results, conservative therapy, which shows comparable results in literature with less invasivity, has so far been preferred to fixed-angle plate osteosynthesis, especially for simple fracture types. However, it must be considered that the poor clinical results for fixed-angle plate osteosynthesis are based on studies that primarily include severe multi-fragment fractures, which are associated per se with a high risk of complications and postoperative functional limitations, whereas studies on conservative treatment of proximal humeral fractures mainly include simple fracture types that can be treated conservatively at all. The objective of this prospective clinical study was to evaluate, if the functional outcome and the complication rate of fixed-angle plate osteosynthesis correlate with the severity of the fracture.

For this purpose, over a period of three years between April 2015 and March 2018 patients with simple fracture types as well as severe fracture types after fixed-angle plate osteosynthesis of the proximal humerus were examined with an average follow-up time of 12 months postoperatively. The (normalized) Constant Score as well as the Oxford Score were determined. In order to detect all complications, all available postoperative radiographs were evaluated. Fracture classification was performed using the classification according to Neer, the AO classification and an own classification system.

It was shown that patients with simple fracture types after fixed-angle plate osteosynthesis obtained significantly (Neer classification: $p=0.001$; AO classification: $p=0.004$; Own classification: $p=0.008$) better postoperative functional results in the Constant Score than patients with severe fracture types, regardless of the fracture classification used. Additionally, patients with simple fracture types show a significant (Neer classification: $p=0.027$; AO classification: $p=0.008$; Own classification: $p=0.027$) higher postoperative quality of life in the Oxford score. Also, the complication rate was lower for simple fracture types. Especially humeral head necrosis occurred exclusively and thus significantly (Neer classification: $p=0.017$; AO classification: $p=0.007$; Own classification: $p=0.023$) more frequently in patients with severe fracture types.

Hence, the fixed-angle plate osteosynthesis is a preferable treatment option, especially for simple fracture types, and offers advantages over conservative treatment in terms of immediate, unrestricted early functional follow-up treatment without a risk of secondary fracture dislocation and earlier postoperative pain relief. The poor results reported in literature are more likely caused by the fracture severity itself than by the kind of treatment. However, further studies on this issue should be conducted, including only patients with simple fracture types and randomizing them either to conservative or surgical treatment with fixed-angle plate osteosynthesis, to clarify whether surgical treatment is superior compared to conservative therapy, especially in the case of simple proximal humeral fractures.

Abkürzungsverzeichnis

°	Grad
%	Prozent
3D	dreidimensional
A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.p.	anterior-posterior
BMI	<i>Body-Mass-Index</i>
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.
et al.	et alii / aliae / alia
K-Draht	Kirschner-Draht
kg	Kilogramm
LCP	<i>Locking-Compression-Plate</i>
M.	Musculus
max.	maximal
Mm.	Musculi
mm	Millimeter
N.	Nervus
nCS	Normalisierter Constant-Score
Nm	Newtonmeter
Nn.	Nervi
PHILOS	<i>Proximal Humerus Internal Locking System</i>
Pkt.	Punkte
Rr.	Rami
STBW	Standardabweichung
TM	<i>Trademark</i>
Tub.	Tuberculum
V.	Vena
z.B.	zum Beispiel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Einführung.....	1
1.2	Anatomie.....	3
1.2.1	Proximaler Humerus.....	3
1.2.2	Blutversorgung des proximalen Humerus.....	4
1.2.3	Schultergürtel und Schultergelenk.....	4
1.2.4	Muskulatur des Schultergelenkes.....	6
1.2.5	Nervale Strukturen.....	6
1.2.6	Bewegungsphysiologie.....	8
1.3	Proximale Humerusfraktur.....	9
1.3.1	Ätiologie.....	9
1.3.2	Epidemiologie.....	9
1.3.3	Diagnostik.....	10
1.4	Therapieoptionen der proximalen Humerusfraktur.....	11
1.4.1	Überblick.....	11
1.4.2	Konservative Therapie.....	11
1.4.3	Operative Therapie.....	12
1.5	Winkelstabile Plattenosteosynthese.....	13
1.5.1	Winkelstabiles Plattensystem PHILOS™.....	13
1.5.2	Operationstechnik.....	15
1.5.3	Nachbehandlung.....	20
1.6	Komplikationen der proximalen Humerusfraktur.....	21
1.7	Ziele der Arbeit.....	23
2	Material und Methoden.....	24
2.1	Studiendesign.....	24
2.2	Frakturklassifikationen.....	25
2.2.1	Neer-Klassifikation.....	25
2.2.2	AO-Klassifikation.....	26

2.2.3	Eigene Klassifikation.....	27
2.3	Bewertungssysteme	28
2.3.1	Constant-Score.....	28
2.3.2	Normalisierter Constant-Score.....	30
2.3.3	Oxford-Score	30
2.4	Statistik.....	32
3	Ergebnisse.....	33
3.1	Demographische Daten	33
3.2	Frakturklassifikationen	36
3.3	Constant-Score.....	39
3.3.1	Gesamtergebnis	39
3.3.2	Kategorien	43
3.3.3	Einzelne Bewegungsachsen.....	50
3.4	Normalisierter Constant-Score.....	58
3.5	Oxford-Score	61
3.6	Komplikationen und Sekundäreingriffe.....	64
3.7	Zusammenfassung der Ergebnisse	68
4	Diskussion	69
5	Schlussfolgerungen	87
6	Literatur- und Quellenverzeichnis	88
Anhang	95

Abbildungsverzeichnis

1. Illustration des rechten Oberarmknochens.	3
2. Stabilisierung des Schultergelenkes durch den Kapsel-Band-Apparat.	5
3. PHILOS™ - Internes Verriegelungssystem für den proximalen Humerus der Firma DePuy Synthes.	14
4. Beach-Chair-Position.	15
5. Schonung des N. axillaris beim transdeltoidalen Zugang.	16
6. Kraniokaudale Platzierung der Platte mit Zielgerät und K-Draht.	18
7. PHILOS™ Platte mit Zielgerät und Bohrbüchse.	19
8. Frakturklassifikation nach Neer.	26
9. Hauptgruppen der AO-Klassifikation der proximalen Humerusfraktur.	27
10. Kraftmessung beim Constant-Score.	29
11. Verteilung der Ausschlusskriterien.	33
12. Altersstruktur im Patientenkollektiv.	34
13. Einteilung der Frakturen nach der Neer-Klassifikation.	36
14. Einteilung der Frakturen in die Untergruppen nach der Neer-Klassifikation.	37
15. Einteilung der Frakturen nach der AO-Klassifikation.	37
16. Einteilung der Frakturen nach der eigenen Klassifikation.	38
17. Verteilung der Gesamtergebnisse im Constant-Score.	39
18. Bewertung der Gesamtergebnisse im Constant-Score.	40
19. Gesamtergebnisse im Constant-Score nach der Neer-Klassifikation.	40
20. Gesamtergebnisse im Constant-Score nach der AO-Klassifikation.	41
21. Gesamtergebnisse im Constant-Score nach der eigenen Klassifikation.	41
22. Ergebnisse in der Kategorie Schmerz des Constant-Scores.	44
23. Ergebnisse in der Kategorie Alltagsaktivitäten des Constant-Scores.	45
24. Ergebnisse in der Kategorie Handreichweite des Constant-Scores.	46
25. Ergebnisse in der Kategorie Bewegungsumfang des Constant-Scores.	47
26. Ergebnisse in der Kategorie Kraft des Constant-Scores.	48
27. Ergebnisse in der Flexion [Grad] im Constant-Score.	51
28. Ergebnisse in der Flexion [Punkte] im Constant-Score.	52
29. Ergebnisse in der Abduktion [Grad] im Constant-Score.	53
30. Ergebnisse in der Abduktion [Punkte] im Constant-Score.	54
31. Ergebnisse in der Außenrotation [Punkte] im Constant-Score.	55
32. Ergebnisse in der Innenrotation [Punkte] im Constant-Score.	56
33. Verteilung der Ergebnisse im normalisierten Constant-Score.	58
34. Ergebnisse im normalisierten Constant-Score nach der Neer-Klassifikation.	59

35. Ergebnisse im normalisierten Constant-Score nach der AO-Klassifikation.....	59
36. Ergebnisse im normalisierten Constant-Score nach der eigenen Klassifikation.....	60
37. Bewertung der Ergebnisse im Oxford-Score.	61
38. Verteilung der Ergebnisse im Oxford-Score.	61
39. Ergebnisse im Oxford-Score nach der Neer-Klassifikation.	62
40. Ergebnisse im Oxford-Score nach der AO-Klassifikation.....	62
41. Ergebnisse im Oxford-Score nach der eigenen Klassifikation.	63
42. Aufgetretene Komplikationen im Nachbeobachtungszeitraum.....	65

Tabellenverzeichnis

1. Punkteverteilung im Constant-Score.....	29
2. Normalwerte nach Katolik et al.....	30
3. Deutsche Fassung des Oxford-Fragebogens nach Huber et al.	32
4. Unfallmechanismen im Patientenkollektiv.	35
5. Auswertung der Ergebnisse im Constant-Score anhand der verwendeten Frakturklassifikationen.	42
6. Erzielte Werte in den einzelnen Kategorien des Constant-Scores.....	43
7. Auswertung der Ergebnisse in den einzelnen Kategorien des Constant-Scores anhand der verwendeten Frakturklassifikationen.	49
8. Erzielte Werte in den einzelnen Bewegungsachsen im Constant-Score.....	50
9. Auswertung der Ergebnisse in den einzelnen Bewegungsachsen im Constant-Score anhand der verwendeten Frakturklassifikationen.	57
10. Auswertung der Ergebnisse im normalisierten Constant-Score anhand der verwendeten Frakturklassifikationen.	60
11. Auswertung der Ergebnisse im Oxford-Score anhand der verwendeten Frakturklassifikationen.	63
12. Komplikationen und Sekundäreingriffe im Nachbeobachtungszeitraum sowie Ergebnisse der betroffenen Patienten in den erhobenen Scores.	66
13. Übersicht aller Komplikationen bezogen auf die verwendeten Frakturklassifikationen. .	67
14. Übersicht der Humeruskopfnekrosen bezogen auf die verwendeten Frakturklassifikationen.	67

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die proximale Humerusfraktur stellt einer der häufigsten Frakturen des Menschen dar, wobei mit zunehmendem Alter die Inzidenz exponentiell ansteigt (1–7). Durch den demographischen Wandel mit einer zunehmend älter werdenden Bevölkerung wird in Zukunft die Inzidenz proximaler Humerusfrakturen höchstwahrscheinlich weiter ansteigen. Bei älteren Patienten, deren Knochendichte häufig aufgrund einer Osteoporose gemindert ist, stehen ätiologisch vor allem Niedrigrasanztraumata, wie z.B. ein häuslicher Sturz, im Vordergrund (8). Bei jüngeren Patienten sind meist Hochrasanztraumata, wie Stürze aus großer Höhe, Verkehrs- oder Sportunfälle, ursächlich (8).

Trotz der hohen Relevanz dieser Fraktur ist deren Therapie bei fehlenden ausreichend Evidenz-basierten Empfehlungen ein kontrovers diskutiertes Thema (9). Neben der konservativen Therapie, die vor allem bei einfachen Frakturtypen durchgeführt wird, stehen zur Versorgung der Fraktur verschiedene operative Verfahren bis hin zum endoprothetischen Gelenkersatz zur Auswahl (10). Trotz zahlreicher Studien hinsichtlich des optimalen Behandlungsverfahrens, konnte bisher keine Überlegenheit eines Verfahrens aufgezeigt werden (11–14).

Bei der Entscheidung für ein Behandlungsverfahren müssen vielfältige Aspekte beachtet werden (15–19): Neben dem Alter des Patienten und dessen Komorbiditäten ist auch die Zeit der Immobilisation, die Verletzung des umliegenden Weichteilgewebes, die Knochenqualität, sowie der Frakturtyp und die Blutversorgung der einzelnen Fragmente für die Wahl des geeigneten Therapieverfahrens, die Prognose der Frakturheilung und die klinischen Ergebnisse entscheidend. Dabei wird die Indikationsstellung zur Operation durch uneinheitliche und zum Teil im klinischen Alltag unübersichtliche Frakturklassifikationen mit geringer Reliabilität zusätzlich erschwert (20).

Die winkelstabile Plattenosteosynthese, die im Fokus dieser Studie steht, wird bisher vor allem zur Versorgung schwerer Frakturtypen eingesetzt (21–24). Sie ermöglicht durch ein stabiles Platten-Schraubenkonstrukt auch bei osteoporotischem Knochen eine stabile Osteosynthese und erlaubt durch die Übungsstabilität eine frühe funktionelle Nachbehandlung (25,26). Allerdings wurden in verschiedenen Studien hohe Komplikationsraten von bis zu 60 % aufgezeigt (21,22,24,27,28): Besonders häufig wird hierbei das sekundäre *Cutting-Out* (Ausschneiden) von Schrauben aus dem Humeruskopf in das Schultergelenk aufgrund einer partiellen oder kompletten Humeruskopfnekrose beobachtet.

Allerdings könnte die hohe Komplikationsrate sowie die zum Teil ungünstigen klinischen Ergebnisse nach winkelstabiler Plattenosteosynthese einer proximalen Humerusfraktur durch die Frakturschwere selbst begründet sein und nicht allein durch das verwendete Behandlungsverfahren, da bisher einfache Frakturtypen eher konservativ und schwere Frakturtypen meist operativ behandelt wurden, weil in diesen Fällen oftmals eine konservative Therapie nicht möglich ist. Dies legen vorangegangene Studien nahe, welche zeigen, dass die winkelstabile Plattenosteosynthese auch bei schwereren Frakturtypen vergleichbare Ergebnisse wie die konservative Therapie zeigt, die aber vor allem bei einfachen Frakturen angewandt wird (22,27,29–32). Dies könnte bedeuten, dass bei einfachen Frakturtypen die konservative Therapie schlechter abschneidet als die operative Therapie, da hier eine raschere sowie intensivere physiotherapeutische und frühfunktionelle Behandlung möglich ist.

1.2 Anatomie

1.2.1 Proximaler Humerus

Der Humerus des Menschen wird in einen proximalen und einen distalen Anteil sowie den Humerusschaft unterteilt. Der Humeruskopf (Caput humeri) ist mit der Facies articularis direkt an der Bildung des Glenohumeralgelenkes beteiligt und wird durch das Collum anatomicum von den unmittelbar darunter liegenden Tubercula abgegrenzt (Abb. 1). Das Tuberculum majus ist lateralseitig und das Tuberculum minus ventralseitig lokalisiert. Beide dienen den Muskeln der Rotatorenmanschette als wichtige Sehnenansatzpunkte. Im Sulcus intertubercularis gleitet die Sehne des langen Bizepskopfes, die am Tuberculum supraglenoidale entspringt und an der Tuberositas radii ansetzt. Distal der Tubercula verjüngt sich der Humerus. Dieser Bereich stellt eine häufige Frakturlokalisierung dar und wird deshalb auch als Collum chirurgicum bezeichnet. Hier geht der proximale Humerus in den Humerusschaft über, an den sich der distale Anteil des Humerus, der an der Bildung des Ellenbogengelenkes beteiligt ist, anschließt.

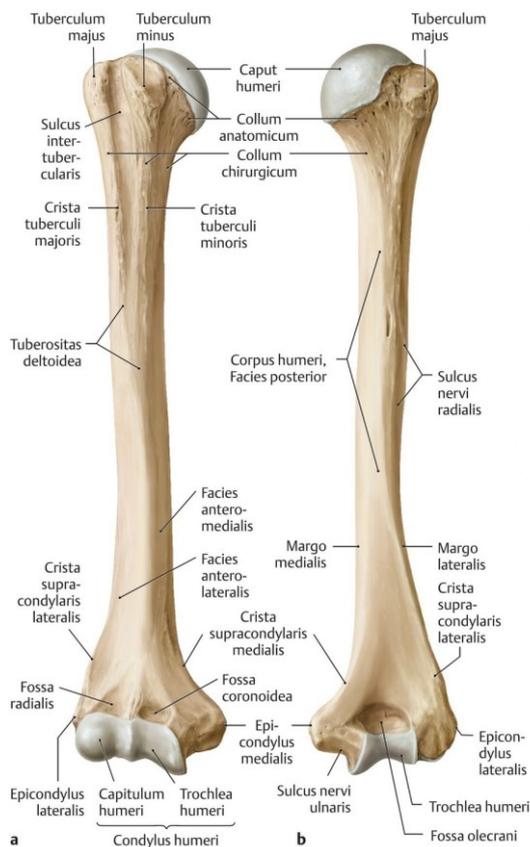


Abb. 1: Illustration des rechten Oberarmknochens. (33)
a) Ansicht von ventral. b) Ansicht von dorsal.

1.2.2 Blutversorgung des proximalen Humerus

Der proximale Humerus wird über die beiden Aa. circumflexae humeri anterior et posterior versorgt, welche ein Netz aus Anastomosen bilden (34).

Die A. circumflexa humeri anterior entspringt auf Höhe des Collum chirurgicum aus der A. axillaris und zieht nach anterolateral. In diesem Abschnitt gibt sie einen Ast zur Versorgung des Tuberculum minus ab. Daraufhin entsendet sie einen Ramus ascendens, welcher durch den Sulcus intertubercularis unterhalb der langen Bizepssehne nach proximal zieht. Auch in diesem Teilabschnitt werden kleinere Seitenäste zur Versorgung der Tubercula majus et minus abgegeben. Am Übergang vom Tuberculum majus zum Sulcus intertubercularis penetriert die Arterie in den Knochen. Subchondral durchzieht die Arterie bogenförmig den gesamten Humeruskopf und wird daher auch als A. arcuata bezeichnet. (35)

Die A. circumflexa humeri posterior entspringt aus der A. axillaris oder A. brachialis und verläuft durch die laterale Achsellücke nach dorsal Richtung Collum chirurgicum. In diesem Abschnitt entsendet sie eine Vielzahl an Gefäßästen, die subperiostal nach kranial ziehen und an der Knochen-Knorpel-Grenze in den Humeruskopf eintreten. (35)

Die periostalen Zweige aus den Aa. circumflexae humeri, die medio-dorsal des Collum anatomicum in die Knochensubstanz eindringen, sind bei Frakturen im Collum chirurgicum ausgespart. Kommt es allerdings zu Frakturen im Bereich des anatomischen Halses mit Abriss des Periosts infolge einer Dislokation der Humeruskalotte nach lateral, werden auch diese Äste durchtrennt und eine Versorgung der Kalotte kann dann nur noch *per diffusionem* erfolgen. (36)

Lange Zeit wurde angenommen, dass der wesentliche Anteil der Blutversorgung des proximalen Humeruskopfes durch die A. circumflexa humeri anterior mit der A. arcuata gewährleistet wird (34). Allerdings konnten Hettrich et al. (37) in neueren Untersuchungen mittels Magnetresonanz zeigen, dass die Rolle der A. circumflexa humeri posterior unterschätzt wurde: Sie gewährleistet bis zu 64 % der Blutversorgung des proximalen Humeruskopfes und ist somit das hauptversorgende Gefäß.

1.2.3 Schultergürtel und Schultergelenk

Der Schultergürtel ist eine funktionelle Einheit, die sich aus verschiedenen Gelenken zusammensetzt. Erst durch das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten wird der außergewöhnlich große physiologische Bewegungsumfang der Schulter ermöglicht.

Zu den Gelenken des Schultergürtels zählen die Articulatio sternoclavicularis, Articulatio acromioclavicularis und die Articulatio humeri. Ebenso sind die scapulothorakale und akromiohumerale Gleitschicht Bestandteile dieses funktionellen Systems.

Das Schultergelenk, die *Articulatio humeri*, ist durch einen großen Humeruskopf und einer relativ kleinen Gelenkpfanne, der *Cavitas glenoidalis*, geprägt. Das Verhältnis Humeruskopf zu Gelenkpfanne beträgt in etwa 4:1. Daraus resultiert eine geringe knöcherne Führung im Schultergelenk. Das Labrum, eine aus Faserknorpel bestehende Gelenkklippe, liegt der *Cavitas glenoidalis* unmittelbar an. Es vergrößert die Kontaktfläche der Gelenkpfanne zum Humeruskopf und führt des Weiteren zur Ausbildung eines Vakuumeffektes, dessen Adhäsionskräfte zur Stabilisierung des Schultergelenkes beitragen und einer Luxation des Schultergelenkes entgegenwirken.

Die Stabilität im Schultergelenk wird aber vor allem durch die durch Bänder und Sehnen verstärkte Gelenkkapsel gewährleistet. Ventral stabilisieren das *Ligamentum coracohumerale* sowie die *Ligamenta glenohumeralia superior, medium und inferius* die Kapsel (Abb. 2). Dorsalseitig spielen die in die Gelenkkapsel einstrahlenden Sehnen der Rotatorenmanschette eine entscheidende Rolle bei der Stabilisierung.

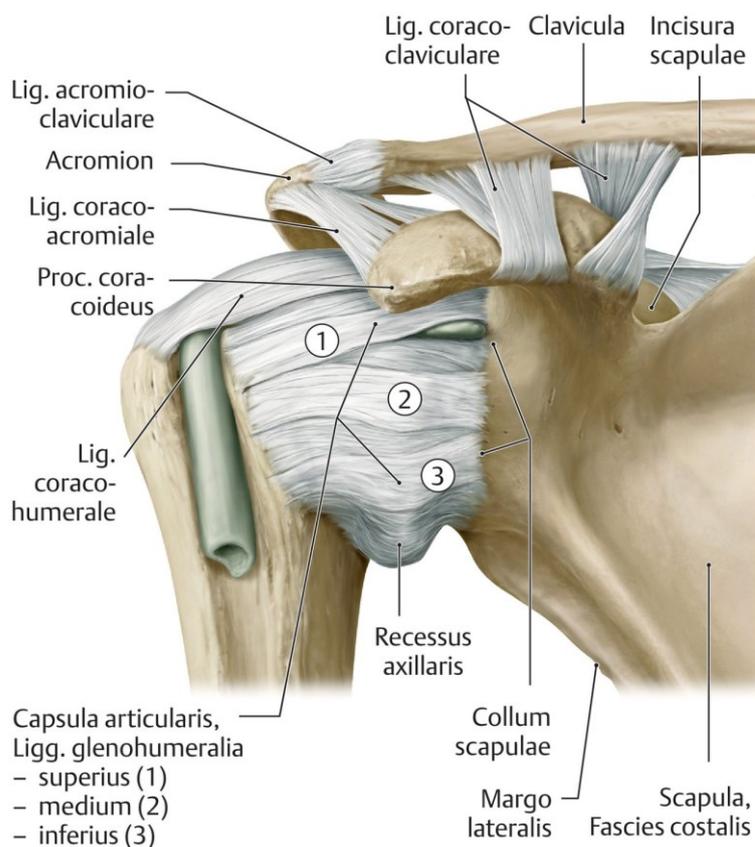


Abb. 2: Stabilisierung des Schultergelenkes durch den Kapsel-Band-Apparat. (38) Rechte Schulter von ventral. Die Gelenkkapsel wird ventral durch das *Ligamentum coracohumerale* und die *Ligamenta glenohumeralia superior, medium und inferius* verstärkt.

1.2.4 Muskulatur des Schultergelenkes

Die Muskulatur des Schultergelenkes kann in eine dorsale und eine ventrale Gruppe eingeteilt werden. Die ventrale Gruppe besteht aus den Mm. pectoralis major et minor und dem M. deltoideus (Pars clavicularis). Die dorsal verlaufende Gruppe setzt sich aus dem M. deltoideus (Pars spinalis), M. latissimus dorsi, M. teres major und den Muskeln, welche die Rotatorenmanschette bilden, zusammen.

Die Rotatorenmanschette besteht aus dem M. supraspinatus (Abduktion und Depression), M. subscapularis (Innenrotation), M. infraspinatus und M. teres minor (Außenrotation). Diese steuern einerseits die Beweglichkeit des Schultergelenkes und sind andererseits hochrelevant für dessen Stabilität. Die Sehnenzüge der Rotatorenmanschette strahlen in die Gelenkkapsel ein und verstärken diese erheblich.

Allen Muskeln des Schultergelenkes gemeinsam ist die Insertion am Humerus. Bei Humeruskopffrakturen kann es durch den Muskelzug an den Fragmenten zu erheblichen Dislokationen kommen. So wird das Tuberculum majus durch den Zug des M. supraspinatus und der Außenrotatoren nach kraniodorsal und das Tuberculum minus hingegen durch den Zug des M. subscapularis nach medial verlagert. Auf den Humerusschaft wirkt die Zugkraft des M. pectoralis major, welche eine mediale Dislokation des Schaftes zur Folge haben kann.

1.2.5 Nervale Strukturen

Die sensible und motorische Innervation der oberen Extremität erfolgt über die Rr. anteriores der Spinalnerven der Segmente C5–Th1 sowie vereinzelt Fasern aus C4 und Th2. Diese bilden den sogenannten Plexus brachialis, der durch die Skalenuslücke, welche von den Mm. scaleni anterior et medius gebildet wird, nach ventral verläuft. Zunächst kommt es zu einer Aufteilung in drei Primärstränge: Der Truncus superior führt Nervenfasern aus C4, C5 und C6, der Truncus medius enthält ausschließlich Nervenfasern aus C7 und der Truncus inferior umfasst Nervenfasern aus C8, Th1 und Th2. Im weiteren Verlauf verzweigen sich die Nervenstränge auf Höhe der Clavicula unter Ausbildung von neu organisierten Faszikeln. Die Benennung der Faszikel orientiert sich an deren Lagebeziehung zur A. axillaris. Der Fasciculus lateralis bildet sich aus den Trunci superior et medius. Der Fasciculus medialis hingegen wird aus den Nervenfasern des Truncus inferior gebildet. Der Fasciculus posterior umfasst Anteile aller drei primären Nervenstränge.

Anhand des topographischen Verlaufs des Plexus brachialis unterscheidet man einen Pars supraclavicularis, der den Anteil des Plexus von der Wirbelsäule bis zur kaudalen Kante der Clavicula umfasst, und einen Pars infraclavicularis. Im Bereich beider Abschnitte gibt der Plexus Nervenfasern ab.

Aus dem Pars supraclavicularis entspringen nur motorische Fasern. So innervieren der N. suprascapularis (M. supraspinatus und M. infraspinatus) und N. subscapularis (M. subscapularis) Muskeln der Rotatorenmanschette. Ebenso gehen der N. dorsalis scapulae, N. subclavius, N. thoracicus longus, N. thoracodorsalis und die Nn. pectoralis medialis et lateralis aus dem Pars supraclavicularis des Plexus brachialis hervor.

Vom Pars infraclavicularis gehen sowohl sensible als auch motorische Nerven ab: Der N. musculocutaneus entspringt dem Fasciculus lateralis und innerviert motorisch alle Flexoren des Oberarmes sowie sensibel den radialen Unterarm. Der N. medianus setzt sich aus Anteilen der Fasciculi lateralis et medialis zusammen. Er folgt im Verlauf der A. brachialis entlang des Septum intermusculare brachii und zieht unter der Aponeurosis muscularis bicipitis brachii zum Unterarm. Er versorgt einen Großteil der Flexoren am Unterarm sowie Teile der Thenar- und Interdigitalmuskulatur. Sensibel innerviert er palmar die dreieinhalb radialseitigen Finger sowie deren dorsalseitigen Fingerendglieder. Der ebenso aus dem Fasciculus medialis entspringende N. ulnaris verläuft an der medialen Seite des Oberarmes zum Sulcus nervi ulnaris am Epicondylus medialis. Erst am Unterarm gibt der N. ulnaris sensible und motorische Äste ab. Vor allem die Hypothenarmuskulatur sowie Teile der Unterarmflexoren und der Interdigitalmuskulatur werden durch ihn innerviert. Sensibel versorgt er palmar und dorsalseitig Teile der ulnaren Hand sowie den gesamten Hypothenar. Gemeinsam mit der A. profunda brachii zieht der aus dem Fasciculus posterior entspringende N. radialis dorsalseitig im Sulcus nervi radialis um den Humerus entlang. Im Bereich des distalen Oberarmes durchbricht er dann das Septum intermusculare brachii laterale und gelangt so durch die Ellenbeuge zum Unterarm. Vor dem Radiusköpfchen teilt er sich dann in seine zwei Äste, den Ramus profundus und den Ramus superficialis, auf. Motorisch innerviert er die Extensoren im Ober- und Unterarm und ist für die Supination verantwortlich. Sensibel versorgt er die dorsale und laterale Seite des Oberarmes, dorsale Abschnitte des Unterarmes und die radialseitige Handrückenseite. Der N. axillaris entspringt ebenso dem Fasciculus posterior und verläuft durch die laterale Achsellücke. Unter dem M. deltoideus zieht er zum Collum chirurgicum. Hier verläuft er in enger topographischer Beziehung zur A. circumflexa humeri posterior und ist bei proximalen Humerusfrakturen am Collum chirurgicum gefährdet. Motorisch innerviert er den zur Rotatorenmanschette gehörenden M. teres minor und den M. deltoideus, welcher je nach Ausgangsposition des Oberarmes an verschiedensten Bewegungen im Schultergelenk beteiligt ist. Die sensible Innervation des proximalen lateralen und dorsalen Oberarmes wird ebenso durch den N. axillaris

gewährleistet. Aus dem Fasciculus medialis entspringen zusätzlich noch zwei rein sensible Nerven. Der N. cutaneus brachii medialis versorgt die Haut des medialen Oberarmes und der N. cutaneus antebrachii medialis innerviert den medialen Teil der ventralen Seite des Unterarmes.

Aufgrund der oftmals engen topographischen Beziehungen zwischen dem Humerus und den Nerven des Plexus brachialis kann es bei Frakturen und operativen Eingriffen in diesem Bereich zu Verletzungen der nervalen Strukturen kommen.

1.2.6 Bewegungsphysiologie

Die Bewegung des Schultergelenkes ist in drei Achsen möglich und wird durch das agonistische und antagonistische Zusammenspiel mehrerer Muskeln bewirkt.

Folgender Bewegungsumfang ist bei fixierter Scapula aus der Neutralstellung heraus physiologisch: Es können eine Abduktion von max. 90° und eine Adduktion von 30° erzielt werden. Die Anteversion ist auf max. 90° und die Retroversion auf ca. 30° limitiert. Die Außenrotation ist nur bis ca. 60° und die Innenrotation bis ca. 70° möglich.

Durch die Gleitbewegung der Scapula erweitert sich der Bewegungsumfang allerdings erheblich. Hierdurch können eine Abduktionsbewegung von bis zu 180° und eine Adduktionsbewegung von max. 40° durchgeführt werden. Ebenso wird die Anteversion auf bis zu 180° und die Retroversion auf bis zu 40° erweitert. Bei der Außenrotations- und Innenrotationsbewegung können jeweils max. 90° erreicht werden.

Bei der Abduktion im Schultergelenk sind der M. supraspinatus, das Caput longum des M. biceps brachii und ein Teil des M. deltoideus beteiligt. Als Adduktoren wirken der M. pectoralis major, die Mm. teres minor et major, der M. coracobrachialis sowie Teile des M. deltoideus und des M. triceps brachii sowie der M. latissimus dorsi. Wichtigster Außenrotator ist der M. infraspinatus, der von Teilen des M. supraspinatus und des M. deltoideus sowie dem M. teres minor unterstützt wird. Der wichtigste Innenrotator ist der M. subscapularis. Dieser wird durch den M. teres major, M. pectoralis major, M. latissimus dorsi, M. coracobrachialis und von Anteilen des M. deltoideus unterstützt. Die Anteversion wird durch den M. pectoralis major und M. deltoideus sowie den M. coracobrachialis und M. biceps brachii durchgeführt, die Retroversion hingegen vom M. teres major, M. latissimus dorsi und Teilen des M. deltoideus.

Für die Erweiterung des Bewegungsumfanges durch die Gleitbewegung der Scapula sind die Muskeln des Schultergürtels verantwortlich. Hier spielen vor allem der M. trapezius, M. levator scapulae, Mm. rhomboidei minor et major und der M. serratus anterior eine wichtige Rolle.

1.3 Proximale Humerusfraktur

1.3.1 Ätiologie

Die Ätiologie der proximalen Humerusfraktur unterscheidet sich typischerweise je nach Lebensalter: Ältere Patienten, bei welchen häufig von einer verminderten Knochendichte aufgrund einer Osteoporose ausgegangen werden muss (39,40), erleiden die Fraktur meist im Rahmen von Niedrigrasanztraumata. So konnten Court-Brown et al. (8) aufzeigen, dass 87 % der Frakturen in ihrer prospektiven 5-Jahres-Studie durch einen Sturz aus dem Stand hervorgerufen wurden.

Bei jüngeren Patienten hingegen sind vor allem Verkehrsunfälle, Stürze aus großer Höhe sowie Sportunfälle für die Entstehung der proximalen Humerusfraktur ursächlich (8).

Zu den Risikofaktoren für die proximale Humerusfraktur zählen neben der erniedrigten Knochendichte eine erhöhte Fallneigung sowie ein erhöhter BMI (39). Ursächlich für die erhöhte Fallneigung können unter anderem Alkoholkonsum, Medikamenteneinnahmen, Sehbeeinträchtigungen oder das Vorliegen eines Diabetes mellitus sein (41). Protektiv wirken hingegen hohe körperliche Aktivität und eine menopausale Hormontherapie oder Calciumcarbonat-Einnahme (41).

1.3.2 Epidemiologie

Die proximale Humerusfraktur macht in der Gesamtpopulation ca. 5 % aller Frakturen aus und stellt somit einer der häufigsten Frakturformen des menschlichen Körpers dar (1,2). Ab dem 40. Lebensjahr ist ein exponentieller Anstieg der Inzidenz zu beobachten. Über 70 % der Patienten sind über 60 Jahre alt, wobei in ca. 75 % der Fälle Frauen betroffen sind (3–7). Die höchste Inzidenz ist bei Frauen zwischen dem 80. und 89. Lebensjahr mit 260/100.000 zu verzeichnen (8). Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Inzidenz der Osteoporose als wichtiger Risikofaktor für die proximale Humerusfraktur im höheren Lebensalter und insbesondere beim weiblichen Geschlecht erhöht ist (5).

Durch den demographischen Wandel werden der Anteil der älteren Bevölkerung und damit das Auftreten von proximalen Humerusfrakturen in Zukunft höchstwahrscheinlich weiter zunehmen. Somit stellt die proximale Humerusfraktur und deren optimale Versorgung auch zukünftig eine äußerst relevante Thematik in der Traumatologie dar.

1.3.3 Diagnostik

Neben der umfangreichen Anamnese zu Unfallhergang, Symptomen, Vorerkrankungen und dem Vorliegen von Risikofaktoren sollte eine ausführliche körperliche Untersuchung mit Inspektion und Palpation der betroffenen Extremität erfolgen. Hier ist neben typischen Frakturzeichen vor allem auf die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität zu achten. Sollte der Verdacht auf eine Fraktur bestehen, ist eine Röntgendiagnostik in mindestens zwei senkrecht zueinanderstehenden Ebenen, einer Aufnahme im anterior-posterioren Strahlengang sowie eine tangentielle Aufnahme (Y-Aufnahme nach Neer), obligat (42). Zur Vervollständigung der Traumaserie nach Neer kann eine zusätzliche Aufnahme im axialen Strahlengang angeschlossen werden (36,42). Diese ist allerdings schmerzbedingt häufig nicht durchführbar, da sie eine Abduktion des Armes voraussetzt.

Des Weiteren kann eine Computertomographie bei unklaren Befunden sowie Mehrfragmentfrakturen mit Kopfbeteiligung zur besseren Beurteilung von *Head-Split*-Frakturen (zentralen Impaktionsfrakturen) und der glenohumeralen Zentrierung sinnvoll sein. Aus den gewonnenen Daten können 3D-Rekonstruktionen angefertigt werden, die bei der Operationsplanung, vor allem bei der Entscheidung zwischen kopferhaltender oder prothetischer Versorgung, hilfreich sein können. Bei dem Verdacht auf eine arterielle Gefäßverletzung sollte umgehend eine digitale Subtraktionsangiographie zur weiteren Diagnostik angeschlossen werden. (36,43)

1.4 Therapieoptionen der proximalen Humerusfraktur

1.4.1 Überblick

Die Therapie der proximalen Humerusfraktur ist bis heute ein kontrovers diskutiertes Thema (9). Neben der konservativen Therapie, die in der Regel bei geringgradig dislozierten Frakturformen angewendet wird, stehen verschiedene operative Verfahren bis hin zur endoprothetischen Versorgung zur Auswahl. Aber schon die Kriterien zur Entscheidung zwischen operativer und konservativer Therapie variieren in der Literatur erheblich: Nach Neer (42,44) besteht erst bei einer Dislokation der Frakturfragmente von über 1 cm oder einer Achsabweichung von über 45° eine Operationsindikation, wohingegen in neueren Veröffentlichungen auch geringere Dislokationen als Operationsindikation angesehen werden. So gelten teilweise bereits eine Achsabweichung von über 20°, eine Kalottendislokation über 5 mm bzw. eine Tuberkuladislokation von über 2 mm als operative Indikation (16,45,46). Des Weiteren stellen nach Warnhoff et al. (47) Frakturen des Collum anatomicum, *Head-Split*-Frakturen, Luxationsfrakturen, neurovaskuläre Begleitverletzungen, eine metaphysäre Trümmerzone, eine fehlende mediale Abstützung sowie offene oder pathologische Frakturen klare Indikationen für eine operative Versorgung dar. Auch die Komorbiditäten sowie das Alter des Patienten und der funktionelle Anspruch an den frakturierten Arm sollten unbedingt in die Entscheidungsfindung einfließen (17).

1.4.2 Konservative Therapie

Stabile, nicht oder nur gering dislozierte Frakturen werden in der Regel konservativ behandelt. Seltener werden auch primär dislozierte Frakturen nach geschlossenem Repositionsmanöver durch Einstauchung des Humerusschaftes in den Humeruskopf bei ausreichender Stabilität konservativ weiterbehandelt.

Die Ruhigstellung der oberen Extremität erfolgt dabei in der Regel in Innenrotation durch Anlage des Oberarmes an den Thorax mit Hilfe eines Gilchrist- oder Desault-Verbandes. Durch die Innenrotationsstellung wird die Relaxation des M. subscapularis und des M. pectoralis major begünstigt und einer sekundären Dislokation durch deren Muskelzug vorgebeugt. Lediglich bei isolierten Tuberculum-majus-Frakturen ist eine Ruhigstellung in Außenrotation von ca. 15° von Vorteil. Hierdurch kann das Risiko einer kraniodorsalen Dislokation des Fragmentes durch den Zug des M. supraspinatus, M. infraspinatus und M. teres minor minimiert werden. (48)

Im Verlauf der konservativen Therapie müssen regelmäßig radiologische Kontrollen erfolgen, um Komplikationen, wie eine sekundäre Dislokation, frühzeitig zu erkennen.

Nach sieben bis zehn Tagen sollte nach radiologischer Kontrolle die frühfunktionelle Beübung des Armes in Form von Pendelbewegungen begonnen werden. Ab der dritten Behandlungswoche ist aktiv assistives Beüben erlaubt und der passive Bewegungsumfang im Schultergelenk sollte weiter gesteigert werden. Während der gesamten Immobilisationsphase muss der Patient zur stetigen Beübung der umliegenden Gelenke animiert werden. (17,48)

1.4.3 Operative Therapie

Ziele der operativen Therapie der proximalen Humerusfraktur stellen immer die anatomische Reposition der Fraktur sowie die frühfunktionelle Nachbehandlung dar. Zur operativen Versorgung der Fraktur beim Erwachsenen stehen dabei verschiedene Operationsverfahren zur Verfügung. Neben der winkelstabilen Plattenosteosynthese, dem am häufigsten eingesetzten Verfahren, werden die intramedulläre Marknagelung und der endoprothetische Gelenkersatz bevorzugt verwendet (10).

Durch die intramedulläre Marknagelung wird über einen minimalinvasiven Operationszugang die Reposition und Stabilisierung der Fraktur erzielt. Größere Weichteilschäden und Einschränkungen der Periostdurchblutung können hierdurch vermieden werden. Bevorzugt eingesetzt wird dieses Therapieverfahren bei Zwei- und Drei-Teile-Frakturen, da die Repositions- und Fixationsmöglichkeiten der einzelnen Fragmente bei der Marknagelung begrenzt sind. (11,49)

Die winkelstabile Plattenosteosynthese kann hingegen auch bei grob-dislozierten Frakturen sowie Mehrfragmentfrakturen eingesetzt werden (21,24). Dabei können die Frakturposition und die Osteosynthese durch den offenen Zugangsweg weitgehend unter Sicht erfolgen und somit auch kleinere Fragmente reponiert und fixiert werden. Durch die anatomisch geformte Platte wird zudem die korrekte Reposition erleichtert.

Des Weiteren stehen Kirschner-Draht- oder Schraubenosteosynthesen zur Auswahl, welche bei isolierten Tuberculum-Abrissfrakturen Anwendung finden. Die aktuell noch selten eingesetzte *Suture-bridging*-Technik bietet die Möglichkeit der arthroskopischen Refixation bei isolierten Tuberculum-minus-Frakturen (17,50). Herkömmliche Plattensysteme, wie die Winkelplatte, T-Platte oder Drittelrohrplatte, werden nur noch sehr selten zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen eingesetzt.

Der endoprothetische Gelenkersatz wird bei proximalen Humerusfrakturen vor allem bei älteren Patienten angewandt, wenn die Knochenqualität schlecht ist oder eine Omarthrose vorbesteht. Des Weiteren ist ein endoprothetischer Gelenkersatz indiziert, wenn Frakturen mit einer Osteosynthese nicht rekonstruierbar sind, einen Großteil der Gelenkfläche oder des Glenoids betreffen oder ein hohes Risiko zur Ausbildung einer Humeruskopfnekrose besteht. Hierbei gibt es die Möglichkeit der Implantation einer anatomischen Teil- oder Totalprothese sowie einer inversen Schulterendoprothese.

1.5 Winkelstabile Plattenosteosynthese

Die winkelstabile Plattenosteosynthese ermöglicht selbst bei osteoporotischem Knochen durch ein stabiles Platten-Schrauben-Konstrukt eine sichere Osteosynthese der Fraktur (26). Die Schrauben werden dabei durch ein Gewinde mit der Platte verriegelt. Hierdurch kann auch bei schlechter Knochensubstanz eine hohe Primärstabilität gewährleistet werden und ein Anpressen der Platte direkt an das Periost ist im Vergleich zu konventionellen Plattensystemen nicht mehr nötig (46). Somit kann die Fraktur Periost-schonend operativ versorgt werden, ohne die vaskuläre Versorgung der Fragmente weiter zu beeinträchtigen. Aufgrund der hohen Primärstabilität können die Patienten postoperativ bereits sehr früh eine physiotherapeutische Beübung durchführen (25).

1.5.1 Winkelstabiles Plattensystem PHILOS™

In dieser Studie wurde das Fixationssystem PHILOS™ der Firma DePuy Synthes verwendet. Dieses interne Verriegelungssystem bietet 9 proximale Schraubenlöcher für *Locking-Compression-Plate* (LCP) Verriegelungsschrauben mit einem Durchmesser von 3,5 mm im Humeruskopf sowie 10 proximale Nahtlöcher (Abb. 3). Diese können zur Anlage von Fadencerclagen oder für Sicherungsnähte, insbesondere der Tubercula, verwendet werden, um das Repositionsergebnis zusätzlich zu sichern. Die Platte bietet eine anatomische Passform und ist in verschiedenen Schaftlängen bis zu 290 mm als PHILOS LONG™ sowie mit einem verstärktem Schaftbereich erhältlich. Hierdurch wird eine optimale Anpassung der winkelstabilen Platte an die Anatomie und die vorliegende Frakturform ermöglicht. Die Anzahl der Schaftlöcher der Platte variiert je nach Schaftlänge zwischen 3 und 13 Löchern.

Die Indikationen zur Verwendung des Plattensystems PHILOS™ stellen dislozierte Zwei-, Drei- und Vier-Teile-Frakturen des proximalen Humerus sowie Pseudarthrosen und die Stabilisierung von Osteotomien dar. Insbesondere bei osteoporotischem Knochen kann das System angewandt werden. Bei Frakturen, die weit in den Schaftbereich hineinreichen, oder bei Frakturen ohne mediale Abstützung ist die Verwendung des PHILOS LONG™-Systems indiziert.

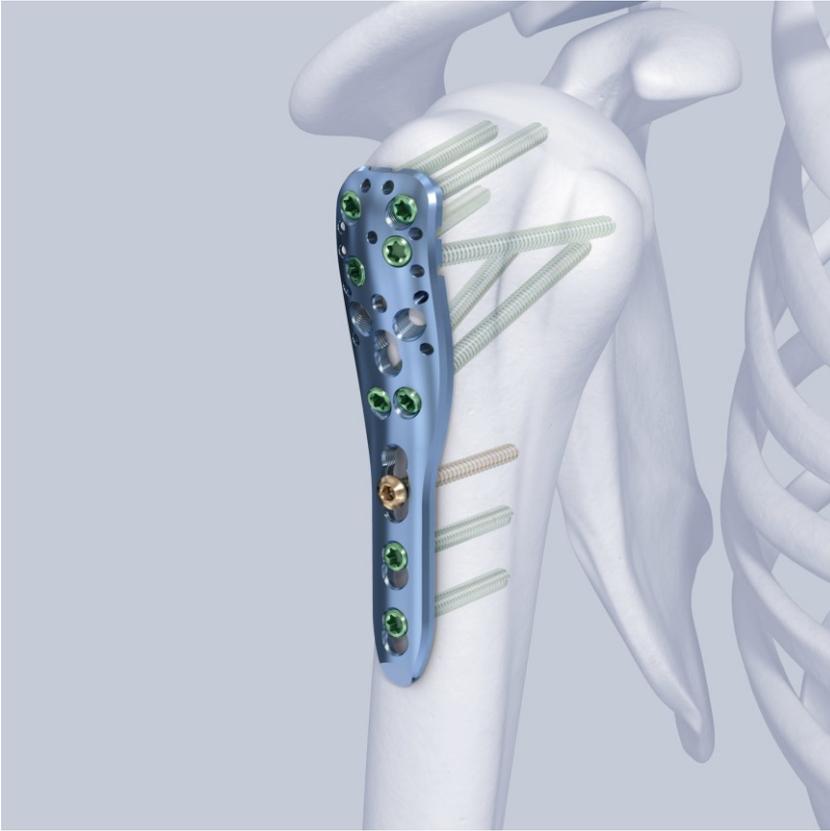


Abb. 3: PHILOS™ - Internes Verriegelungssystem für den proximalen Humerus der Firma DePuy Synthes. Mit freundlicher Genehmigung von Johnson & Johnson Medical, Geschäftsbereich DePuy Synthes (51).

1.5.2 Operationstechnik

Der Patient wird zunächst in einer sogenannten *Beach-Chair-Position* in Rückenlage auf einem röntgenstrahlendurchlässigen Operationstisch gelagert. Der Oberkörper sollte hierbei um ca. 30–60° aufgerichtet werden. Auf der Seite des betroffenen Armes wird das stützende Schulterteil des Operationstisches entfernt und der Unterarm auf eine Armschiene gelegt (Abb. 4). Bei der Lagerung sollte darauf geachtet werden, dass intraoperativ eine freie Durchleuchtung des Operationsgebietes mit dem Bildwandler möglich ist. Es erfolgt eine sterile Abdeckung des Operationsgebietes. (52)

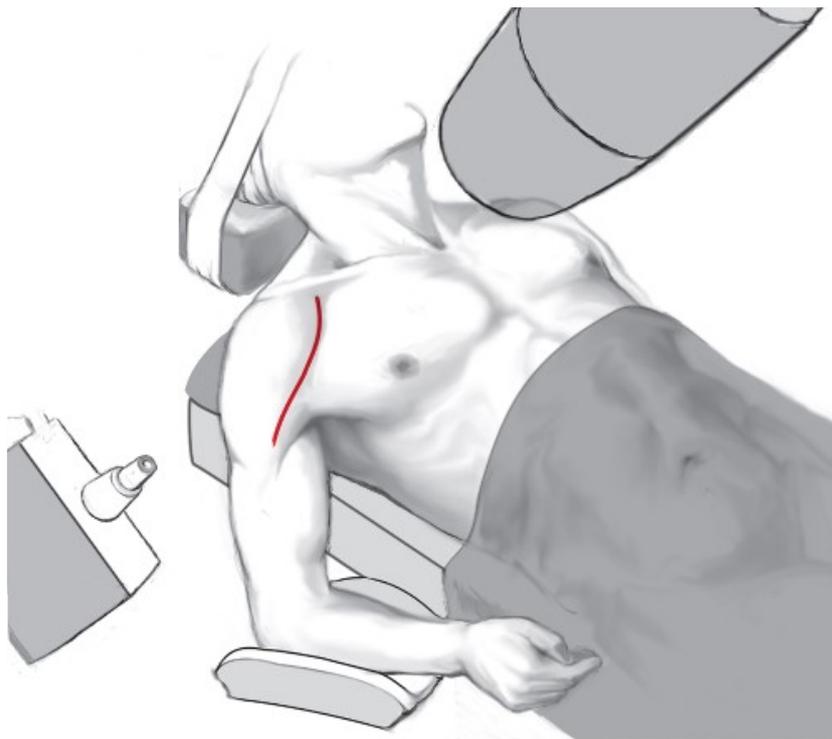


Abb. 4: Beach-Chair-Position. (52)

Bei der Plattenosteosynthese der proximalen Humerusfraktur sind der deltoideopektorale und transdeltoideale Zugangsweg etabliert. Der deltoideopektorale Zugang ist atraumatischer als der transdeltoideale Zugang, da die Präparation in die Tiefe entlang des Sulcus deltoideopectoralis verläuft und somit die Längsspaltung des M. deltoideus im medialen Anteil des Pars clavicularis erfolgt. Hierdurch werden der Verlauf des N. axillaris und dessen Äste zur Versorgung des M. deltoideus geschont und eine neurogene Atrophie des Muskels vermieden.

Der transdeltoideale Zugang hingegen erfordert einen Deltoideussplit im mittleren Drittel des M. deltoideus, der Pars acromiales. Da der N. axillaris ca. 5–7 cm distal des Acromions von posterior aus um den lateralen Humerusschaft zieht, sind er und seine abgehenden Äste bei einer weiter nach distal reichenden Inzision beim transdeltoidalen Zugang gefährdet (Abb. 5). Um eine solche Erweiterung der Inzision beim Einbringen der Platte zu umgehen, kann ein

spezielles perkutanes Zielsystem verwendet werden, welches ein knochenahes Einschieben der Platte unter dem M. deltoideus erlaubt. Der transdeltoidale Zugangsweg bietet eine bessere Übersicht über den lateralen Humeruskopf und wird daher vor allem bei Frakturen mit Tuberculum majus-Beteiligung angewandt.

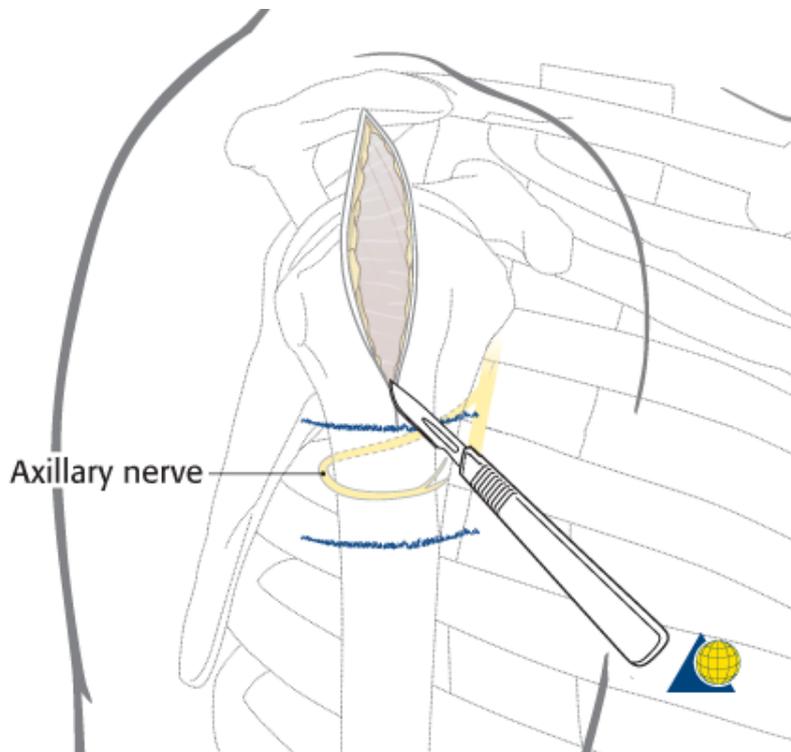


Abb. 5: Schonung des N. axillaris beim transdeltoidalen Zugang.
Copyright by AO Foundation, Switzerland (53). Der N. axillaris läuft in einem Abstand von 5–7 cm distal des Acromions. Dieser Bereich, welcher mit den blauen Linien gekennzeichnet ist, muss zur Schonung des Nervs ausgespart werden.

Beim deltoideopektoralen Zugang wird die Hautinzision auf einer Länge von 12–14 cm vom Processus coracoideus zum proximalen Humerusschaft auf Höhe der Axilla durchgeführt (Abb. 4). Bei der Präparation des subkutanen Gewebes wird die V. cephalica dargestellt, um sie im weiteren Operationsverlauf schonen zu können. Die Präparation in die Tiefe wird ca. 1 cm lateral der V. cephalica entlang des Sulcus deltoideopectoralis fortgeführt. Gegebenenfalls ist hierzu zur Schonung der V. cephalica ein Deltoideussplit im Faserverlauf am medialen Rand des M. deltoideus notwendig. Die Eröffnung der Fascia clavipectoralis erfolgt lateral entlang der Sehne des M. coracobrachialis sowie der kurzen Bizepssehne und kaudal des Ligamentum coracoacromiale. Nun kann der proximale Humerus dargestellt werden. Um dies zu erleichtern, kann durch Abduktion des Armes eine Entspannung des M. deltoideus herbeigeführt werden. (52)

Beim transdeltoidalen Zugang dienen der laterale Rand des Acromions sowie die laterale Seite des proximalen Humerusschaftes als Orientierungspunkte zur Hautinzision. Die Inzision sollte zur Schonung des N. axillaris nur bis max. 5 cm distal des Acromions reichen. Die Spaltung des M. deltoideus wird im mittleren Drittel, also in der Pars acromialis, entlang der Längsfaserung des Muskels durchgeführt. Gegebenenfalls müssen zur Fixation des Plattenschaftes distal weitere Inzisionen erfolgen. Diese sollten mindestens 7 cm distal des Acromions lokalisiert sein, um den typischen Verlauf des N. axillaris auszusparen. (53)

Nun wird die Fraktur unter Sicht reponiert und gegebenenfalls mit Kirschnerdrähten temporär fixiert. Hierbei sollte eine Verschiebung am medialen Kopf-Schaft-Übergang durch ein Abrutschen des Kopfes während des Repositionsvorganges vermieden werden, da hier versorgende Blutgefäße einstrahlen. Um die Reposition der Tubercula zu erleichtern, können Nähte im Bereich der Ansätze des M. subscapularis, M. infraspinatus und M. supraspinatus gesetzt werden. Die Fäden können nach erfolgter Reposition zur Stabilisierung an den proximalen Nahtlöchern der Platte fixiert werden. Hierdurch werden die Kräfte der Rotatorenmanschette über den proximalen Plattenanteil zum Humerusschaft weitergeleitet und somit einer sekundären Dislokation der Tubercula durch den Muskelzug bei der frühen Beübung des Armes entgegengewirkt. Sind beide Tubercula disloziert, können diese nach der Reposition mit einer spitzen Repositionszange gegeneinandergedrückt werden, um ein Absinken des Kopfes zu verhindern. (52)

Beim Einbringen der Platte sollte der proximale löffelförmige Plattenanteil knapp lateral bzw. dorsal des Sulcus intertubercularis unmittelbar auf dem Tuberculum majus zu liegen kommen. Zur Orientierung der Rotation des Schaftes dient der gerade Verlauf der langen Bizepssehne. Durch eine Abduktion und leichte Innenrotation des Armes sowie durch das Einbringen eines Hohmann-Hebels am Schaft wird die Schaftreposition erleichtert. (52)

Zur Erleichterung der korrekten Platzierung der Platte und leichteren Bohrung sowie Platzierung der Schrauben im Humeruskopf kann ein Zielgerät verwendet werden. Dieses wird vor dem Einlegen der Platte an dieser montiert. Durch ein proximales Führungsloch im Zielgerät kann ein Kirschnerdraht eingebracht werden, um die korrekte Plattenlage zu prüfen und somit eine zu proximale Plattenlage mit einem implantatbedingten Impingementsyndrom zu vermeiden. Der Kirschnerdraht verläuft bei optimaler kraniokaudaler Platzierung der Platte direkt kranial des Tuberculum majus und zielt auf die proximale Gelenkfläche (Abb. 6). (52)

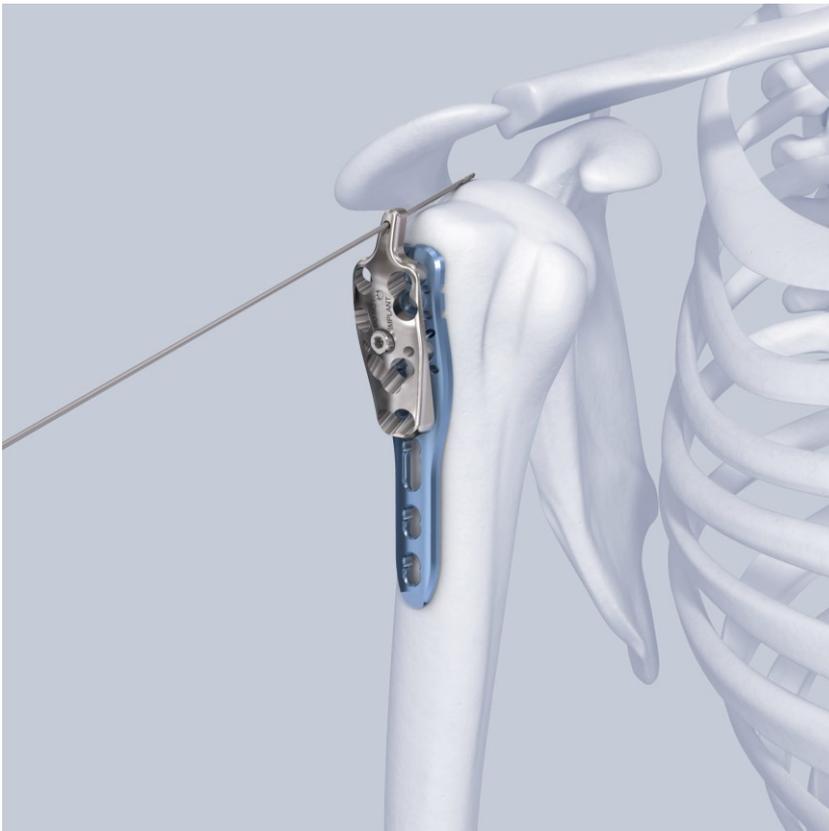


Abb. 6: Kraniokaudale Platzierung der Platte mit Zielgerät und K-Draht. Mit freundlicher Genehmigung von Johnson & Johnson Medical, Geschäftsbereich DePuy Synthes (51).

Nun wird eine Zugschraube in das Plattenlangloch im Schaftbereich eingebracht. Hierbei wird der Humeruskopf durch die Form der Platte in die anatomische Position zum Humerusschaft gebracht. Das Repositionsergebnis und die Plattenlage werden durch eine Bildwandlerkontrolle in zwei Ebenen überprüft. Diese sollte im anterior-posterioren Strahlengang mit frei projiziertem glenohumeralen Gelenkspalt („true“-a.p.-Aufnahme) und im axialen bzw. lateromedialen Strahlengang erfolgen. Hierbei ist vor allem auf eine zu proximale Plattenlage zu achten, welche mit dem Risiko eines implantatbedingten Impingementsyndroms unter dem Acromion einhergeht.

Bei zufriedenstellendem Ergebnis werden die Bohrlöcher für die proximalen Verriegelungsschrauben mit einem Spiralbohrer von 2,8 mm Durchmesser bis 5–8 mm unterhalb der Gelenkfläche gebohrt. Dabei können entsprechende Steckbuchsen auf das Zielgerät montiert werden, welche die korrekte Bohrung und Platzierung der Schrauben im Humeruskopf erleichtern (Abb. 7).

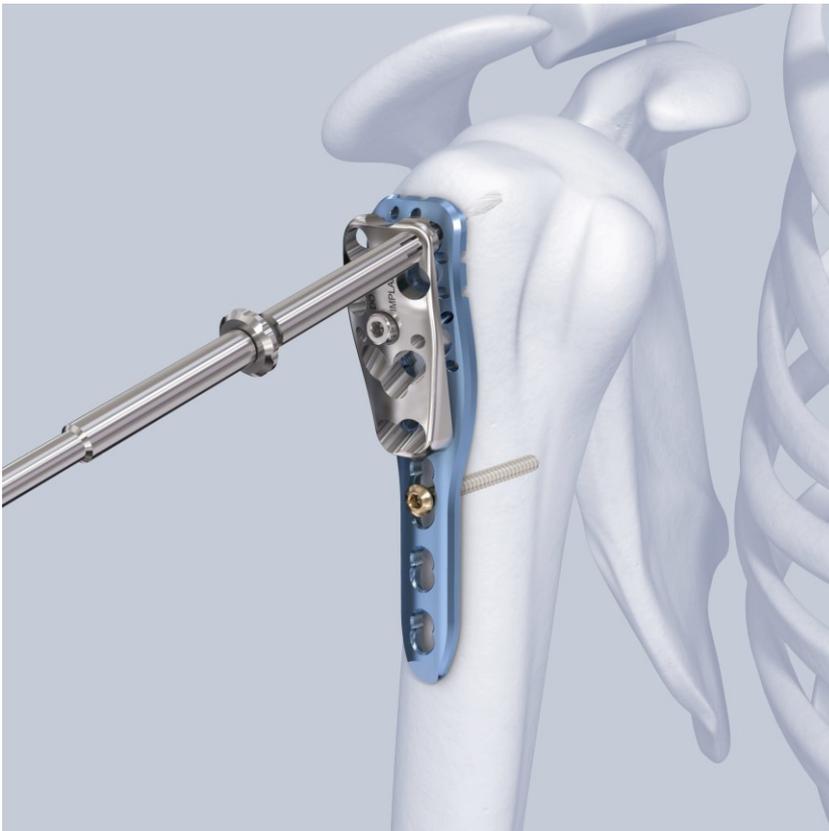


Abb. 7: PHILOS™ Platte mit Zielgerät und Bohrbüchse.
*Mit freundlicher Genehmigung von Johnson & Johnson
Medical, Geschäftsbereich DePuy Synthes (51).*

Nach Entfernung der Bohrbüchse können die LCP Verriegelungsschrauben in der zuvor bestimmten Länge in die vorgebohrten Löcher eingebracht werden. Hierzu sollte ein Drehmomentbegrenzer von 1,5 Nm verwendet werden, um eine Kaltverschweißung des Schraubenkopfes mit der Platte zu verhindern. Um die ideale Position der Schraube in der Platte zu gewährleisten, kann eine Außenhülse auf dem Zielgerät aufgesetzt werden. Zur Überprüfung der subchondralen Lage der Schrauben und zum Ausschluss einer intraartikulären Schraubenlage sollten Aufnahmen mit dem Bildwandler in der anterior-posterioren Ebene in Innen- und Außenrotationsstellung sowie in der axialen Ebene erfolgen. Insgesamt sollten zur Befestigung der Platte mindestens 4 proximale Schrauben mit einem Durchmesser von 3,5 mm eingebracht werden. Bei schlechter Knochenqualität sollten alle proximalen Schraubenlöcher der Platte mit winkelstabilen Schrauben besetzt werden, um eine ausreichende Stabilität des Konstruktes im osteoporotischen Knochen sicherzustellen. Anschließend werden nun die Schaftschrauben eingebracht, wobei beide Kortikalis im proximalen Humerusschaft durchbohrt werden sollten. Hierzu können Verriegelungs- oder Kortikalisschrauben verwendet werden.

Zur Abschlusskontrolle sollte der Arm durchbewegt werden, um Bewegungslimitationen durch das Material auszuschließen. Es erfolgt die Kontrolle und Dokumentation des Osteosynthese-Ergebnisses mit einem Bildwandler im anterior-posterioren und axialen bzw. lateromedialen Strahlengang. (52)

Das Operationsgebiet wird ausgiebig gespült und gegebenenfalls eine Redon-Drainage an das Plattenlager eingelegt. Es folgt der schichtweise Wundverschluss und die Anlage eines sterilen Kompressionsverbandes sowie einer Gilchrist-Schlinge zur kurzfristigen Immobilisation.

1.5.3 Nachbehandlung

Innerhalb der ersten sechs Wochen postoperativ sollte der Arm zwar nicht belastet aber beübt werden. Es sollte eine passive und aktive Beübung des Armes unter physiotherapeutischer Anleitung erfolgen. Lokale Kälteanwendungen und Lymphdrainage können als abschwellende Maßnahme und zur Schmerzlinderung unterstützend eingesetzt werden. Nach einer Röntgenkontrolle in der sechsten postoperativen Woche kann die Belastung bei regelrechter knöcherner Konsolidierung schrittweise aufgebaut werden.

1.6 Komplikationen der proximalen Humerusfraktur

Zu den allgemeinen und typischen Komplikationen der proximalen Humerusfraktur zählen Nervenschäden des N. axillaris und N. musculocutaneus sowie Gefäßverletzungen (10,54). Bei Verletzungen der Aa. circumflexae humeri anterior et posterior kann es im Verlauf durch die verminderte Blutversorgung zur Ausbildung einer sekundären posttraumatischen partiellen oder den gesamten Humeruskopf betreffenden Nekrose kommen (10,29,55). Von dieser gefürchteten Komplikation sind insbesondere Mehrfragmentfrakturen betroffen. Die Verformung des Humeruskopfes kann zu Einschränkungen der Beweglichkeit sowie Schmerzen führen. Sowohl bei der konservativen als auch operativen Therapie ist zudem die Ausbildung einer Pseudarthrose durch einen gestörten knöchernen Heilungsprozess möglich (10,29,55).

Eine weitere häufige Komplikation nach einer proximalen Humerusfraktur ist eine verbleibende Bewegungseinschränkung der Schulter (29,55). Das Schultergelenk ist ein überwiegend muskulär stabilisiertes und geführtes Gelenk, wobei die knöchernen Anteile sowie die Muskulatur inklusive der Rotatorenmanschette eine funktionelle Einheit bilden. Bereits durch eine traumatisch bedingte Verletzung einer Komponente kann es zu erheblichen Funktionseinschränkungen des Schultergelenkes kommen. Somit korreliert die posttraumatisch resultierende Funktionalität der Schulter nicht unbedingt mit dem Ergebnis der Frakturreposition (56). Daher müssen bei einer persistierenden posttraumatischen Bewegungseinschränkung immer verschiedene Ursachen, die häufig auch gleichzeitig vorliegen, in Betracht gezogen werden: Die posttraumatische Bewegungseinschränkung kann durch den unfallbedingten oder operativ bedingten Weichteilschaden und der reaktiven Ausbildung einer Fibrose verursacht sein (36). Oftmals liegt auch eine begleitende Ruptur der Rotatorenmanschette vor (10). Bei längerer Immobilisation kommt es zusätzlich zum Abbau der Muskulatur und zur Schrumpfung der Gelenkkapsel, was nur durch eine adäquate postoperative Beübung verhindert werden kann. Knöcherne Fehlstellungen, insbesondere der Tubercula majus et minus als Insertionsstellen der Muskulatur, können zur Verlagerung der Kraftvektoren und somit zu Bewegungs- und Kräfteinschränkungen im Schultergelenk führen.

Ebenso tritt häufig eine posttraumatische Impingementsymptomatik unter dem Schulterdach auf (10,29,55). Diese kann durch eine Schwellung und Bindegewebsvermehrung in Folge der erlittenen Verletzung entstehen. Aber auch eine fehlerhafte Reposition oder sekundäre Frakturdislokation sowie eine zu proximale Plattenlage bei der Osteosynthese können hierfür verantwortlich sein.

Im Rahmen der konservativen Therapie ist vor allem eine Ausheilung der Fraktur in Fehlstellung gefürchtet (29). Hierfür kann eine unzureichende Reposition oder eine sekundäre Dislokation der Fraktur ursächlich sein, die oftmals zusätzlich mit einem hohen Knochensubstanzverlust einhergeht. Vor allem eine verbliebene Fehlstellung des Tuberculum majus geht oftmals mit einer Impingement-Symptomatik unter dem Schulterdach einher. Allerdings können trotz knöcherner Heilung in erheblicher Fehlstellung zum Teil noch gute funktionelle Ergebnisse erzielt werden. Langfristig begünstigt eine knöcherne Fehlstellung aber auch die Entstehung einer Omarthrose.

Des Weiteren sollten bei der konservativen Therapie die Folgen der längeren Ruhigstellung der oberen Extremität im Vergleich zu operativ versorgten Frakturen nicht vernachlässigt werden. Durch die eingeschränkte Übungsstabilität bei der konservativen Therapie bzw. nach einer geschlossenen Reposition ohne nachfolgende Osteosynthese ist häufig eine passagere Ruhigstellung oder Einschränkung des erlaubten Bewegungsausmaßes der Extremität zur Vermeidung einer sekundären Dislokation und knöchernen Heilungsstörung notwendig, wodurch es zum Abbau der Muskulatur und zur Schrumpfung der Gelenkkapsel kommen kann.

Im Rahmen von operativen Eingriffen kann es zu einem iatrogen verursachten Weichteilschaden kommen, der mit einer entsprechenden Vernarbung einhergeht. Auch Wundheilungsstörungen sind zu befürchten, die unter anderem durch Begleiterkrankungen und Nikotinkonsum begünstigt werden. Bei einer Operation besteht immer die Gefahr einer Nachblutung und Hämatombildung. Hierbei sollte vor allem beim deltoideopektoralen Zugang auf die Schonung der V. cephalica geachtet werden, welche das Operationsgebiet kreuzt. Beim transdeltoidalen Zugang sollte die Gefahr einer N. axillaris-Läsion berücksichtigt werden. Ebenso besteht das allgemeine Risiko einer Infektion, die zu einem Gelenkempyem und einer Osteitis führen kann (10,55).

Bei der osteosynthetischen Versorgung muss auch an Implantat-assoziierte Komplikationen gedacht werden (10,55,57): Neben der Implantatdislokation oder -fehlage kann auch ein Implantatversagen auftreten. Vor allem im Rahmen einer Humeruskopfnekrose besteht das Risiko für einen Repositionsverlust und dadurch bedingte Schraubenperforationen in das Schultergelenk. Durch das *Cutting-Out* der Schrauben kann es zu einer Schädigung der Gelenkfläche des Humeruskopfes oder des Glenoids kommen. Auch die eher selten auftretenden allergischen Reaktionen auf Implantate sollten nicht außer Acht gelassen werden (58).

1.7 Ziele der Arbeit

Im Rahmen dieser Arbeit soll überprüft werden, ob ein möglicher Zusammenhang zwischen der Schwere der proximalen Humerusfraktur und den postoperativ erzielten Ergebnissen nach winkelstabiler Plattenosteosynthese vorliegt.

Hierzu wurden Patienten mit schweren Frakturtypen und Patienten mit einfachen Frakturtypen, die allesamt mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese operativ versorgt wurden, im Rahmen einer prospektiven Studie miteinander verglichen. Dabei wurden die funktionellen Ergebnisse, die postoperative Lebensqualität sowie aufgetretene Komplikationen beider Gruppen erfasst.

Zusätzlich wurde zur einfacheren klinischen Einteilung der proximalen Humerusfraktur eine eigene Frakturklassifikation entwickelt.

Folgende Fragestellungen wurden untersucht:

- Erreichen Patienten mit einfachen Frakturtypen nach einer winkelstabilen Plattenosteosynthese bessere funktionelle Ergebnisse als Patienten mit schweren Frakturtypen?
- Haben Patienten mit einfachen Frakturtypen nach einer winkelstabilen Plattenosteosynthese eine bessere postoperative Lebensqualität als Patienten mit schweren Frakturtypen?
- Ist die Komplikationsrate bei einer winkelstabilen Plattenosteosynthese einer proximalen Humerusfraktur bei einfachen Frakturtypen geringer als bei schweren Frakturtypen?
- Ist die Inzidenzrate der Humeruskopfnekrose nach einer proximalen Humerusfraktur, welche mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese operativ versorgt wurde, bei einfachen Frakturtypen geringer als bei schweren Frakturtypen?
- Korreliert die eigene Frakturklassifikation mit den postoperativ erzielten klinischen Ergebnissen?

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Die Studie wurde in der Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie des Klinikums Darmstadt durchgeführt. Nach Erhalt des positiven Votums der Ethikkommission der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (Studennummer 5429) wurden alle Patienten, die im Zeitraum von April 2015 bis März 2018 eine proximale Humerusfraktur erlitten und in der hiesigen Klinik innerhalb der ersten sieben Tage nach Unfallereignis mit einer winkelstabilen Platte operativ versorgt wurden, kontaktiert. Zum überwiegenden Anteil erfolgte die erstmalige Kontaktaufnahme hinsichtlich der geplanten Studienteilnahme noch im Rahmen des stationären Aufenthaltes.

Im Rahmen der Probandenselektion wurden als Ausschlusskriterien das nicht-vollendete 18. Lebensjahr, pathologische Frakturen, wie sie im Rahmen von tumorbedingten Osteolysen oder Knochenzysten auftreten können, relevante Begleitverletzungen der betroffenen Extremität, frühere Verletzungen mit vorbestehenden Beeinträchtigungen des Schulterapparates sowie Grunderkrankungen mit erheblichen Funktionseinschränkungen, wie z.B. eine rheumatoide Arthritis, definiert. Des Weiteren galten auch eine bekannte Demenz sowie schwerwiegende psychische Erkrankungen und eine Immobilität des Patienten als Ausschlusskriterien. Da die proximale Humerusfraktur als klassische Indikatorfraktur der Osteoporose gilt (40), stellte diese explizit kein Ausschlusskriterium dar.

Nach ausführlicher Aufklärung und schriftlicher Einwilligung des Patienten in die Studienteilnahme wurden 10–14 Monate nach erfolgtem operativem Eingriff alle Patienten nachuntersucht und der (normalisierte) Constant-Score sowie der Oxford-Score erhoben.

Neben dem Geschlecht und dem Alter des Patienten zum Zeitpunkt des Unfallereignisses wurde eine vorbekannte Osteoporose erfasst. Des Weiteren wurde der Unfallhergang erfragt und die dominante Hand des Patienten vermerkt.

Die Klassifikation der Fraktur erfolgte anhand der präoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen im anterior-posterioren und tangentialen Strahlengang (Y-Aufnahme nach Neer) sowie, falls vorliegend, anhand präoperativ angefertigter CT-Aufnahmen und dem Operationsbericht. Um mögliche Komplikationen, wie eine Humeruskopfnekrose, zu detektieren, wurden alle postoperativen radiologischen Verlaufskontrollen, welche bis zur sicheren knöchernen Konsolidierung angefertigt wurden, zur Beurteilung herangezogen.

2.2 Frakturklassifikationen

2.2.1 Neer-Klassifikation

Die Klassifikation der proximalen Humerusfraktur nach Neer (42) berücksichtigt die Anzahl der Frakturfragmente sowie deren Dislokation. Sie basiert auf der Beobachtung von Codman et al. (59), dass die Frakturlinien in der Regel zwischen vier Hauptfragmenten verlaufen. Zu diesen zählen der Humeruskopf, das Tuberculum majus, das Tuberculum minus und der Humerusschaft. Nach Neer (42) gilt eine Fraktur dann als disloziert, wenn ein Fragment über 45° abgekippt oder um über 1 cm verschoben ist. Anhand dieser Kriterien und der Anzahl der dislozierten Fragmente werden nicht-dislozierte Ein-Teile-Frakturen (Typ I) sowie dislozierte Zwei-, Drei- und Vier-Teile-Frakturen unterschieden. Die weitere Klassifikation der dislozierten Frakturen erfolgt unter Berücksichtigung der betroffenen Segmente sowie möglicherweise vorliegenden Luxationen und Begleitverletzungen (Abb. 8): Der Typ II umfasst Zwei-Teile-Frakturen am anatomischen Hals und der Typ III beschreibt hingegen Zwei-Teile-Frakturen am chirurgischen Hals. Bei den Typ IV-Frakturen ist das Tuberculum majus das Hauptfragment, während bei den Typ V-Frakturen das Tuberculum minus das Hauptfragment bildet. Der Typ VI umfasst sämtliche Luxations- und *Head-Split*-Frakturen sowie Frakturen mit Hill-Sachs-Läsionen. Eine Sonderform stellt die impaktierte, valgische Vier-Teile-Fraktur dar, die aufgrund der Annahme, dass das mediale Periost möglicherweise nicht verletzt ist und somit die Blutversorgung nicht beeinträchtigt ist, mit niedrigeren Komplikationsraten einhergehen soll als andere Vier-Teile-Frakturen (60).

Zur weiteren Auswertung wurden in dieser Untersuchung Ein- und Zwei-Teile-Frakturen als einfache Frakturtypen sowie Drei- und Vier-Teile-Frakturen als schwere Frakturtypen jeweils in einer Gruppe zusammengefasst.

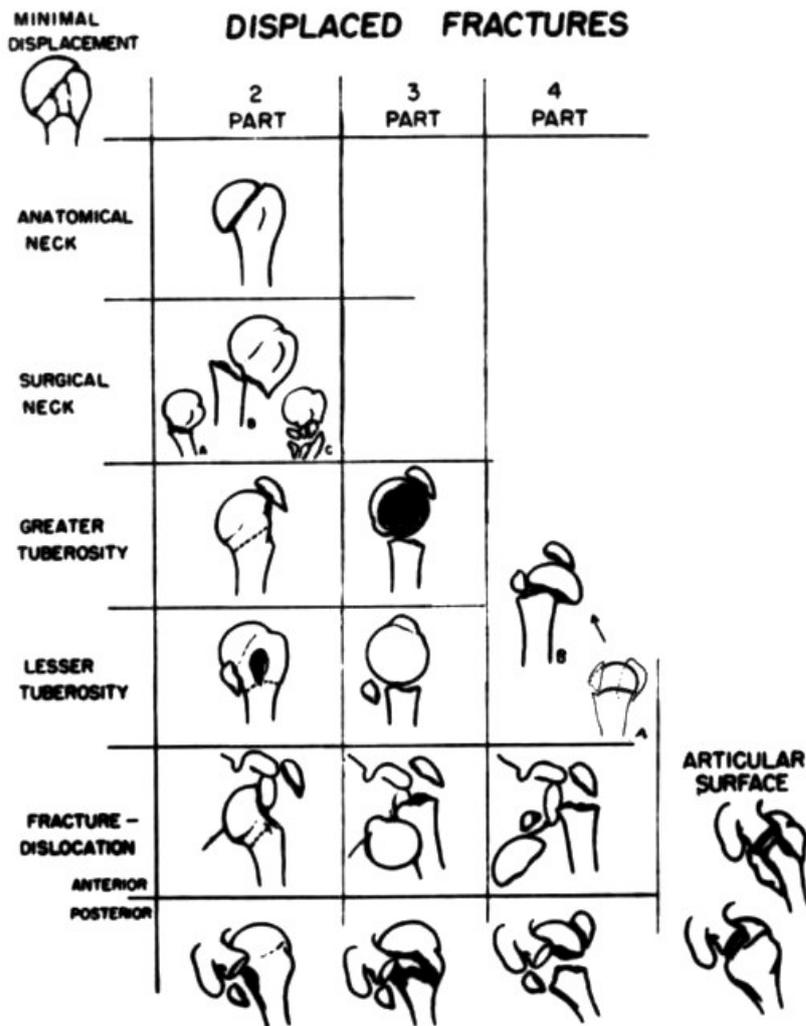


Abb. 8: Frakturklassifikation nach Neer. (60)

2.2.2 AO-Klassifikation

Die von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) entwickelte Fraktуреinteilung ermöglicht eine standardisierte Klassifikation verschiedenster Frakturen. Mit der ersten Ziffer wird der betroffene Knochen genannt, wobei der Humerus in der AO-Klassifikation die Ziffer 1 besitzt. Die nachfolgende zweite Ziffer beschreibt die genaue Lokalisation der Fraktur, so steht z.B. 11 für den proximalen Humerus, 12 für den Humerusschaft und 13 für den distalen Humerus. Die Frakturgrade werden unabhängig des Dislokationsgrades in die drei Hauptgruppen A, B und C unterschieden (Abb. 9). Der Schweregrad der Fraktur nimmt in alphabetischer Reihenfolge zu und geht mit einer zunehmend schlechteren Prognose einher. Im Fall der proximalen Humerusfraktur zählen alle extraartikulären, unifokalen Zwei-Teile-Frakturen zu der Gruppe 11A und alle extraartikulären, bifokalen Drei-Teile-Frakturen zu der Gruppe 11B. Die Gruppe 11C hingegen beinhaltet alle Vier-Teile-Frakturen sowie Frakturen mit intraartikulärem Verlauf und umfasst somit auch die isolierte Zwei-Teile-Fraktur am Collum

anatomicum (61). Eine detailliertere Beschreibung der Frakturmorphologie wird durch weitere Untergruppen ermöglicht.

Zur weiteren Auswertung wurden die Typ A- und Typ B-Frakturen als einfache Frakturtypen sowie die Typ C-Frakturen als schwere Frakturtypen zusammengefasst.

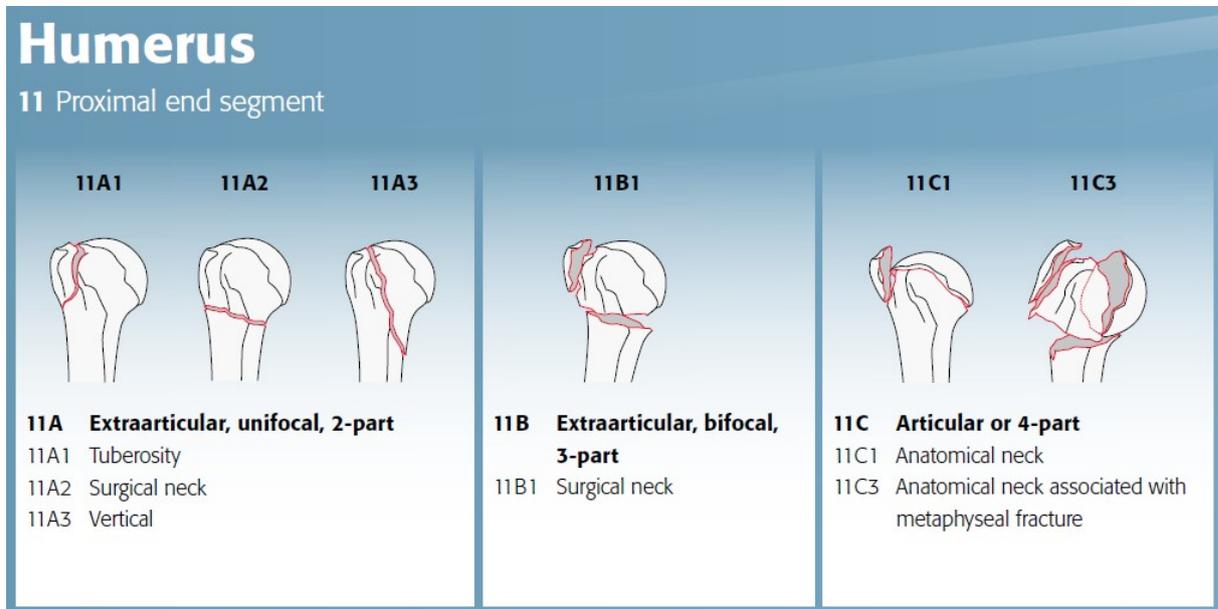


Abb. 9: Hauptgruppen der AO-Klassifikation der proximalen Humerusfraktur.
Copyright by AO Foundation, Switzerland (62).

2.2.3 Eigene Klassifikation

Des Weiteren erfolgte die Einteilung der Frakturen zur leichteren klinischen Beurteilung in zwei selbst definierte Gruppen nach vaskularitäts- und stabilitätsbezogenen Gesichtspunkten in Anlehnung an die Beobachtungen von Hertel et al. (43). Unterschieden wurden schwere, komplikationsträchtige Frakturtypen von einfachen, komplikationsarmen Frakturtypen. Kriterien für eine schwere Fraktur stellten eine durchgehende Frakturlinie durch das Collum anatomicum, eine varische Abkippung der Fraktur von über 20° sowie eine glenohumerale Luxation dar. Bereits das Vorliegen eines der Kriterien war zur Einteilung als schwere Faktur ausreichend. Alle anderen Frakturformen wurden in der Gruppe der einfachen Frakturen zusammengefasst.

2.3 Bewertungssysteme

2.3.1 Constant-Score

Der Constant-Score wurde 1978 entwickelt, um die Funktion der Schulter, unabhängig von der Ursache einer möglichen Funktionseinschränkung, zu beurteilen (63). Hierbei fließen subjektive Parameter, wie Schmerz, Einschränkungen bei Alltagsaktivitäten und die schmerzlose Handreichweite mit max. 35 Punkten sowie die objektive Beurteilung von Bewegungsumfang und Kraft mit max. 65 Punkten ein. Insgesamt können somit höchstens 100 Punkte erzielt werden (Tabelle 1). Anhand der erreichten Punktzahl kann eine Gesamtwertung in sehr gut (≥ 86 Punkte), gut (85–71 Punkte), befriedigend (70–56 Punkte) und schlecht (≤ 55 Punkte) erfolgen (64–66).

Im Rahmen der Nachuntersuchungen erfolgte die Messung des Bewegungsumfanges mit einem Goniometer. Zur Ermittlung der Kraft wurde der Arm des Patienten in 90° Abduktion und 30° Anteversion mit proniertem Unterarm positioniert und eine Waage am Handgelenk fixiert. Der Patient wurde nun aufgefordert, eine Elevation des Armes gegen den Widerstand der Waage durchzuführen. Es wurde das maximale Gewicht in kg gemessen, welches schmerzfrei für mindestens drei Sekunden am Stück gehalten werden konnte. Die Messung wurde dreimal wiederholt und das höchsterzielte Ergebnis wurde zur Berechnung des Constant-Scores herangezogen. Als Messinstrument diente die Handwaage der Marke Burg-Wächter® Modell TARA PS 7600. Der Haltegriff wurde durch eine Schlaufe aus zugfestem Material ersetzt, welche um das Handgelenk des Patienten gelegt wurde (Abb. 10). Am Messhaken wurde ebenso ein zugfestes Band montiert, welches in einem Winkel von 90° am Boden fixiert wurde.

Kategorie	Maximale Punktzahl
Schmerz	15
Alltagsaktivitäten	10
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsfähigkeit • Freizeit/Sport • Schlaf 	<p style="margin-left: 20px;">4</p> <p style="margin-left: 20px;">4</p> <p style="margin-left: 20px;">2</p>
Handreichweite	10
<ul style="list-style-type: none"> • Gürtellinie • Xiphoid • Hals • Scheitel • Über den Kopf hinaus 	<p style="margin-left: 20px;">2</p>
Bewegungsumfang	40
<ul style="list-style-type: none"> • Flexion • Abduktion • Innenrotation • Außenrotation 	<p style="margin-left: 20px;">10</p> <p style="margin-left: 20px;">10</p> <p style="margin-left: 20px;">10</p> <p style="margin-left: 20px;">10</p>
Kraft [0,45 kg = 1 Punkt]	25
Gesamt	100

Tabelle 1: Punkteverteilung im Constant-Score. (63)



Abb. 10: Kraftmessung beim Constant-Score.
Die Waage wurde um das Handgelenk des pronierten Armes gelegt und am Boden in einem Winkel von 90° fixiert.

2.3.2 Normalisierter Constant-Score

Der normalisierte Constant-Score ermöglicht, alters- und geschlechtsspezifische Einflüsse auf das erzielte Ergebnis im Constant-Score zu relativieren. Hierzu wurden von Katolik et al. (67) der Constant-Score bei 441 Probanden ohne bekannte Einschränkungen der Schulter erhoben. Auffällig war der bei den Männern im Vergleich zu den weiblichen Probanden im Durchschnitt deutlich höhere erzielte Gesamtwert sowie der abnehmende durchschnittliche Gesamtwert mit Zunahme des Probandenalters.

Aufgrund dessen veröffentlichten Katolik et al. (67) eine Tabelle mit den alters- und geschlechtsabhängigen durchschnittlich erreichten Gesamtwerten in einer gesunden Population, den sogenannten Normalwerten (Tabelle 2). Diese können, um bessere geschlechts- und altersspezifische Aussagen treffen zu können, zur Normalisierung der ermittelten Constant-Score-Gesamtwerte herangezogen werden.

Die berechneten Werte des normalisierten Constant-Scores werden in der Literatur entweder als Punkt- oder als Prozentwert angegeben.

Der normalisierte Constant-Score wird wie folgt berechnet:

$$\text{Normalisierter Constant-Score} = (\text{ermittelter Score} / \text{Normalwert}) * 100$$

Alter [Jahre]	Männer	Frauen
18–29	95	88
30–39	95	87
40–49	96	86
50–59	94	84
60–69	92	83
≥70	88	81

Tabelle 2: Normalwerte nach Katolik et al. (67)

2.3.3 Oxford-Score

Der sogenannte Oxford-Score ist ein kurzer, validierter und gut reproduzierbarer Fragebogen zur Einschätzung der aktuellen Lebensqualität von Patienten nach therapeutischen Eingriffen bei Schulterpathologien, welcher 2009 überarbeitet und angepasst wurde (68,69). Die 12 Fragen beziehen sich auf die letzten vier Wochen und erfragen neben der Schmerzintensität auch Alltagsaktivitäten, wie Einkaufen, Essen oder das Anziehen von Kleidung. Diese können jeweils mit einer der möglichen 5 Aussagen beantwortet werden. Den 5 Antwortmöglichkeiten ist eine Punktzahl von 0–4 zugeordnet, wobei eine hohe Punktzahl mit einer geringen Einschränkung korreliert (68). Die somit bestmögliche Punktzahl beträgt 48 Punkte.

In dieser Studie erfolgte eine Unterteilung der Gesamtwertung anhand der erreichten Punktzahl in gut (48–37 Punkte), befriedigend (25–36 Punkte) und schlecht (≤ 24 Punkte).

Der ursprünglich von Dawson et al. (69) entwickelte Fragebogen ist in englischer Sprache verfasst. Zur Verwendung im deutschsprachigen Raum wurde von Huber et al. (70) eine validierte, deutsche Fassung veröffentlicht, welche auch unseren Patienten vorgelegt wurde (Tabelle 3).

<p><i>Sehr geehrte/r Patient/in,</i></p> <p><i>vielen Dank für die Teilnahme an dieser Studie. Bitte beantworten Sie die folgenden 12 Fragen in Bezug auf die letzten vier Wochen. Wenn Sie in dieser Zeit manche der unten ausgeführten Tätigkeiten nicht durchgeführt haben, so kreuzen Sie bitte die Antwort an, die Ihrer Meinung nach am ehesten zutreffend ist. Pro Frage bitte nur eine Antwort ankreuzen. Vielen Dank!</i></p>
<p>1. Wie würden Sie den schlimmsten Schmerz in Ihrer Schulter beschreiben?</p> <p><input type="checkbox"/> kein <input type="checkbox"/> leicht <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> untragbar</p>
<p>2. Gab es wegen Ihrer Schulter Probleme beim Anziehen?</p> <p><input type="checkbox"/> gar keine <input type="checkbox"/> leichte Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mäßige Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> extreme Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> unmöglich</p>
<p>3. Hatten Sie aufgrund Ihrer Schulter Schwierigkeiten ins Auto ein- oder aussteigen oder öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen? (Je nachdem welches Transportmittel Sie benutzen)</p> <p><input type="checkbox"/> gar keine <input type="checkbox"/> sehr leichte Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mäßige Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> extreme Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> unmöglich</p>
<p>4. Konnten Sie Messer und Gabel gleichzeitig verwenden?</p> <p><input type="checkbox"/> ja, leicht <input type="checkbox"/> mit leichten Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit mäßigen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit extremen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> unmöglich</p>
<p>5. Konnten Sie Ihre Haushaltseinkäufe selbstständig erledigen?</p> <p><input type="checkbox"/> ja, leicht <input type="checkbox"/> mit leichten Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit mäßigen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit extremen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> unmöglich</p>
<p>6. Konnten Sie ein Tablett mit einem Teller Essen durch das Zimmer tragen?</p> <p><input type="checkbox"/> ja, leicht <input type="checkbox"/> mit leichten Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit mäßigen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit extremen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> unmöglich</p>

7. Konnten Sie Ihr Haar mit dem betroffenen Arm kämmen?
<input type="checkbox"/> ja, leicht <input type="checkbox"/> mit leichten Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit mäßigen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit extremen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> unmöglich
8. Wie würden Sie den Schmerz beschreiben, den Sie gewöhnlich in Ihrer Schulter hatten?
<input type="checkbox"/> kein <input type="checkbox"/> sehr leicht <input type="checkbox"/> leicht <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark
9. Konnten Sie Ihre Kleider mit Ihrem betroffenen Arm in einer Garderobe aufhängen?
<input type="checkbox"/> ja, leicht <input type="checkbox"/> mit leichten Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit mäßigen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit großen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> unmöglich
10. Konnten Sie sich selbst unter beiden Armen waschen und abtrocknen?
<input type="checkbox"/> ja, leicht <input type="checkbox"/> mit leichten Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit mäßigen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit großen Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> unmöglich
11. Wie sehr hat Ihr Schulterschmerz Ihre tägliche Arbeit behindert? (Hausarbeit mit eingeschlossen)
<input type="checkbox"/> gar nicht <input type="checkbox"/> ein wenig <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> extrem
12. Wurden Sie nachts im Bett von Schmerzen in der Schulter geplagt?
<input type="checkbox"/> nie <input type="checkbox"/> nur 1 oder 2 Nächte <input type="checkbox"/> einige Nächte <input type="checkbox"/> die meisten Nächte <input type="checkbox"/> jede Nacht

Tabelle 3: Deutsche Fassung des Oxford-Fragebogens nach Huber et al. (70)

2.4 Statistik

Die Erfassung der erhobenen Daten erfolgte mit Microsoft® Excel® 2016 Version 1907. Die Daten wurden zusätzlich mit IBM® SPSS® Statistics Version 25 ausgewertet. Mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests wurde auf eine Normalverteilung der Werte geprüft. Da keine Normalverteilung der Werte vorlag, wurde bei ordinalen Daten zur Testung auf signifikante Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Gruppen der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Bei nominalen Daten wurde zur Signifikanztestung der Exakte Test nach Fisher verwendet. Das Signifikanzniveau wurde für alle Tests auf $p=0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

3.1 Demographische Daten

Im Zeitraum von April 2015 bis März 2018 wurden in der Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie des Klinikums Darmstadt 276 Patienten mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese bei einer proximalen Humerusfraktur operativ versorgt. Hiervon erfüllten 20 (7 %) Patienten nicht die Einschlusskriterien. Des Weiteren lagen bei 104 (38 %) Patienten Ausschlusskriterien vor (Abb. 11). Nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien kamen somit 152 (55 %) Patienten zur Studienteilnahme in Frage.

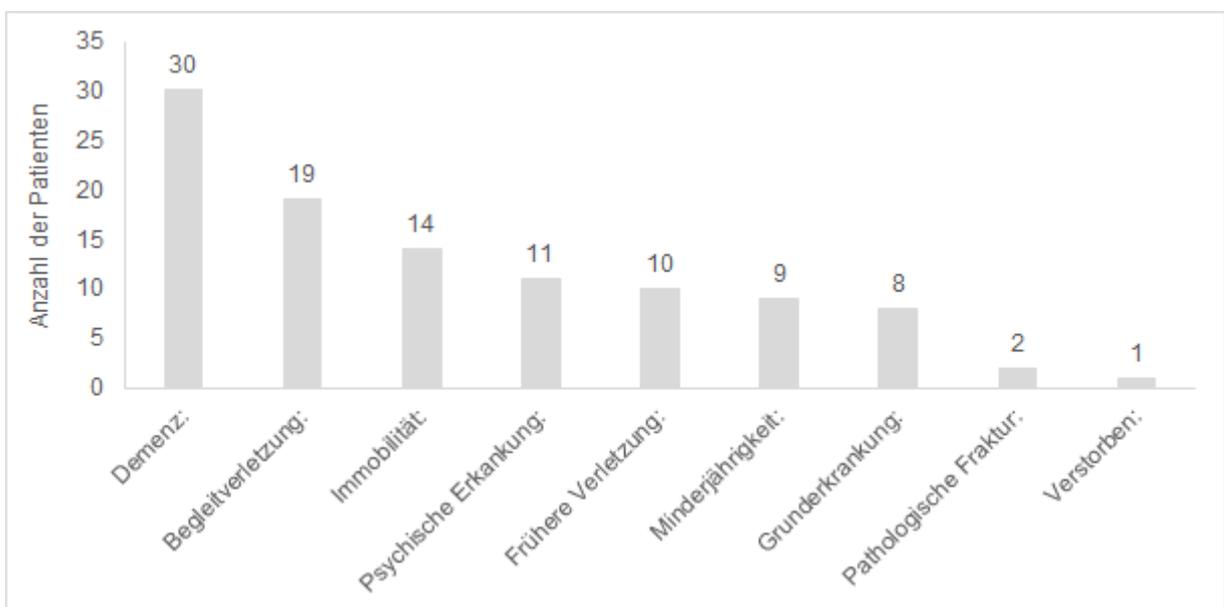


Abb. 11: Verteilung der Ausschlusskriterien.

Insgesamt konnten 72 (47 %) der 152 Patienten in die Studie eingeschlossen werden. 25 (17 %) Patienten hatten kein Interesse an einer Studienteilnahme, 52 (34 %) konnten im Verlauf nicht mehr kontaktiert werden und 3 (2 %) Patienten waren im Nachbeobachtungszeitraum verzogen. Die Nachuntersuchung erfolgte durchschnittlich 12 ± 1 Monate nach der operativen Versorgung.

Von den 72 in die Studie eingeschlossenen Patienten waren 22 (31 %) männlichen und 50 (69 %) weiblichen Geschlechts. Somit entsprach das Geschlechterverhältnis in etwa 1:2. Der Altersdurchschnitt bei Frakturereignis lag bei 65 ± 12 Jahren. 53 (74 %) der Patienten waren mindestens 60 Jahre alt (Abb. 12). Das Durchschnittsalter der Frauen lag bei 68 ± 10 Jahren, wobei die jüngste Frau 37 Jahre und die älteste Frau 87 Jahre alt war. Das Durchschnittsalter bei den Männern lag bei 60 ± 15 Jahren. Der jüngste Mann war 30 Jahre und der älteste Mann 82 Jahre alt.

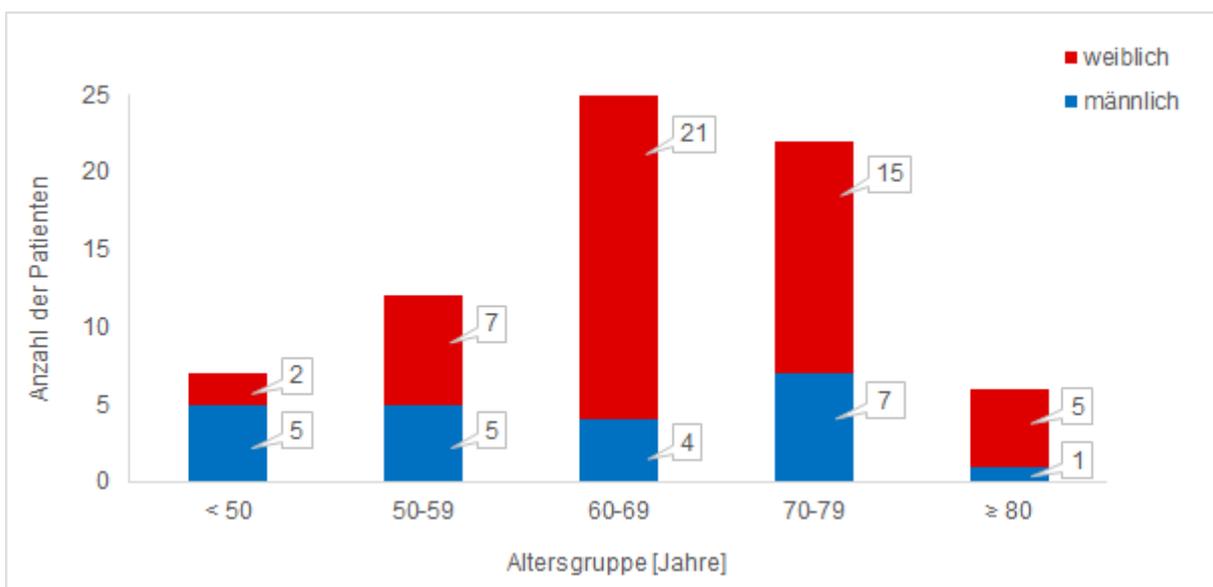


Abb. 12: Altersstruktur im Patientenkollektiv.

Alle Patienten erlitten eine geschlossene Fraktur des proximalen Humerus, offene Frakturen traten nicht auf. Bei 34 (47 %) Patienten war der dominante und bei 38 (53 %) der nicht-dominante Arm betroffen.

Als Unfallmechanismus lag bei 41 (57 %) Patienten ein Niedrigrasanztrauma vor, wovon 28 (39 %) im häuslichen Umfeld stürzten (Tabelle 4). Des Weiteren erlitten 10 (14 %) Patienten einen außerhäuslichen Stolpersturz, 2 (3 %) Patienten stürzten aufgrund von Glätteis und ein (1 %) Patient zog sich die Fraktur bei einem Sturz während eines stationären Krankenhausaufenthaltes zu.

Ein Hochrasanztrauma erlitten hingegen 31 (43 %) Patienten: 18 (25 %) Patienten zogen sich die Fraktur im Rahmen eines Zweiradunfalls zu, 8 Patienten (11 %) verletzten sich beim Sport, 4 (6 %) Patienten erlitten die Fraktur bei einem Arbeitsunfall und ein (1 %) Patient stürzte eine Treppe hinunter.

Sturzursache	Anzahl	Prozentualer Anteil	Durchschnittliches Patientenalter [Jahre]
Niedrigrasanztrauma	41	57 %	72
➤ <i>Häuslicher Sturz aus dem Stand</i>	28	39 %	72
➤ <i>Außerhäuslicher Stolpersturz</i>	10	14 %	71
➤ <i>Sturz im Krankenhaus</i>	1	1 %	78
➤ <i>Glatteis</i>	2	3 %	61
Hochrasanztrauma	31	43 %	57
➤ <i>Zweirad</i>	18	25 %	59
➤ <i>Sport</i>	8	11 %	57
➤ <i>Arbeit</i>	4	6 %	49
➤ <i>Treppe</i>	1	1 %	62

Tabelle 4: Unfallmechanismen im Patientenkollektiv.

Da eine verminderte Knochendichte im Rahmen der Osteoporose eine große Rolle in der Ätiologie und Versorgung der proximalen Humerusfraktur spielt, wurde eine bereits vor dem Unfallereignis bekannte Osteoporose gesondert abgefragt: Hiervon waren 7 (10 %) Frauen betroffen, während bei keinem Mann aus dem Patientenkollektiv eine Osteoporose vorbekannt war.

3.2 Frakturklassifikationen

Die Frakturen der 72 nachuntersuchten Patienten untergliederten sich nach den Neer-Kriterien in 25 (35 %) Ein-Teile-Frakturen, 14 (19 %) Zwei-Teile-Frakturen, 11 (15 %) Drei-Teile-Frakturen und 22 (31 %) Vier-Teile-Frakturen. Zur weiteren Auswertung wurden Ein- und Zwei-Teile-Frakturen als einfache Frakturtypen sowie Drei- und Vier-Teile-Frakturen als schwere Frakturtypen in je eine Gruppe zusammengefasst (Abb. 13).

Bei den 14 Zwei-Teile-Frakturen verlief die Fraktur in 3 Fällen entlang des Collum anatomicum (Neer-Typ II) und in 7 Fällen entlang des Collum chirurgicum (Neer-Typ III). Außerdem konnten 4 isolierte Tuberculum majus-Frakturen (Neer-Typ IV-2) diagnostiziert werden. Die 11 Drei-Teile-Frakturen untergliederten sich in 10 Frakturen mit Tuberculum majus-Beteiligung (Neer-Typ IV-3) und eine Fraktur mit Tuberculum minus-Abriss, bei welcher das Kopffragment nach posterior luxiert war (Neer Typ VI-3). Bei den Vier-Teile-Frakturen lagen 5 *Head-Split*-Frakturen (Neer-Typ VI-4 *headsplitted*) sowie 4 impaktierte, valgische Frakturen (Neer-Typ V-4 *impacted valgus*) vor (Abb. 14).

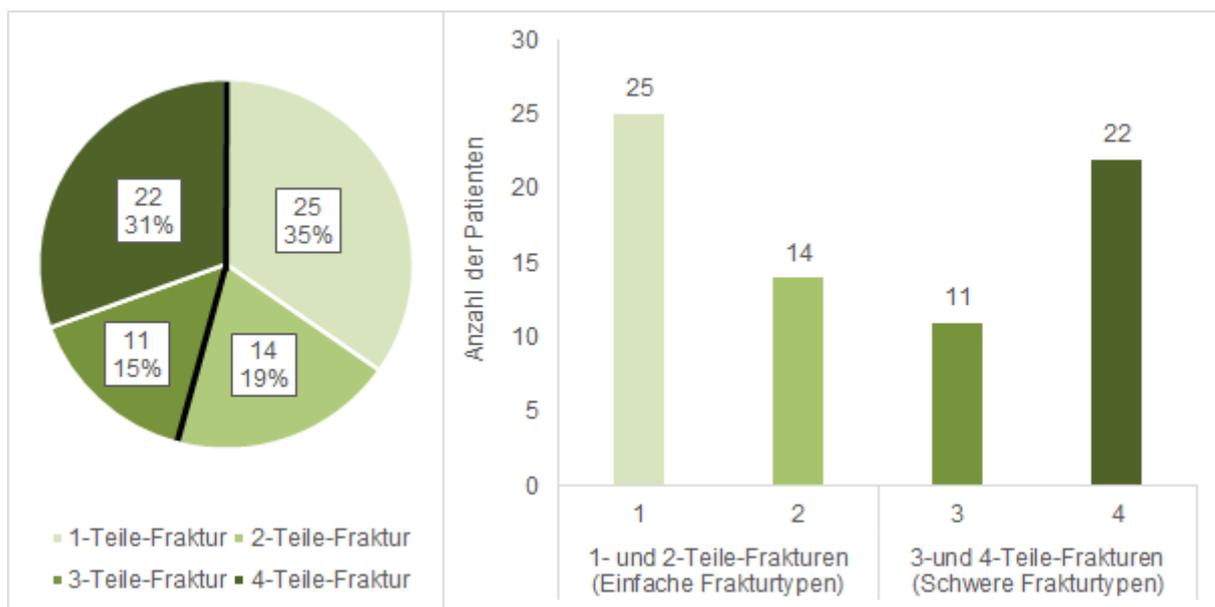


Abb. 13: Einteilung der Frakturen nach der Neer-Klassifikation.

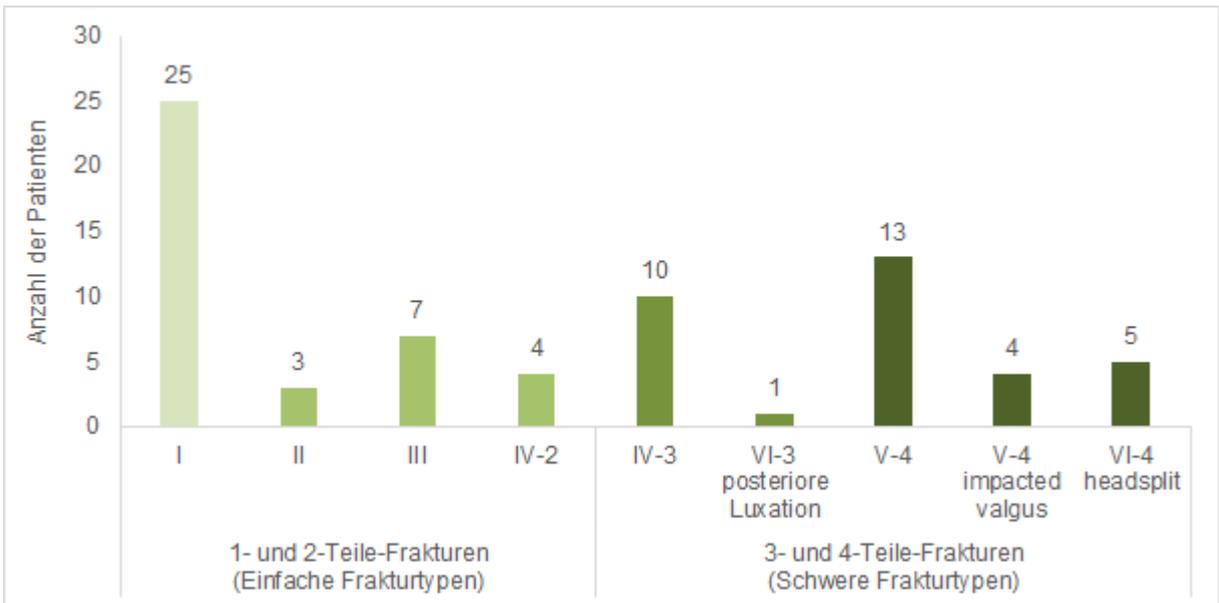


Abb. 14: Einteilung der Frakturen in die Untergruppen nach der Neer-Klassifikation.

Anhand der AO-Klassifikation konnten 13 (18 %) Frakturen dem Typ A, 31 (43 %) Frakturen dem Typ B sowie 28 (39 %) Frakturen dem Typ C zugeordnet werden. Die Gruppe der Typ A-Frakturen untergliederte sich nochmal in fünf 11A1-Frakturen, bei denen eine isolierte Fraktur des Tuberculum majus vorlag, sowie in acht 11A2 Frakturen. In der Gruppe der Typ B-Frakturen handelte es sich ausschließlich um 11B1-Frakturen. Die Gruppe der Typ C-Frakturen setzte sich aus vier 11C1-Frakturen und vierundzwanzig 11C3-Frakturen zusammen (Abb. 15). Zur weiteren Auswertung wurden Typ A- und Typ B-Frakturen als einfache Frakturtypen sowie Typ C-Frakturen als schwere Frakturtypen in je eine Gruppe zusammengefasst.

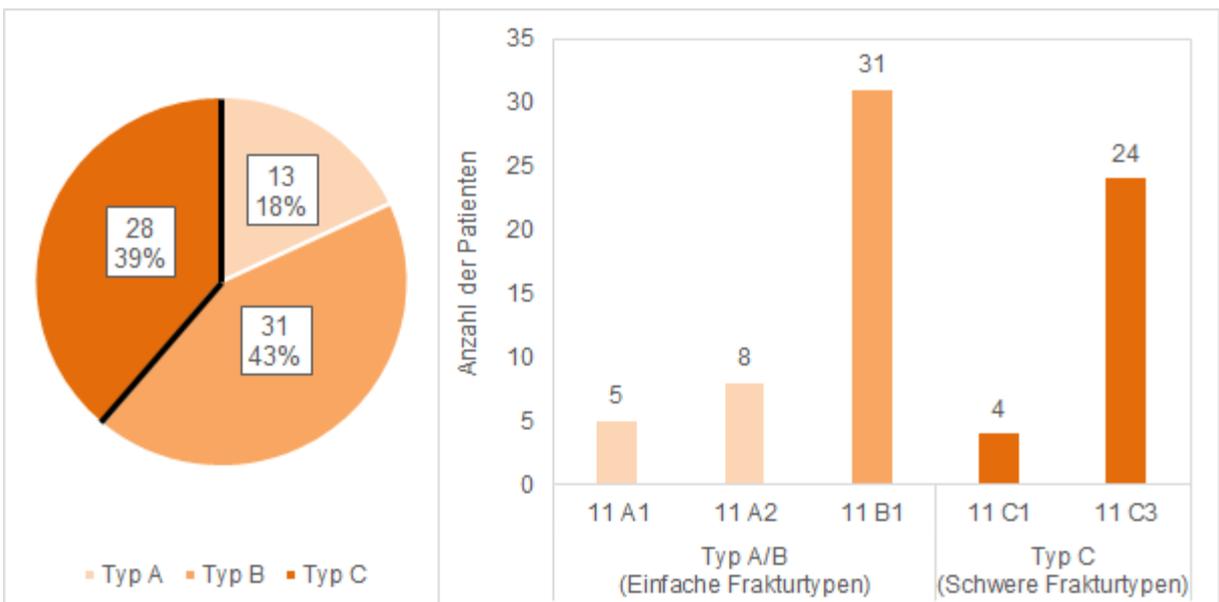


Abb. 15: Einteilung der Frakturen nach der AO-Klassifikation.

Nach den Kriterien der eigenen Klassifikation ergaben sich 36 (50 %) einfache und 36 (50 %) schwere Frakturen (Abb. 16).

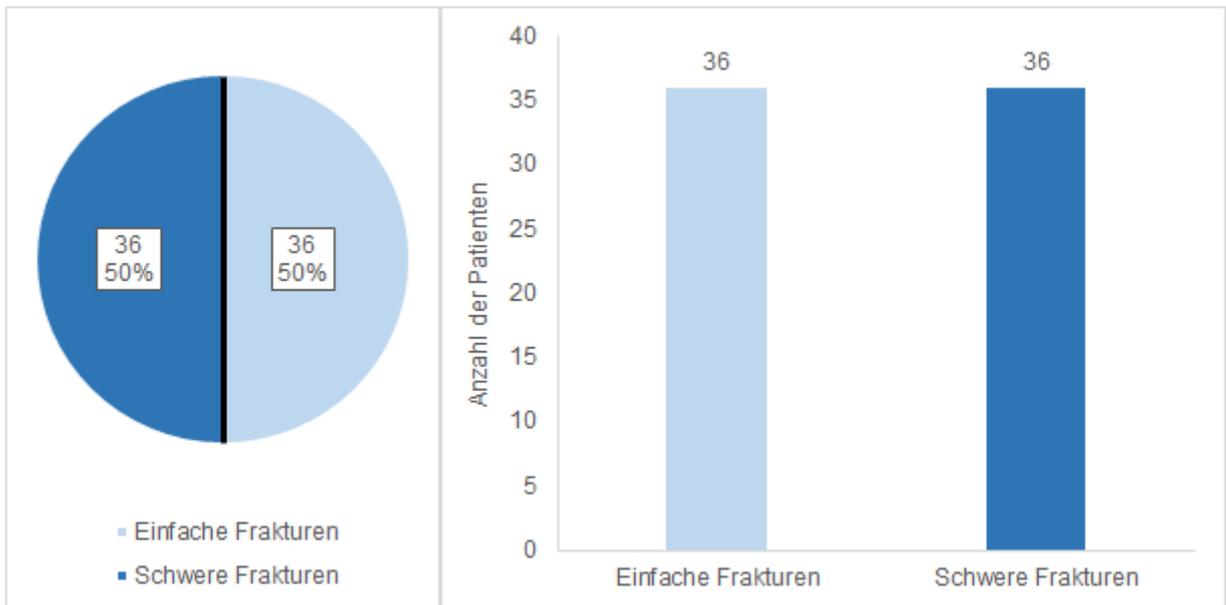


Abb. 16: Einteilung der Frakturen nach der eigenen Klassifikation.

3.3 Constant-Score

3.3.1 Gesamtergebnis

Zur Beurteilung der postoperativen Funktionalität der betroffenen Schulter wurde im Rahmen der Nachuntersuchung der Constant-Score erhoben. Die 72 nachuntersuchten Patienten erzielten hierbei im Durchschnitt 67 ± 18 Punkte (Median: 71; Spanne: 13–95) (Abb. 17).

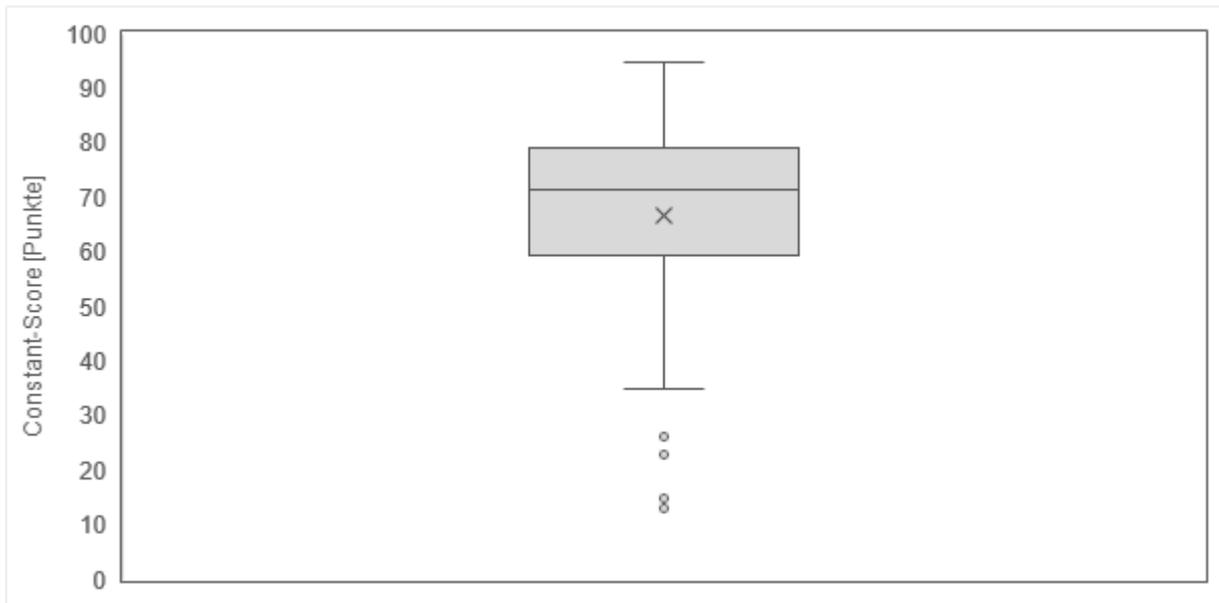


Abb. 17: Verteilung der Gesamtergebnisse im Constant-Score.

4 (6 %) Patienten konnten sehr gute Ergebnisse (≥ 86 Punkte) und 34 (47 %) Patienten gute Ergebnisse (85–71 Punkte) erzielen. 18 (25 %) Patienten erreichten befriedigende (56–70 Punkte) und 16 (22 %) Patienten schlechte Ergebnisse (≤ 55 Punkte) (Abb. 18).

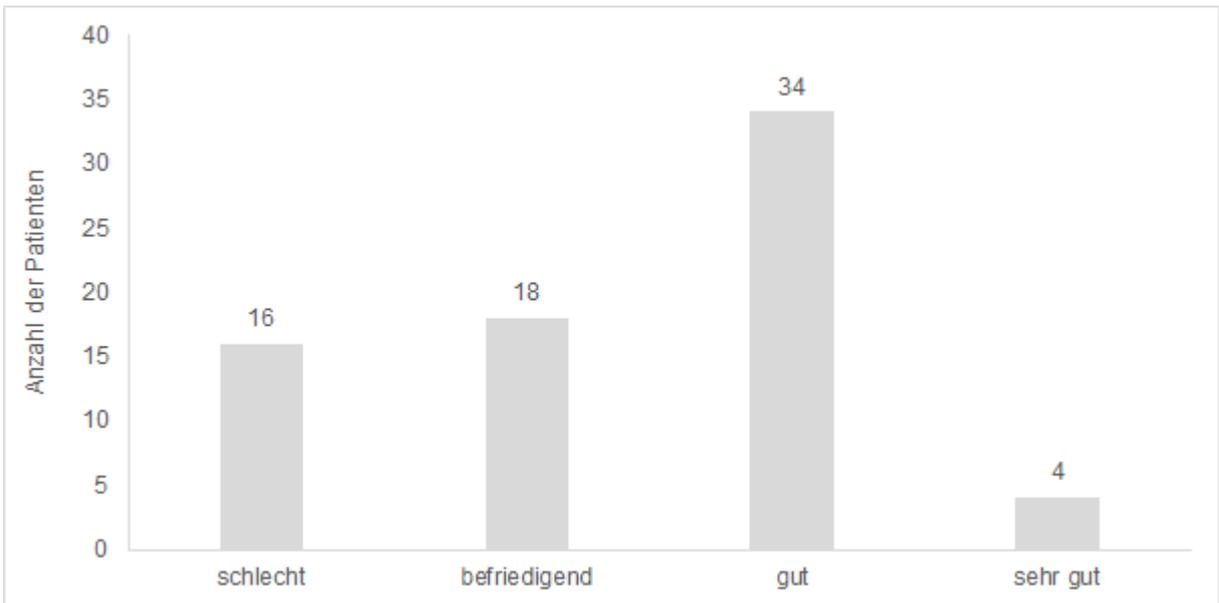


Abb. 18: Bewertung der Gesamtergebnisse im Constant-Score.

Die Patientengruppe mit Ein- und Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation erzielte im Durchschnitt 72 ± 16 Punkte (Median: 77; Spanne: 15–95) im Constant-Score. Die Patienten mit Drei- und Vier-Teile-Frakturen erreichten hingegen durchschnittlich nur 60 ± 19 Punkte (Median: 65; Spanne: 13–93) (Abb. 19). Somit schnitten die Patienten mit Ein- und Zwei-Teile-Frakturen signifikant besser ab (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,001$).

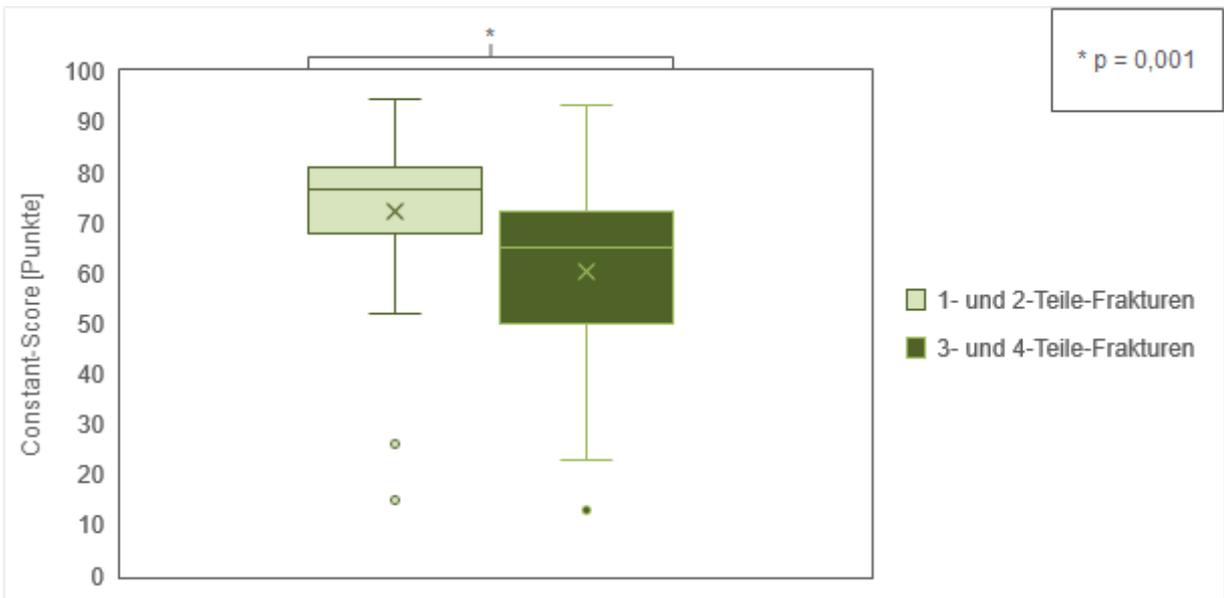


Abb. 19: Gesamtergebnisse im Constant-Score nach der Neer-Klassifikation.

Auch nach der AO-Klassifikation unterschieden sich die beiden zusammengefassten Gruppen signifikant (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,004$). Patienten mit Typ A/B-Frakturen erreichten durchschnittlich 72 ± 15 Punkte (Median: 76; Spanne: 15–95). Bei Patienten mit Typ C-Frakturen hingegen lag der Mittelwert bei nur 59 ± 20 Punkten (Median: 60; Spanne: 13–91) (Abb. 20).

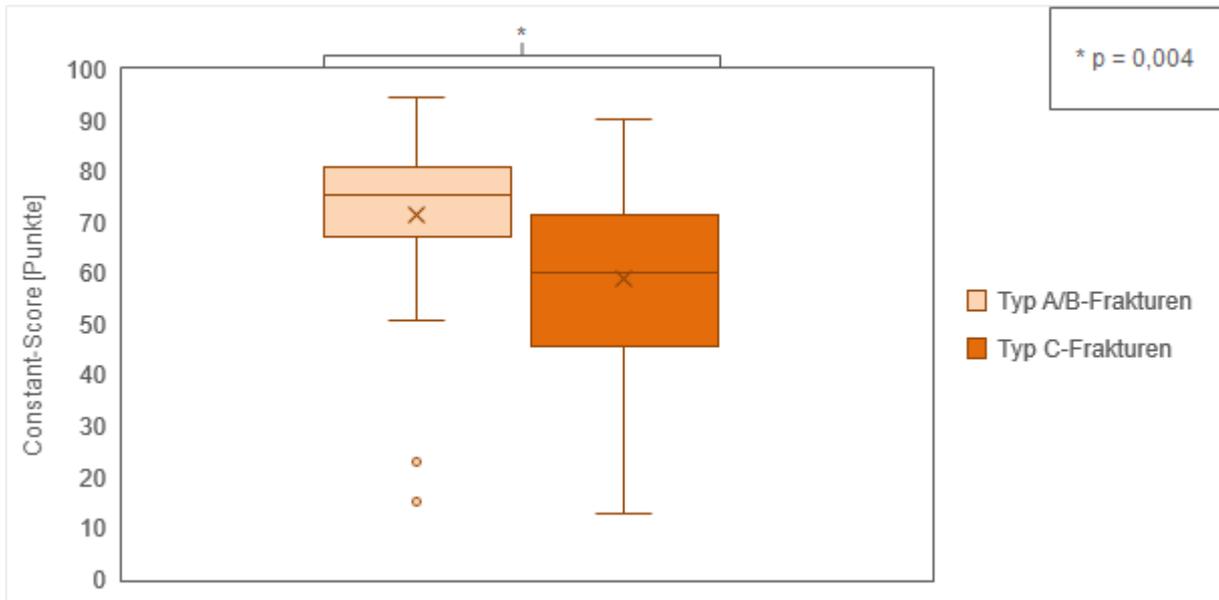


Abb. 20: Gesamtergebnisse im Constant-Score nach der AO-Klassifikation.

Die Patienten mit einfachen Frakturen nach der eigenen klinischen Klassifikation schnitten mit durchschnittlich 72 ± 16 Punkten (Median: 76; Spanne: 15–95) ebenso signifikant besser ab, als Patienten mit schweren Frakturen (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,008$). Bei diesen lag der Mittelwert bei 62 ± 19 Punkten (Median: 64; Spanne: 13–93) (Abb. 21).

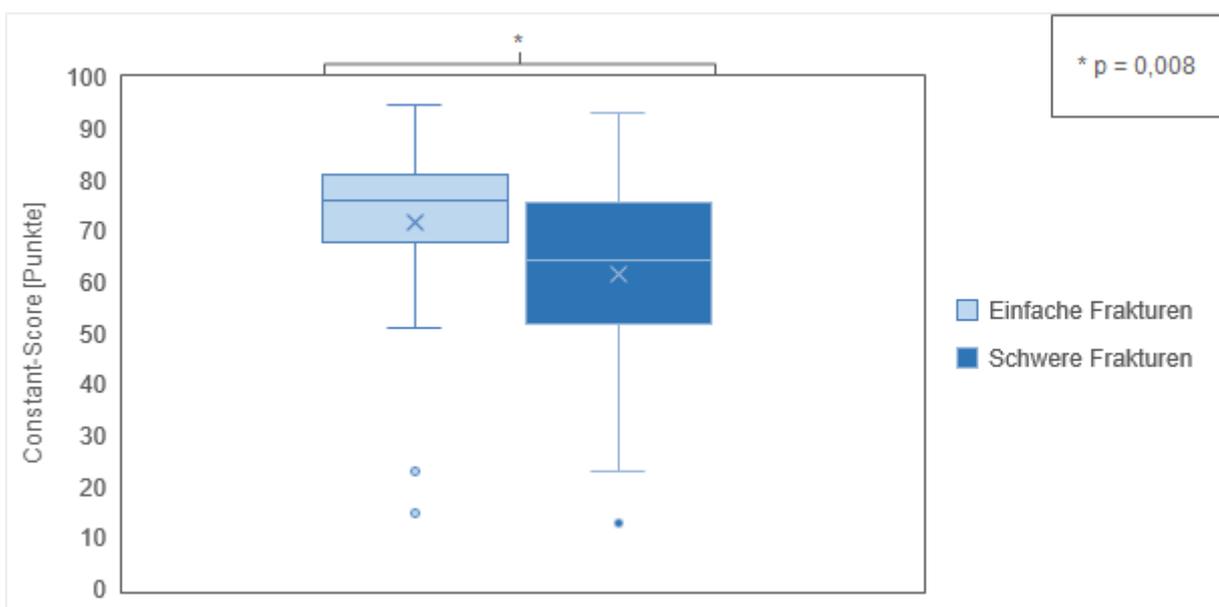


Abb. 21: Gesamtergebnisse im Constant-Score nach der eigenen Klassifikation.

Bei der Auswertung anhand der verschiedenen Frakturklassifikationen zeigte sich, dass die Patienten mit einfachen Frakturtypen (Ein- und Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation / Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation / einfache Frakturen nach der eigenen Klassifikation) jeweils signifikant höhere Gesamtwerte im Constant-Score erzielten als die Patienten mit schweren Frakturtypen (Drei- und Vier-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation / Typ C-Frakturen nach der AO-Klassifikation / schwere Frakturen nach der eigenen Klassifikation) (Tabelle 5):

Score	Klassifikation	Mittelwert±STBW	Median (Spanne)	p-Wert
Constant-Score Gesamtergebnis [Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	72±16	77 (15–95)	0,001
	3-/4-Teile:	60±19	65 (13–93)	
	AO: Typ A/B:	72±15	76 (15–95)	0,004
	Typ C:	59±20	60 (13–91)	
Eigene: Einfach:	72±16	76 (15–95)	0,008	
Schwer:	62±19	64 (13–93)		
Gesamt:		67±18	71 (19–95)	

Tabelle 5: Auswertung der Ergebnisse im Constant-Score anhand der verwendeten Frakturklassifikationen. Alle p-Werte < 0,05 sind gelb markiert. In allen Frakturklassifikationen erzielten Patienten mit einfachen Frakturtypen signifikant bessere Ergebnisse im Constant-Score als die mit schweren Frakturtypen.

3.3.2 Kategorien

In den abgefragten Einzelkategorien, aus denen sich der Constant-Score-Gesamtwert der betroffenen Schulter zusammensetzt, konnten im gesamten Patientenkollektiv folgende Punktzahlen erzielt werden (Tabelle 6):

Kategorie [Punkte]	Mittelwert±STBW	Median (Spanne)	Maximal mögliche Punktzahl
Schmerz	11±4	11 (1–15)	15
Alltagsaktivitäten	8±2	8 (2–10)	10
Handreichweite	9±2	10 (2–10)	10
Bewegungsumfang	30±9	32 (4–40)	40
Kraft	9±6	8 (0–24)	25
Gesamt:	67±18	71 (13–95)	100

Tabelle 6: Erzielte Werte in den einzelnen Kategorien des Constant-Scores.

Im Vergleich erreichten die Patienten mit einfachen Frakturtypen in allen Kategorien, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, bessere Ergebnisse als die Patienten mit schweren Frakturtypen. Allerdings waren diese Unterschiede nicht in allen Kategorien des Constant Scores statistisch signifikant (Abb. 22–26): In den Kategorien Handreichweite und Bewegungsumfang unterschieden sich die Werte der Patienten mit einfachen bzw. schweren Frakturtypen, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, signifikant voneinander (Tabelle 7). Bei den Alltagsaktivitäten konnte nur in der Neer- und in der AO-Klassifikation ein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden, während sich in der eigenen Klassifikation keine statistische Signifikanz zeigte. In der Kategorie Schmerz bestand lediglich in der AO-Klassifikation ein signifikanter Unterschied. In der Kategorie Kraft konnte in keiner der verwendeten Frakturklassifikationen ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen einfachen und schweren Frakturtypen aufgezeigt werden.

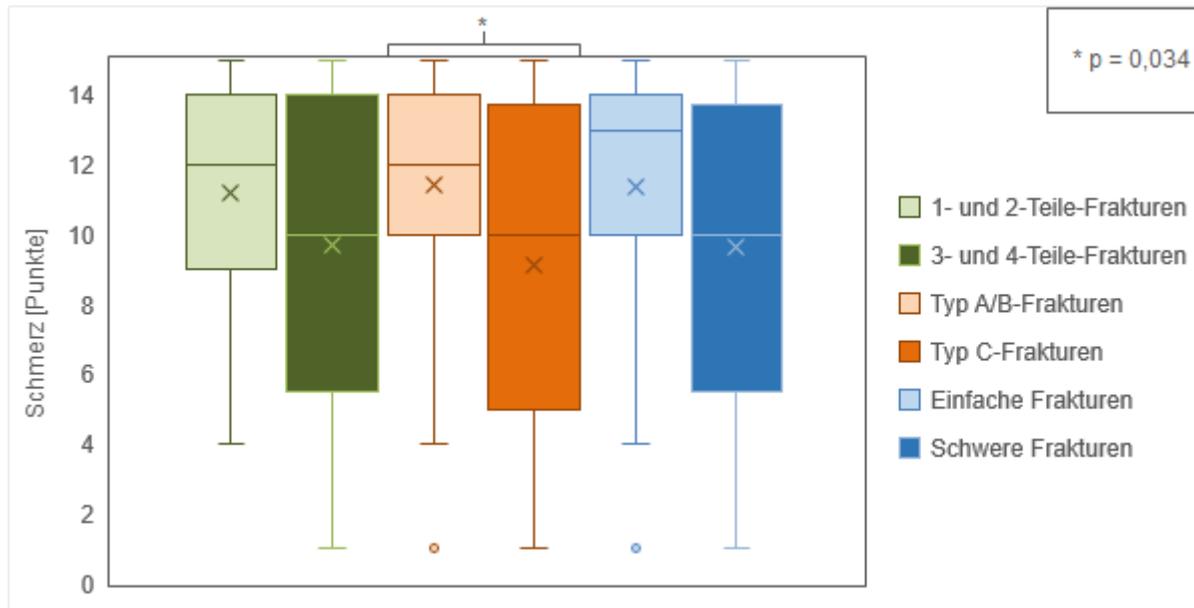


Abb. 22: Ergebnisse in der Kategorie Schmerz des Constant-Scores.

In der Kategorie Schmerz erzielten Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation durchschnittlich 11 ± 3 Pkt. (Median: 12; Spanne: 4–15) und Patienten mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen 10 ± 5 Pkt. (Median: 10; Spanne: 1–15). In der Gruppe der Typ A/B-Frakturen nach der AO Klassifikation lag der Mittelwert bei 11 ± 3 Pkt. (Median: 12; Spanne: 1–15) und bei den Typ C-Frakturen bei 9 ± 4 Pkt. (Median: 10; Spanne: 1–15). Ebenso schnitten auch die Patienten mit einfachen Frakturen nach der eigenen Klassifikation mit durchschnittlich 11 ± 4 Pkt. (Median: 13; Spanne: 1–15) besser ab als die mit schweren Frakturen. Hier lag der Mittelwert in der Kategorie Schmerz bei 10 ± 4 Pkt. (Median: 10; Spanne: 1–15). Eine statistische Signifikanz zeigte sich allerdings nur in der AO-Klassifikation (* $p=0,034$).

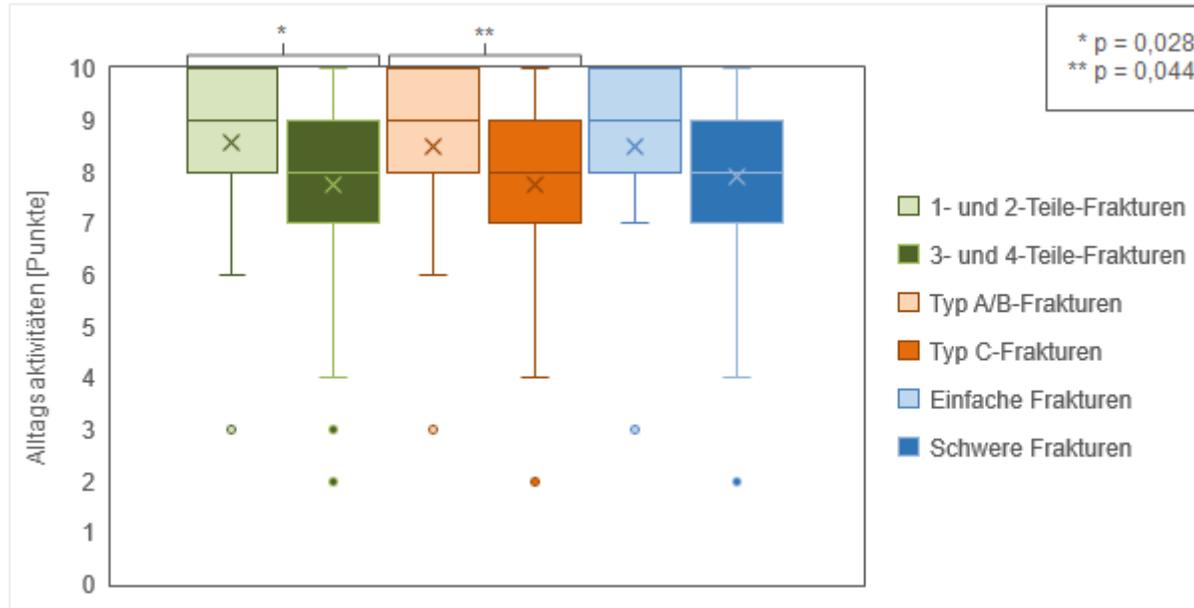


Abb. 23: Ergebnisse in der Kategorie Alltagsaktivitäten des Constant-Scores.

Bei den Alltagsaktivitäten erzielten Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen im Durchschnitt 9 ± 2 Pkt. (Median: 9; Spanne: 3–10) und die Gruppe der Drei- und Vier-Teile-Frakturen 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10). Nach der AO-Klassifikation erzielten Patienten mit Typ A/B-Frakturen durchschnittlich 9 ± 2 Pkt. (Median: 9; Spanne: 3–10). Der Mittelwert bei den Patienten mit Typ C-Frakturen lag hingegen bei 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10). Nach der eigenen Klassifikation erreichte die Gruppe der einfachen Frakturen durchschnittlich 9 ± 2 Pkt. (Median: 9; Spanne: 3–10) und die der schweren Frakturen 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10). Eine statistische Signifikanz dieser Unterschiede zeigte sich nur in der Neer- und der AO-Klassifikation (* $p=0,028$; ** $p=0,044$).

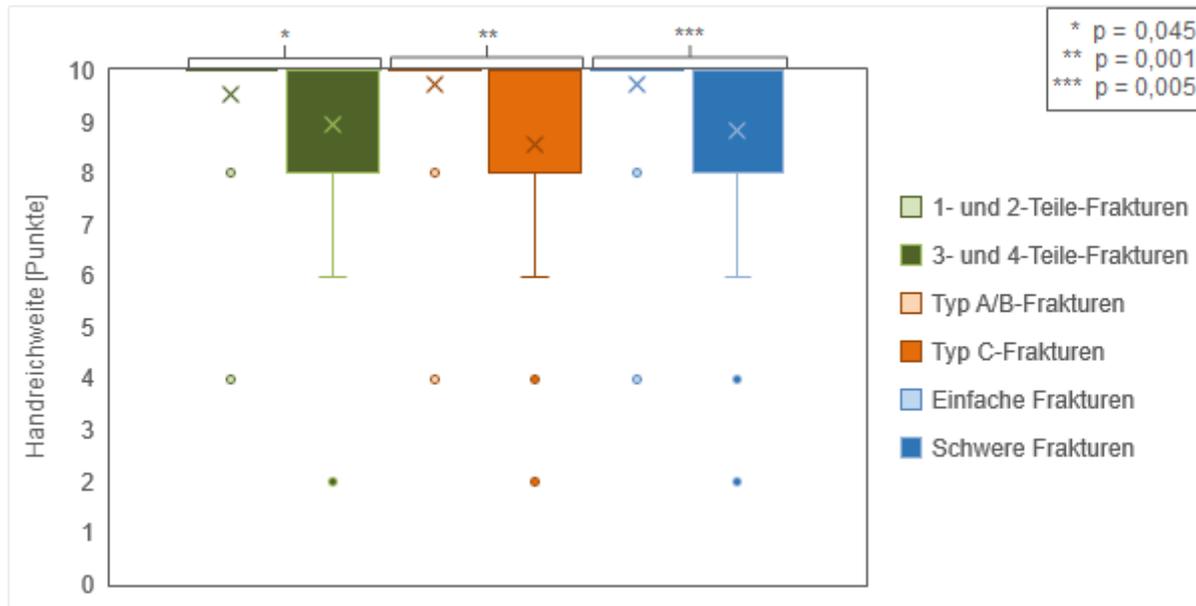


Abb. 24: Ergebnisse in der Kategorie Handreichweite des Constant-Scores.

In der Kategorie Handreichweite erzielten Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation durchschnittlich 10 ± 1 Pkt. (Median: 10; Spanne: 4–10) und Patienten mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen 9 ± 2 Pkt. (Median: 10; Spanne: 2–10). In der Gruppe der Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation lag der Mittelwert bei 10 ± 1 Pkt. (Median: 10; Spanne: 4–10) und bei der Gruppe der Typ C-Frakturen bei 9 ± 2 Pkt. (Median: 10; Spanne: 2–10). Ebenso schnitten auch die Patienten mit einfachen Frakturen nach der eigenen Klassifikation mit durchschnittlich 10 ± 1 Pkt. (Median: 10; Spanne: 4–10) besser ab als die mit schweren Frakturen. Hier lag der Mittelwert in der Kategorie Handreichweite bei 9 ± 2 Pkt. (Median: 10; Spanne: 2–10). Die Unterschiede waren, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, signifikant (* $p=0,045$; ** $p=0,001$; *** $p=0,005$).

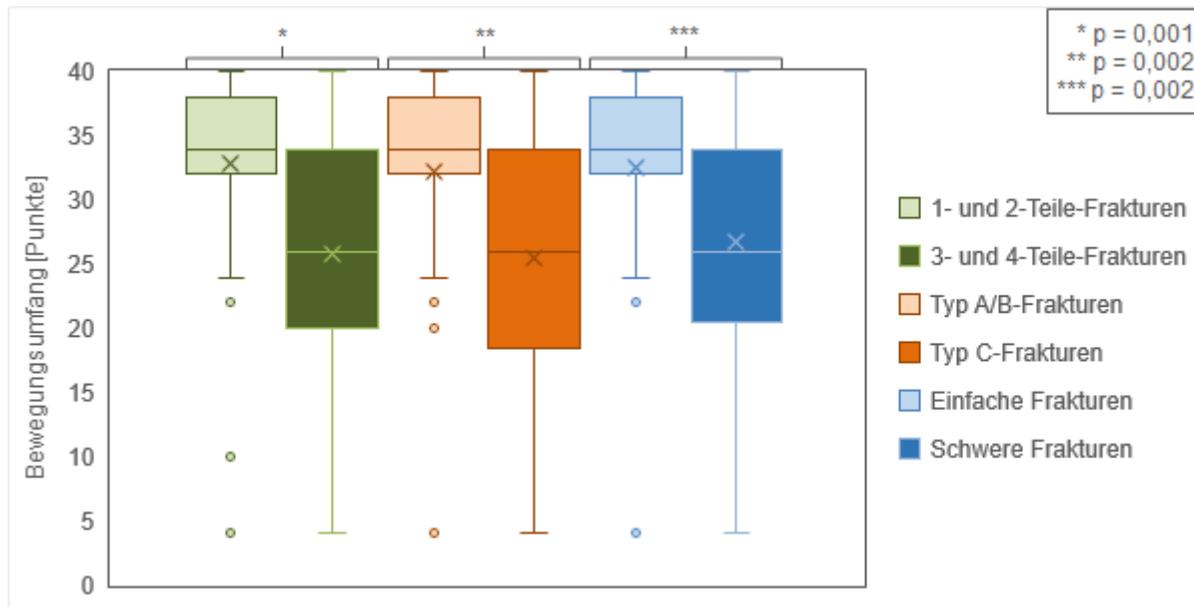


Abb. 25: Ergebnisse in der Kategorie Bewegungsumfang des Constant-Scores.

Bei der Beurteilung des Bewegungsumfanges erzielten Patienten mit einfachen Frakturtypen durchgehend signifikant bessere Ergebnisse als die mit schweren Frakturtypen (* $p=0,001$; ** $p=0,002$; *** $p=0,002$): Der Mittelwert bei den Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation lag bei 33 ± 8 Pkt. (Median: 34; Spanne: 4–40) und bei den Patienten mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen bei 26 ± 10 Pkt. (Median: 26; Spanne: 4–40). Die Gruppe der Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation erreichte durchschnittlich 32 ± 8 Pkt. (Median: 34; Spanne: 4–40) und die der Typ C-Frakturen 26 ± 10 Pkt. (Median: 26; Spanne: 4–40). Nach der eigenen Klassifikation erzielten Patienten mit einfachen Frakturen durchschnittlich 33 ± 8 Pkt. (Median: 34; Spanne: 4–40) und die mit schweren Frakturen hingegen nur 27 ± 9 Pkt. (Median: 26; Spanne: 4–40).

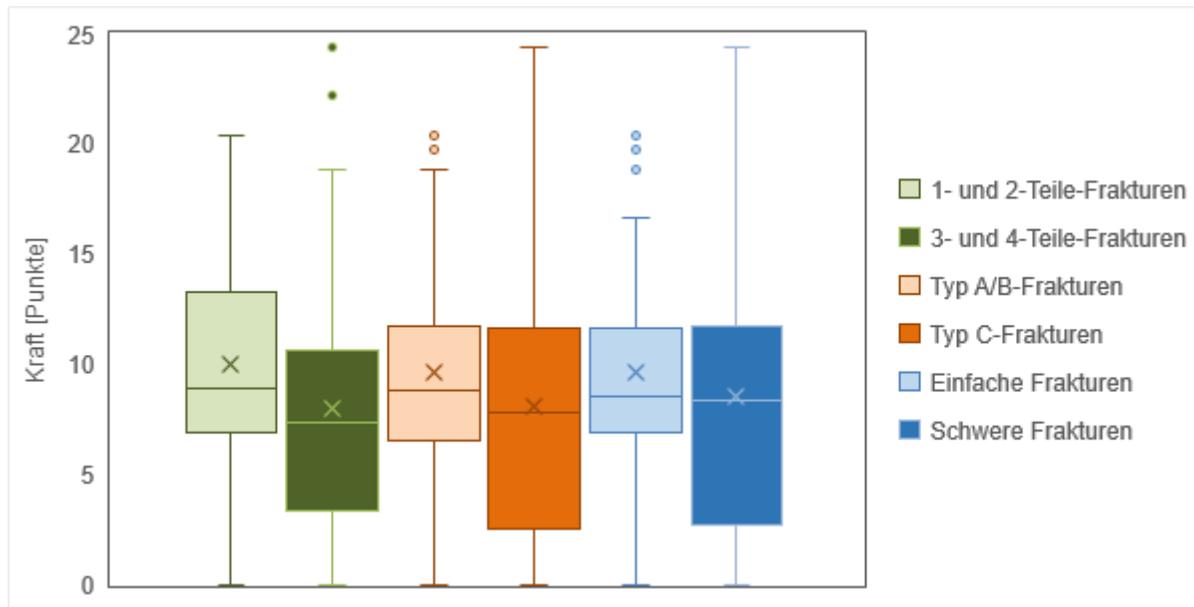


Abb. 26: Ergebnisse in der Kategorie Kraft des Constant-Scores.

In der Kategorie Kraft erzielten Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation durchschnittlich 10 ± 5 Pkt. (Median: 9; Spanne: 0–20) und Patienten mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen 8 ± 7 Pkt. (Median: 7; Spanne: 0–24). In der Gruppe der Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation lag der Mittelwert bei 10 ± 5 Pkt. (Median: 9; Spanne: 0–20) und bei der Gruppe der Typ C-Frakturen bei 8 ± 7 Pkt. (Median: 8; Spanne: 0–24). Ebenso schnitten auch die Patienten mit einfachen Frakturen nach der eigenen Klassifikation mit durchschnittlich 10 ± 5 Pkt. (Median: 9; Spanne: 0–20) besser ab als die mit schweren Frakturen. Hier lag der Mittelwert in der Kategorie Kraft bei 9 ± 7 Pkt. (Median: 8; Spanne: 0–24). Allerdings konnte in keiner der verwendeten Frakturklassifikationen ein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden.

Kategorie	Klassifikation	Mittelwert±STBW	Median (Spanne)	p-Wert
Schmerz [max. 15 Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	11±3	12 (4–15)	0,229
	3-/4-Teile:	10±5	10 (1–15)	
	AO: Typ A/B:	11±3	12 (1–15)	0,034
	Typ C:	9±4	10 (1–15)	
	Eigene: Einfach:	11±4	13 (1–15)	0,078
	Schwer:	10±4	10 (1–15)	
Alltagsaktivitäten [max. 10 Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	9±2	9 (3–10)	0,028
	3-/4-Teile:	8±2	8 (2–10)	
	AO: Typ A/B:	9±2	9 (3–10)	0,044
	Typ C:	8±2	8 (2–10)	
	Eigene: Einfach:	9±2	9 (3–10)	0,082
	Schwer:	8±2	8 (2–10)	
Handreichweite [max. 10 Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	10±1	10 (4–10)	0,045
	3-/4-Teile:	9±2	10 (2–10)	
	AO: Typ A/B:	10±1	10 (4–10)	0,001
	Typ C:	9±2	10 (2–10)	
	Eigene: Einfach:	10±1	10 (4–10)	0,005
	Schwer:	9±2	10 (2–10)	
Bewegungsumfang [max. 40 Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	33±8	34 (4–40)	0,001
	3-/4-Teile:	26±10	26 (4–40)	
	AO: Typ A/B:	32±8	34 (4–40)	0,002
	Typ C:	26±10	26 (4–40)	
	Eigene: Einfach:	33±8	34 (4–40)	0,002
	Schwer:	27±9	26 (4–40)	
Kraft [max. 25 Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	10±5	9 (0–20)	0,082
	3-/4-Teile:	8±7	7 (0–24)	
	AO: Typ A/B:	10±5	9 (0–20)	0,208
	Typ C:	8±7	8 (0–24)	
	Eigene: Einfach:	10±5	9 (0–20)	0,321
	Schwer:	9±7	8 (0–24)	
Constant-Score Gesamt [max. 100 Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	72±16	77 (15–95)	0,001
	3-/4-Teile:	60±19	65 (13–93)	
	AO: Typ A/B:	72±15	76 (15–95)	0,004
	Typ C:	59±20	60 (13–91)	
	Eigene: Einfach:	72±16	76 (15–95)	0,008
	Schwer:	62±19	64 (13–93)	

Tabelle 7: Auswertung der Ergebnisse in den einzelnen Kategorien des Constant-Scores anhand der verwendeten Frakturklassifikationen. Alle p-Werte < 0,05 sind gelb markiert.

3.3.3 Einzelne Bewegungsachsen

Des Weiteren erfolgte die Auswertung der Ergebnisse anhand der einzelnen Achsen des Bewegungsumfanges des Schultergelenkes der betroffenen Extremität. Im gesamten Patientenkollektiv wurden folgende Werte beim Bewegungsumfang erzielt (Tabelle 8):

Bewegungsachse		Mittelwert±STBW	Median (Spanne)	Maximal mögliche Werte
Flexion	[Grad]	135±33	143 (45–180)	180
	[Punkte]	8±2	8 (2–10)	10
Abduktion	[Grad]	133±37	140 (30–180)	180
	[Punkte]	8±2	8 (0–10)	10
Außenrotation [Punkte]		8±3	10 (0–10)	10
Innenrotation [Punkte]		7±3	8 (0–10)	10
Gesamt:		30±9	(4–40)	40

Tabelle 8: Erzielte Werte in den einzelnen Bewegungsachsen im Constant-Score.

Auch hier schnitten die Patienten mit einfachen Frakturtypen in jeder getesteten Bewegungsachse besser ab als die mit schweren Frakturtypen (Abb. 27-32): Die erzielten Werte in der Flexions-, Abduktions- sowie Außenrotationsbewegung waren, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, bei den Patienten mit einfachen Frakturtypen signifikant besser als bei Patienten mit schweren Frakturtypen (Tabelle 9). Lediglich bei der Innenrotation konnte nur in der Neer-Klassifikation ein signifikanter Unterschied zugunsten der einfachen Frakturtypen aufgezeigt werden.

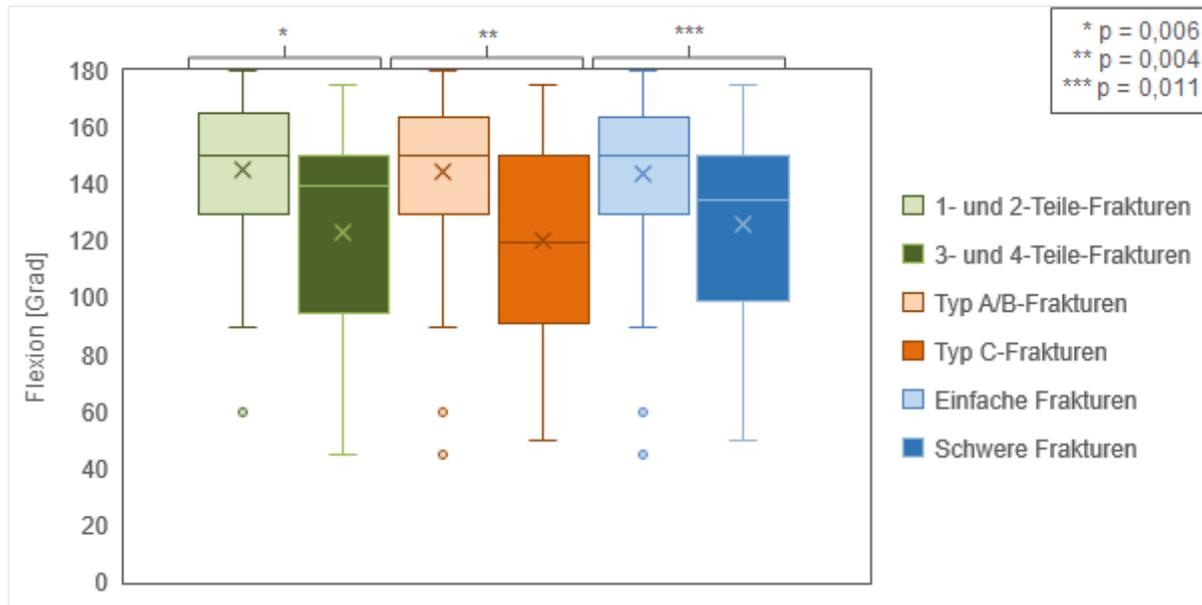


Abb. 27: Ergebnisse in der Flexion [Grad] im Constant-Score.

Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation erreichten in der Flexion durchschnittlich max. $145 \pm 28^\circ$ (Median: 150; Spanne: 60–180). Der Mittelwert in der Gruppe der Drei- und Vier-Teile-Frakturen lag hingegen bei $123 \pm 36^\circ$ (Median: 140; Spanne: 45–175). Die Patienten mit Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation erreichten im Durchschnitt max. $144 \pm 29^\circ$ (Median: 150; Spanne: 45–180) und die Gruppe der Typ C-Frakturen $121 \pm 35^\circ$ (Median: 120; Spanne: 50–175). Bei den Patienten mit einfachen Frakturen nach der eigenen Klassifikation lag der Mittelwert für die maximale Flexion bei $144 \pm 31^\circ$ (Median: 150; Spanne: 45–180) und bei den Patienten mit schweren Frakturen bei $126 \pm 34^\circ$ (Median: 135; Spanne: 50–175). Diese Unterschiede waren, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, signifikant (* $p=0,006$; ** $p=0,004$; *** $p=0,011$).

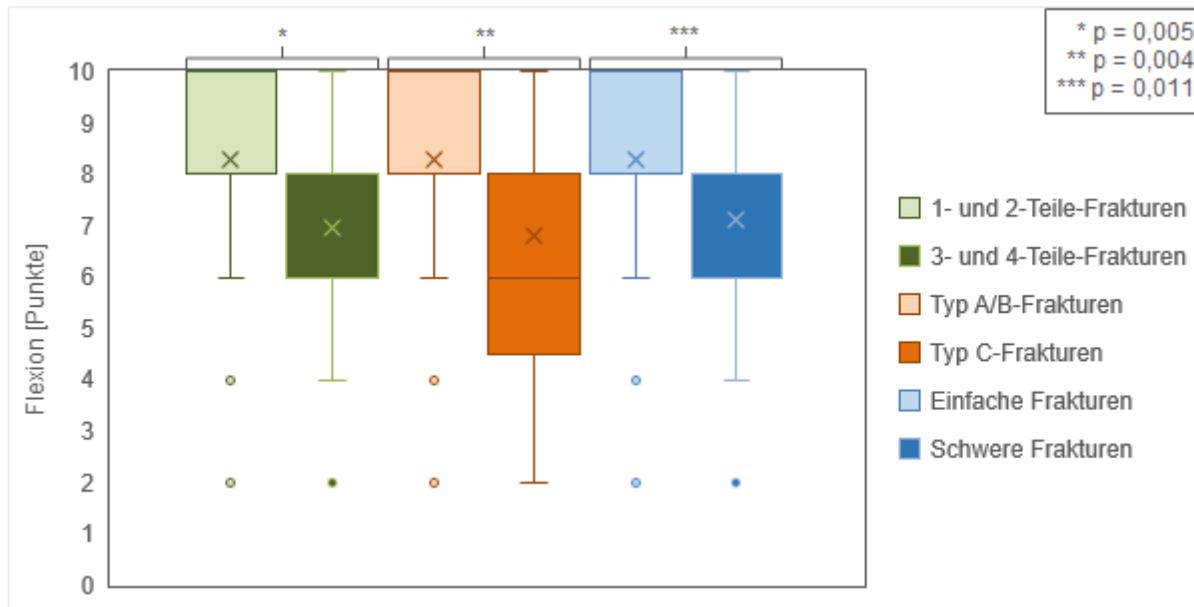


Abb. 28: Ergebnisse in der Flexion [Punkte] im Constant-Score.

Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation erreichten in der Flexion durchschnittlich max. 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10), der Mittelwert in der Gruppe der Drei- und Vier-Teile-Frakturen lag hingegen bei 7 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10). Die Patienten mit Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation erreichten im Durchschnitt 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10) und die Gruppe der Typ C-Frakturen hingegen nur 7 ± 2 Pkt. (Median: 6; Spanne: 2–10). Bei den Patienten mit einfachen Frakturen nach der eigenen Klassifikation lag der Mittelwert bei 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10) und bei den Patienten mit schweren Frakturen bei 7 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10). In allen Frakturklassifikationen zeigte sich eine statistische Signifikanz dieser Unterschiede (* $p=0,005$; ** $p=0,004$; *** $p=0,011$).

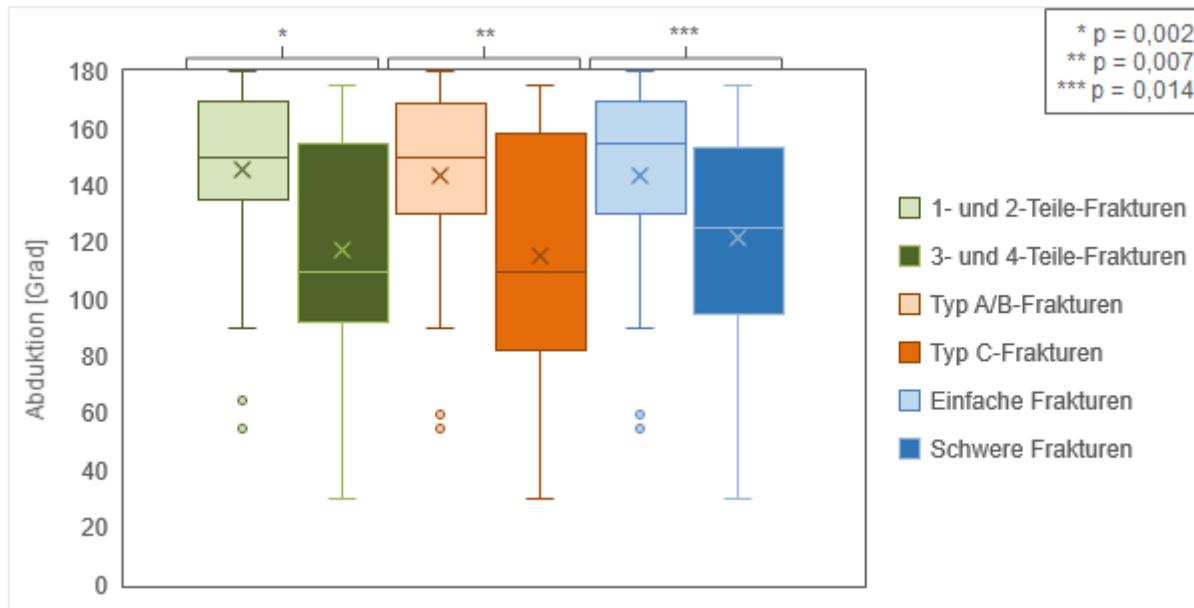


Abb. 29: Ergebnisse in der Abduktion [Grad] im Constant-Score.

Bei der maximalen Abduktion erreichte die Gruppe mit Ein- und Zwei-Teile-Frakturen durchschnittlich $146 \pm 30^\circ$ (Median: 150; Spanne: 55–180) und die Gruppe mit Drei- und Vier-Teile-Frakturen hingegen nur $117 \pm 40^\circ$ (Median: 110; Spanne: 30–175). Der Mittelwert der Patienten mit Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation lag bei $144 \pm 30^\circ$ (Median: 150; Spanne: 55–180) und bei Patienten mit Typ C-Frakturen bei $115 \pm 43^\circ$ (Median: 110; Spanne: 30–175). Patienten mit schweren Frakturen nach der eigenen Klassifikation erzielten mit $122 \pm 40^\circ$ (Median: 125; Spanne: 30–175) deutlich schlechtere Ergebnisse als die mit einfachen Frakturen. Diese erreichten bei der maximalen Abduktion im Durchschnitt $144 \pm 32^\circ$ (Median: 155; Spanne: 55–180). Diese Unterschiede waren, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, signifikant (* $p=0,002$; ** $p=0,007$; *** $p=0,014$).

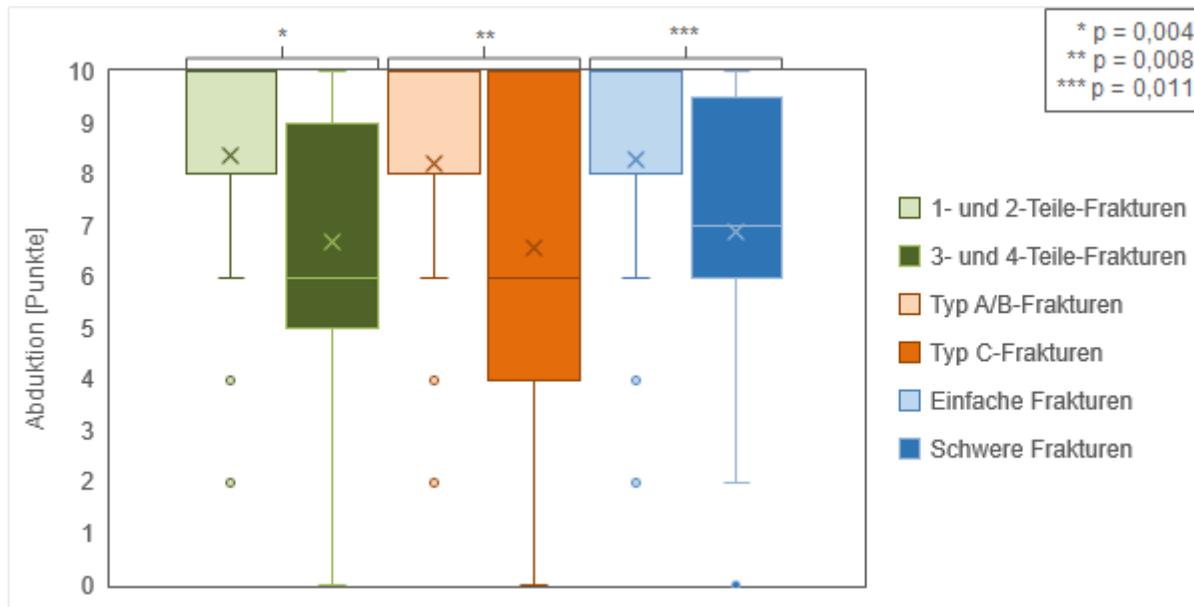


Abb. 30: Ergebnisse in der Abduktion [Punkte] im Constant-Score.

Bei der Abduktionsbewegung erreichte die Gruppe mit Ein- und Zwei-Teile-Frakturen durchschnittlich 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10) und die Gruppe mit Drei- und Vier-Teile-Frakturen hingegen nur 7 ± 3 Pkt. (Median: 6; Spanne: 0–10). Der Mittelwert in der Gruppe der Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation lag bei 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10) und der Durchschnitt in der Gruppe der Typ C-Frakturen bei 7 ± 3 Pkt. (Median: 6; Spanne: 0–10). Die Patienten mit schweren Frakturen nach der eigenen Klassifikation erzielten durchschnittlich 7 ± 3 Pkt. (Median: 7; Spanne: 0–10) und die mit einfachen Frakturen 8 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 2–10). In allen Frakturklassifikationen zeigte sich eine statistische Signifikanz dieser Unterschiede (* $p=0,004$; ** $p=0,008$; *** $p=0,011$).

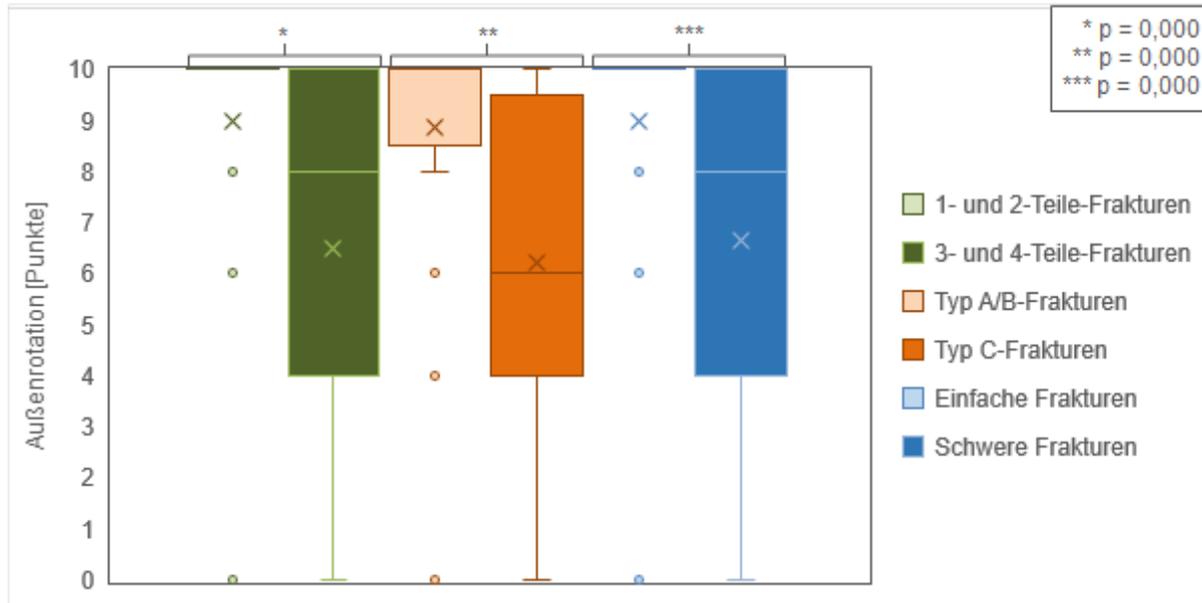


Abb. 31: Ergebnisse in der Außenrotation [Punkte] im Constant-Score.

Bei der Testung der Außenrotation konnten Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation durchschnittlich 9 ± 2 Pkt. (Median: 10; Spanne: 0–10) und Patienten mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen 6 ± 3 Pkt. (Median: 8; Spanne: 0–10) erzielen. In der Gruppe der Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation lag der Durchschnitt bei 9 ± 2 Pkt. (Median: 10; Spanne: 0–10) und bei den Typ C-Frakturen hingegen bei 6 ± 3 Pkt. (Median: 6; Spanne: 0–10). Die Gruppe der einfachen Frakturen nach der eigenen Klassifikation erreichte durchschnittlich 9 ± 2 Pkt. (Median: 10; Spanne: 0–10) und die Patienten mit schweren Frakturen 7 ± 3 Pkt. (Median: 8; Spanne: 0–10). Diese Unterschiede waren, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, signifikant (* $p=0,000$; ** $p=0,000$; *** $p=0,000$).

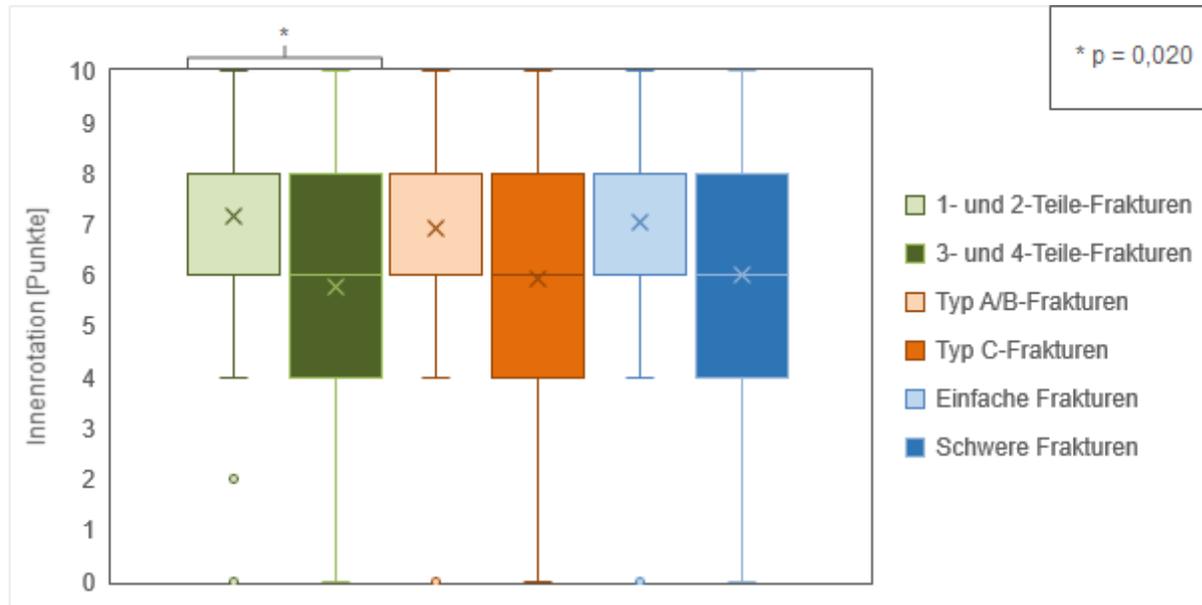


Abb. 32: Ergebnisse in der Innenrotation [Punkte] im Constant-Score.

Bei der Bewertung der Innenrotation konnten Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation durchschnittlich 7 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 0–10) und Patienten mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen 6 ± 3 Pkt. (Median: 6; Spanne: 0–10) erzielen. Bei den Patienten mit Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation lag der Durchschnitt bei 7 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 0–10) und bei den Patienten mit Typ C-Frakturen bei 6 ± 3 Pkt. (Median: 6; Spanne: 0–10). Die Gruppe der einfachen Frakturen nach der eigenen Klassifikation erreichte durchschnittlich 7 ± 2 Pkt. (Median: 8; Spanne: 0–10) und die der schweren Frakturen 6 ± 3 Pkt. (Median: 6; Spanne: 0–10). Lediglich in der Neer-Klassifikation konnte zwischen den Gruppen ein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden (* $p=0,020$).

Bewegungsachse		Klassifikation	Mittelwert±STBW	Median (Spanne)	p-Wert
Flexion	[Grad]	Neer: 1-/2-Teile:	145±28	150 (60–180)	0,006
		3-/4-Teile:	123±36	140 (45–175)	
		AO: Typ A/B:	144±29	150 (45–180)	0,004
	Typ C:	121±35	120 (50–175)		
	Eigene: Einfach:	144±31	150 (45–180)	0,011	
	Schwer:	126±34	135 (50–175)		
Flexion	[Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	8±2	8 (2–10)	0,005
		3-/4-Teile:	7±2	8 (2–10)	
		AO: Typ A/B:	8±2	8 (2–10)	0,004
	Typ C:	7±2	6 (2–10)		
	Eigene: Einfach:	8±2	8 (2–10)	0,011	
	Schwer:	7±2	8 (2–10)		
Abduktion	[Grad]	Neer: 1-/2-Teile:	146±30	150 (55–180)	0,002
		3-/4-Teile:	117±40	110 (30–175)	
		AO: Typ A/B:	144±30	150 (55–180)	0,007
	Typ C:	115±43	110 (30–175)		
	Eigene: Einfach:	144±32	155 (55–180)	0,014	
	Schwer:	122±40	125 (30–175)		
Abduktion	[Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	8±2	8 (2–10)	0,004
		3-/4-Teile:	7±3	6 (0–10)	
		AO: Typ A/B:	8±2	8 (2–10)	0,008
	Typ C:	7±3	6 (0–10)		
	Eigene: Einfach:	8±2	8 (2–10)	0,011	
	Schwer:	7±3	7 (0–10)		
Außenrotation [Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	9±2	10 (0–10)	0,000	
	3-/4-Teile:	6±3	8 (0–10)		
	AO: Typ A/B:	9±2	10 (0–10)	0,000	
Typ C:	6±3	6 (0–10)			
Eigene: Einfach:	9±2	10 (0–10)	0,000		
Schwer:	7±3	8 (0–10)			
Innenrotation [Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	7±2	8 (0–10)	0,020	
	3-/4-Teile:	6±3	6 (0–10)		
	AO: Typ A/B:	7±2	8 (0–10)	0,076	
Typ C:	6±3	6 (0–10)			
Eigene: Einfach:	7±2	8 (0–10)	0,060		
Schwer:	6±3	6 (0–10)			

Tabelle 9: Auswertung der Ergebnisse in den einzelnen Bewegungsachsen im Constant-Score anhand der verwendeten Frakturklassifikationen.

3.4 Normalisierter Constant-Score

Um alters- und geschlechtsspezifische Beeinflussungen auf das erzielte Ergebnis zu relativieren, wurden die Gesamtergebnisse im Constant-Score normalisiert. Der normalisierte Constant-Score lag durchschnittlich bei 78 ± 21 Punkten (Median: 82; Spanne: 15–112) (Abb. 33).

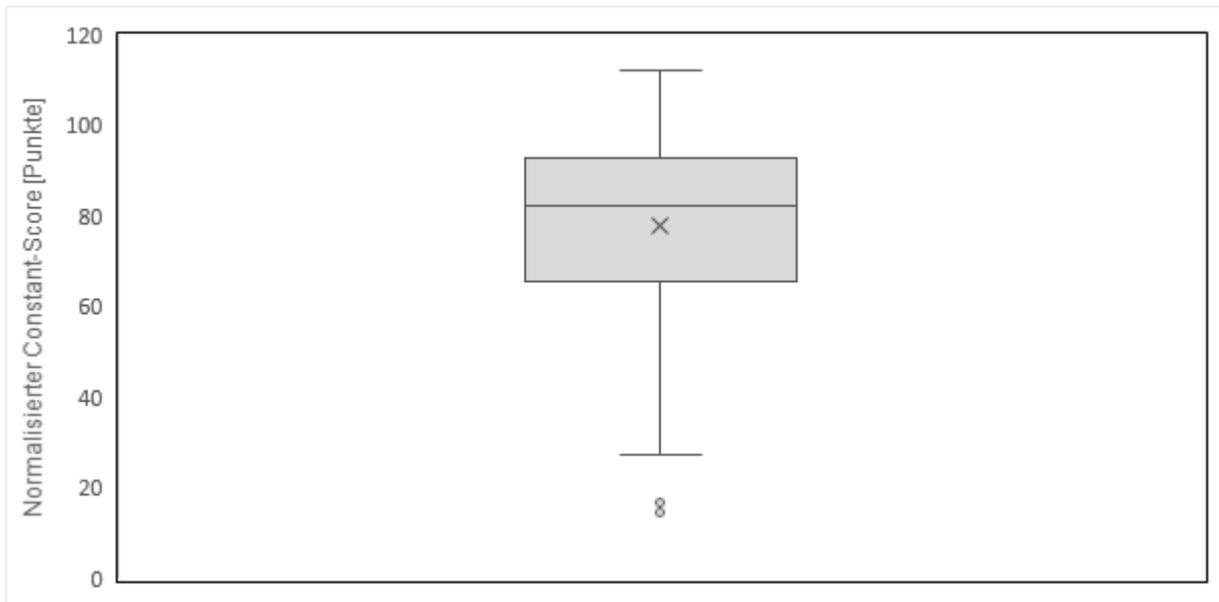


Abb. 33: Verteilung der Ergebnisse im normalisierten Constant-Score.

Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation erzielten im normalisierten Constant-Score durchschnittlich 84 ± 18 Punkte (Median: 89; Spanne: 17–101) und Patienten mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen 71 ± 22 Punkte (Median: 78; Spanne: 15–112) (Abb. 34). Die Patienten mit Ein- oder Zwei-Teile-Frakturen schnitten somit signifikant besser ab als die mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,003$).

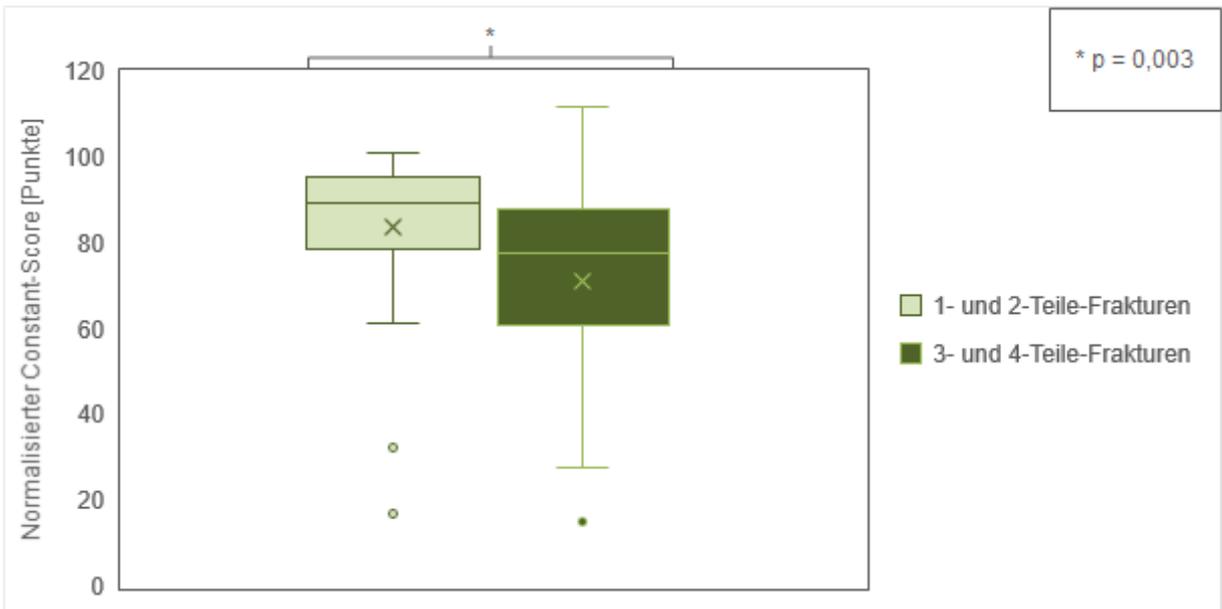


Abb. 34: Ergebnisse im normalisierten Constant-Score nach der Neer-Klassifikation.

In der Gruppe der Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation lag der Mittelwert im normalisierten Constant-Score bei 84 ± 18 Punkten (Median: 88; Spanne: 17–112) und in der Gruppe der Typ C-Frakturen bei 69 ± 22 Punkten (Median: 70; Spanne: 15–100) (Abb. 35). Der Unterschied zwischen den beiden Frakturgruppen war signifikant (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,002$).

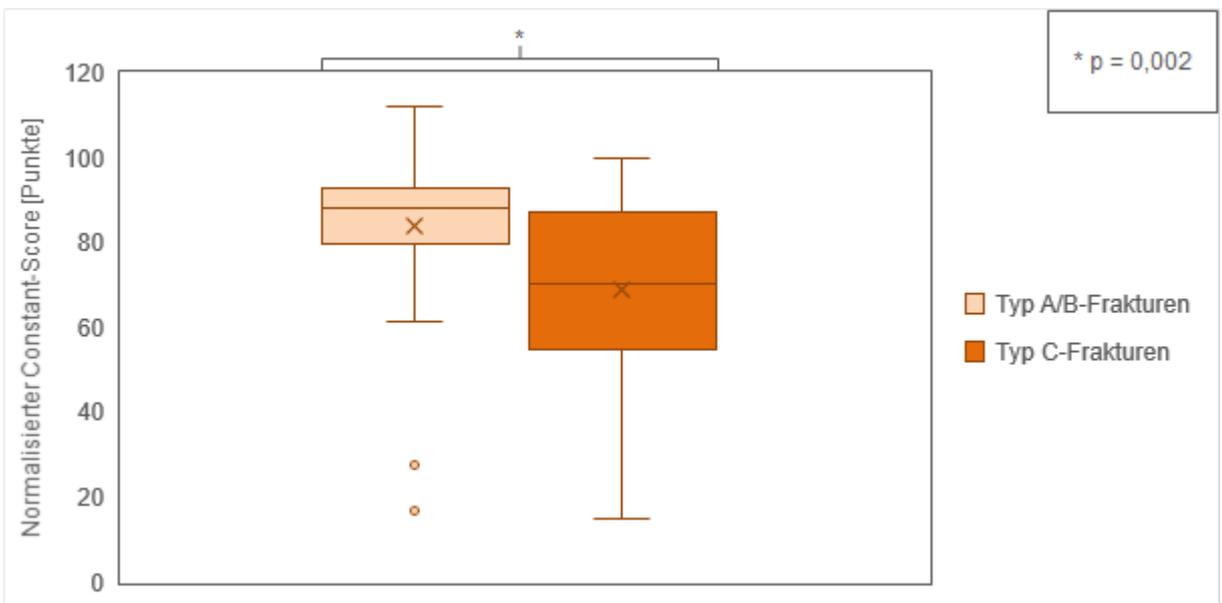


Abb. 35: Ergebnisse im normalisierten Constant-Score nach der AO-Klassifikation.

Auch nach der eigenen Frakturklassifikation erzielten Patienten mit einfachen Frakturen mit durchschnittlich 83 ± 18 Punkten (Median: 89; Spanne: 17–101) ein signifikant besseres Ergebnis im normalisierten Constant-Score als Patienten mit schweren Frakturen (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,013$). Bei diesen lag der Mittelwert bei nur 72 ± 22 Punkten (Median: 75; Spanne: 15–112) (Abb. 36).

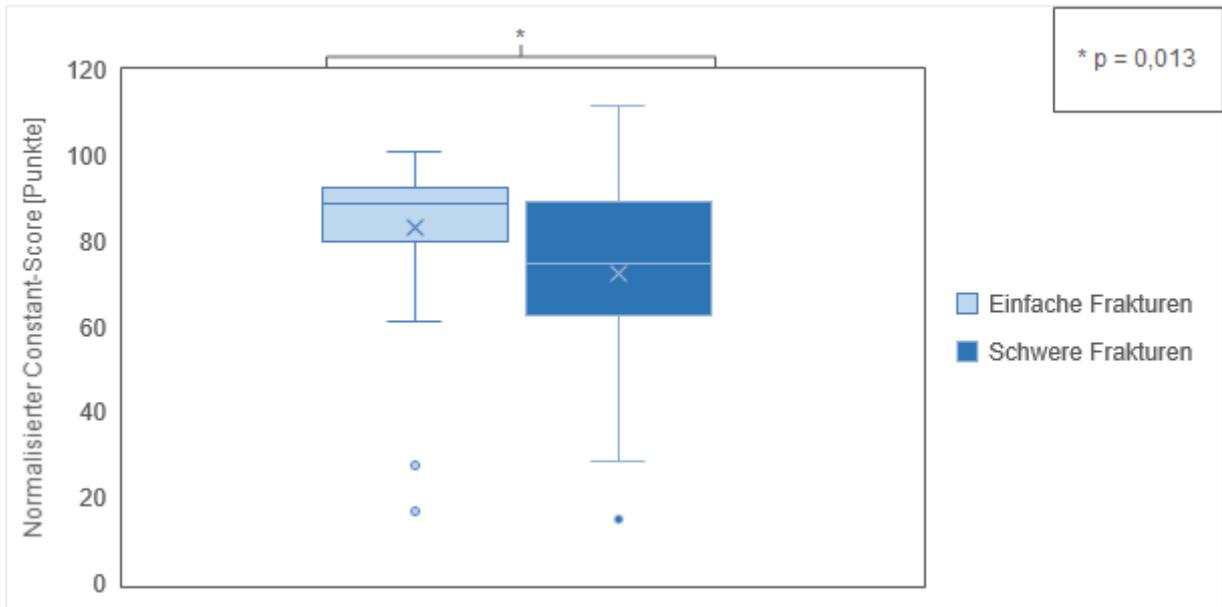


Abb. 36: Ergebnisse im normalisierten Constant-Score nach der eigenen Klassifikation.

Somit schnitten auch nach der Normalisierung der erzielten Constant-Score-Rohwerte die Patienten mit einfachen Frakturtypen in allen verwendeten Frakturklassifikationen signifikant besser ab als die mit schweren Frakturtypen (Tabelle 10):

Score	Klassifikation	Mittelwert \pm STBW	Median (Spanne)	p-Wert
Normalisierter Constant-Score [Punkte/%]	Neer: 1-/2-Teile:	84 ± 18	89 (17–101)	0,003
	3-/4-Teile:	71 ± 22	78 (15–112)	
	AO: Typ A/B:	84 ± 18	88 (17–112)	0,002
	Typ C:	69 ± 22	70 (15–100)	
	Eigene: Einfach:	83 ± 18	89 (17–101)	0,013
Schwer:	72 ± 22	75 (15–112)		
Gesamt:		78 ± 21	82 (15–112)	

Tabelle 10: Auswertung der Ergebnisse im normalisierten Constant-Score anhand der verwendeten Frakturklassifikationen. Alle p-Werte $< 0,05$ sind gelb markiert.

3.5 Oxford-Score

Um die Auswirkungen der Verletzung auf die Lebensqualität zu beurteilen, wurde zusätzlich der Oxford-Score erhoben. Hierbei erreichten insgesamt 57 (79 %) Patienten gute Ergebnisse (48–37 Punkte), 10 (14 %) Patienten befriedigende (25–36 Punkte) und 5 (7 %) Patienten schlechte Ergebnisse (≤ 24 Punkte) (Abb. 37). Im Durchschnitt wurden 41 ± 8 Punkte (Median: 44; Spanne: 9–48) von max. 48 möglichen Punkten erzielt (Abb. 38).

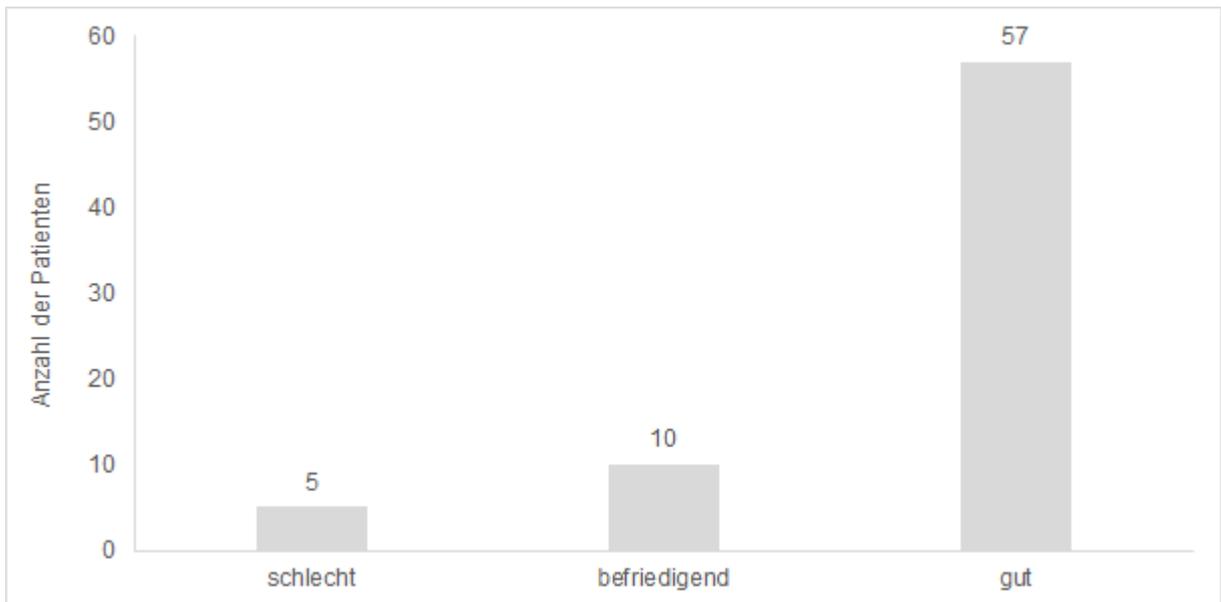


Abb. 37: Bewertung der Ergebnisse im Oxford-Score.

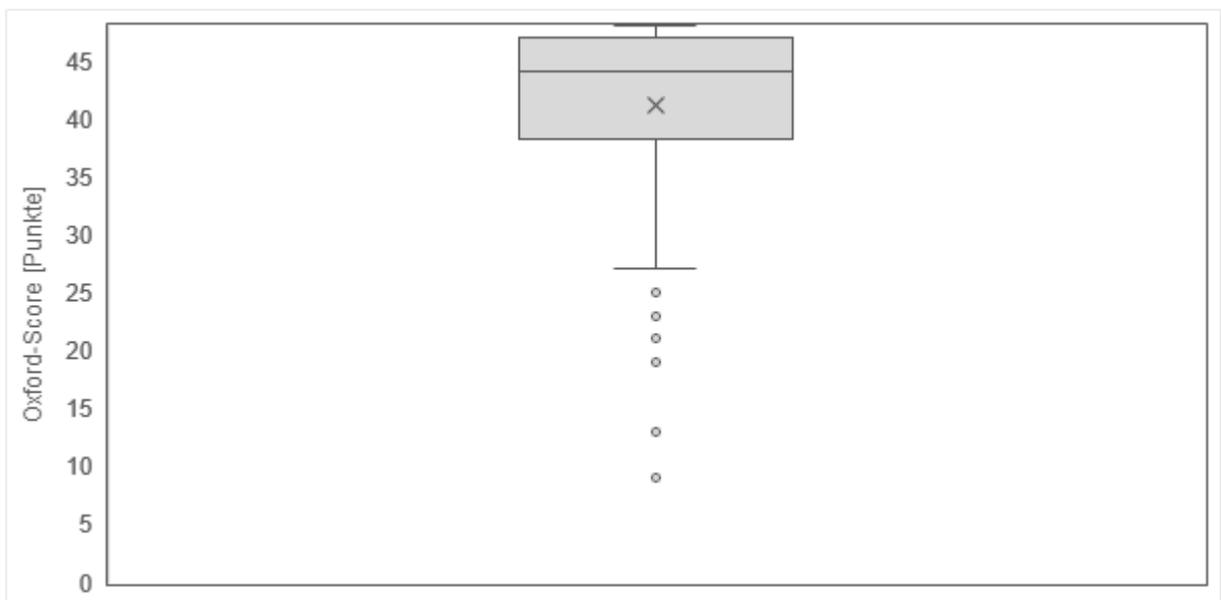


Abb. 38: Verteilung der Ergebnisse im Oxford-Score.

In der Gruppe der Ein- und Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation wurden im Durchschnitt 43 ± 7 Punkte (Median: 45; Spanne: 13–48) erreicht, wohingegen die Patienten mit Drei- oder Vier-Teile-Frakturen mit einem Mittelwert von 39 ± 9 Punkten (Median: 42; Spanne: 9–48) signifikant schlechter abschnitten (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,027$) (Abb. 39).

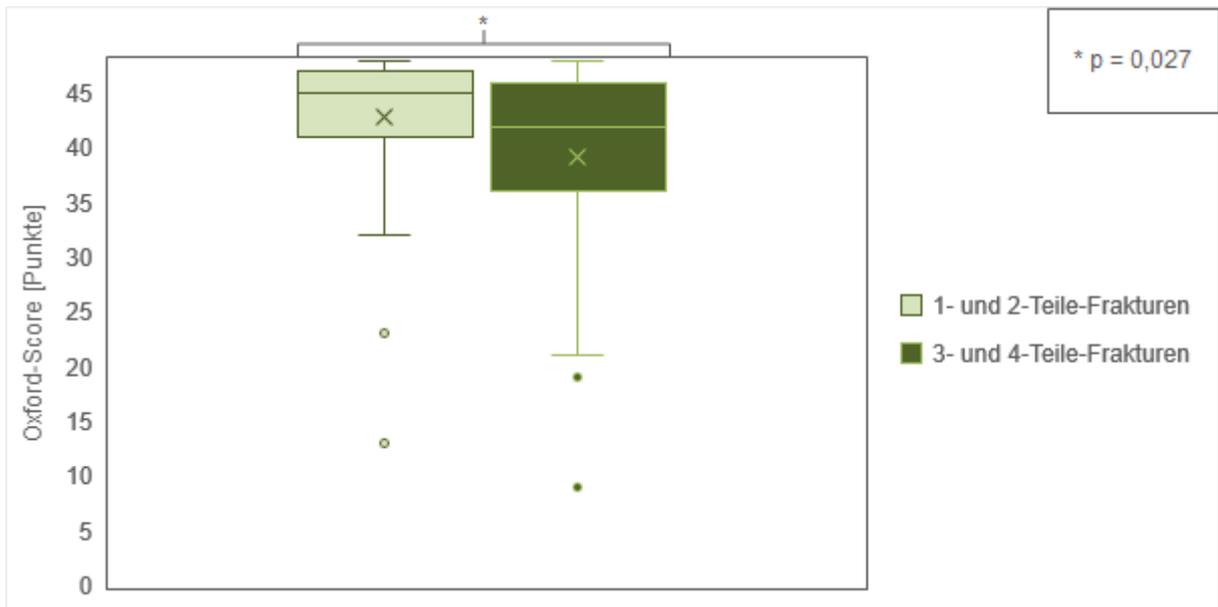


Abb. 39: Ergebnisse im Oxford-Score nach der Neer-Klassifikation.

Im Durchschnitt erzielten Patienten mit Frakturen des Typ A/B nach der AO-Klassifikation 43 ± 7 Punkte (Median: 45; Spanne: 13–48). In der Gruppe der Typ C-Frakturen wurden schlechtere Ergebnisse mit einem Mittelwert von 38 ± 10 Punkten (Median: 42; Spanne: 9–48) erreicht (Abb. 40). Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war signifikant (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,008$).

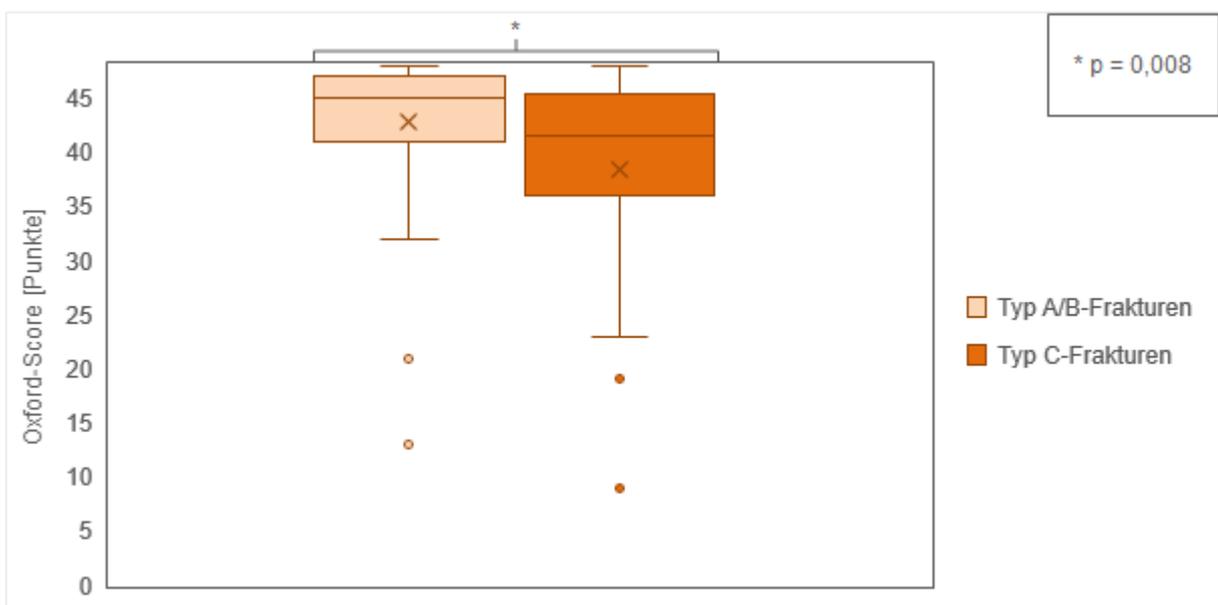


Abb. 40: Ergebnisse im Oxford-Score nach der AO-Klassifikation.

Die Patienten mit einfachen Frakturen nach der eigenen Klassifikation erzielten durchschnittlich 43 ± 8 Punkte (Median: 45; Spanne: 13–48) und die mit schweren Frakturen 40 ± 9 Punkte (Median: 43; Spanne: 9–48) (Abb. 41). Hierbei konnte ebenso ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen aufgezeigt werden (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,027$).

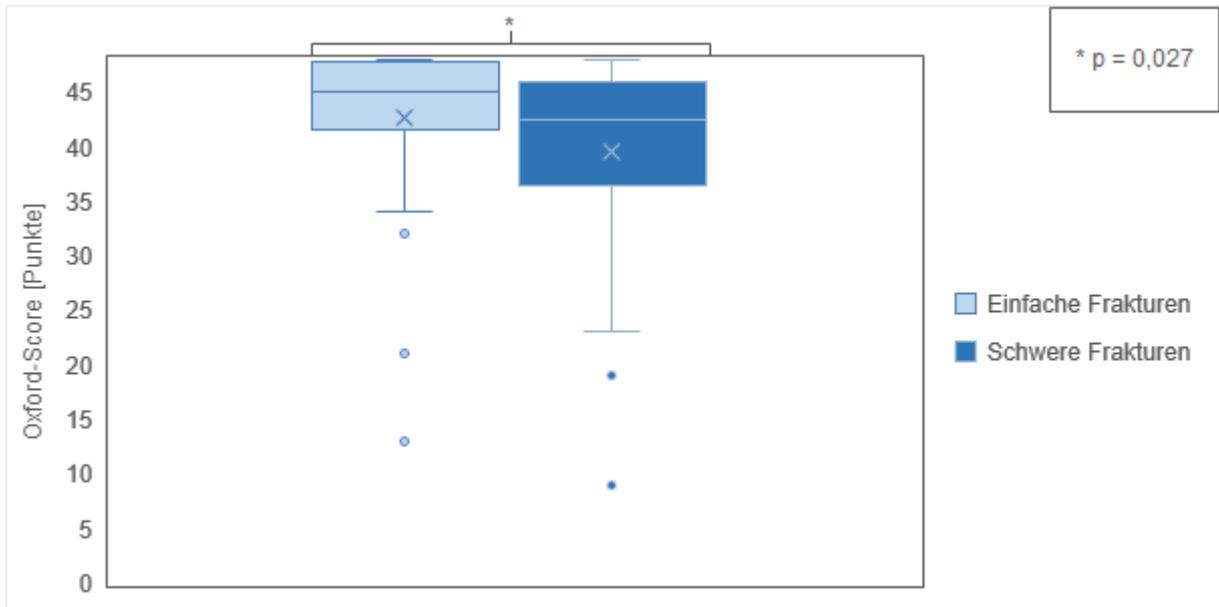


Abb. 41: Ergebnisse im Oxford-Score nach der eigenen Klassifikation.

Im Oxford-Score erzielten somit Patienten mit einfachen Frakturtypen, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, durchgehend signifikant bessere Ergebnisse als Patienten mit schweren Frakturtypen (Tabelle 11):

Score	Klassifikation	Mittelwert \pm STBW	Median (Spanne)	p-Wert
Oxford-Score Gesamtergebnis [Punkte]	Neer: 1-/2-Teile:	43 \pm 7	45 (13–48)	0,027
	3-/4-Teile:	39 \pm 9	42 (9–48)	
	AO: Typ A/B:	43 \pm 7	45 (13–48)	0,008
	Typ C:	38 \pm 10	42 (9–48)	
Eigene: Einfach:	43 \pm 8	45 (13–48)	0,027	
Schwer:	40 \pm 9	43 (9–48)		
Gesamt:		41\pm8	44 (9–48)	

Tabelle 11: Auswertung der Ergebnisse im Oxford-Score anhand der verwendeten Frakturklassifikationen. Alle p-Werte < 0,05 sind gelb markiert

3.6 Komplikationen und Sekundäreingriffe

Im Nachbeobachtungszeitraum traten bei 10 (14 %) Patienten Komplikationen auf (Abb. 42), wovon sich 9 (13 %) Patienten einem Sekundäreingriff unterziehen mussten (Tabelle 12): Insgesamt waren 5 (7 %) Patienten von einer Humeruskopfnekrose betroffen, welche somit die häufigste Komplikation im untersuchten Patientenkollektiv darstellte: Bei 4 (6 %) Patienten entwickelte sich im Verlauf eine partielle Humeruskopfnekrose, welche zum *Cutting-Out* von Schrauben aus dem Humeruskopf in das Schultergelenk führte. Daraufhin wurde bei 2 Patienten ein Schraubenwechsel durchgeführt, bei einem Patienten wurden die in das Gelenk perforierenden Schrauben entfernt und ein weiterer Patient mit partieller Humeruskopfnekrose wurde konservativ behandelt. Bei einem (1 %) der 72 nachuntersuchten Patienten wurde eine komplette Humeruskopfnekrose diagnostiziert, woraufhin die Implantation einer Schulterendoprothese in einer anderen Klinik erfolgte.

Bei 2 (3 %) Patienten entwickelte sich im Verlauf eine postoperative Arthrofibrose, welche mit einer Narkosemobilisation behandelt wurde. Ein (1 %) weiterer Patient litt unter einer posttraumatischen Impingement-Symptomatik und einer Bewegungseinschränkung aufgrund einer Fehlstellung des Tuberculum majus sowie einer Rotatorenmanschettenruptur. In einem Sekundäreingriff wurde das fehlverheilte Tuberculum majus operativ abgetragen und eine Rotatorenmanschetten-Rekonstruktion durchgeführt.

Ein (1 %) Patient erlitt postoperativ eine Nachblutung, sodass ein Revisionseingriff notwendig war. Hier zeigte sich eine Blutung aus der V. cephalica, welche daraufhin umstochen werden musste. Bei einem (1 %) weiteren Patienten war eine Wundrand-Exzision aufgrund einer Wundheilungsstörung indiziert.

Bei 3 (4 %) der 72 Patienten erfolgte auf eigenen Wunsch eine komplette Metallentfernung.

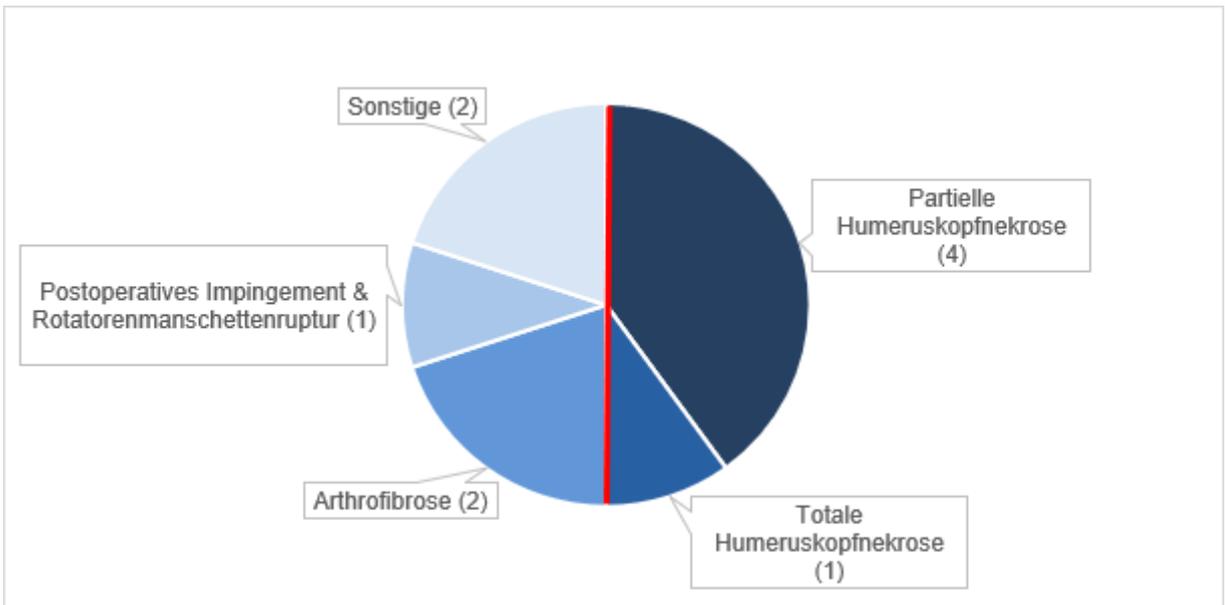


Abb. 42: Aufgetretene Komplikationen im Nachbeobachtungszeitraum.

Im Verlauf entwickelte sich bei 4 (6 %) Patienten eine partielle und bei einem (1 %) Patienten eine komplette Humeruskopfnekrose. Somit machte die Humeruskopfnekrose 50 % aller Komplikationen aus. In 2 (3 %) Fällen bestand eine postoperative Arthrofibrose und in einem Fall (1 %) litt der Patient unter einer Impingement-Symptomatik sowie einer Rotatorenmanschettenruptur. Bei einem (1 %) Patienten kam es postoperativ zu einer Nachblutung und bei einem (1 %) weiteren Patienten zu einer Wundheilungsstörung, welche unter sonstige Komplikationen zusammengefasst wurden.

Komplikation	Alter	Geschlecht	Fraktur-Klassifikation			Sekundäreingriff	Constant-Score [Punkte]	Normalisierter Constant-Score [Punkte/%]	Oxford-Score [Punkte]
			Neer	AO	Eigene				
Partielle Humeruskopfnekrose	54	W	V-4	11C3	Schwer	Entfernung der perforierenden Schrauben	13	15	9
	74	W	V-4	11C3	Schwer	Schraubenwechsel	23	28	27
	85	W	VI-4 <i>headsplint</i>	11C3	Schwer	Schraubenwechsel	38	47	25
	45	M	V-4	11C3	Schwer	-	60	63	41
Komplette Humeruskopfnekrose	85	W	V-4	11C3	Schwer	Sekundäre Endoprothese	40	49	19
Postoperative Arthrofibrose	69	W	III-2	11A2	Schwer	Narkosemobilisation	68	82	47
	66	W	IV-3	11B1	Einfach	Narkosemobilisation	51	61	34
Postoperatives Impingement, Rotatorenmanschettenruptur	50	M	IV-2	11A1	Einfach	Abtragung fehlerheiltes Tub. majus, Rotatorenmanschetten-Rekonstruktion	84	89	45
Nachblutung	73	M	I	11C1	Schwer	Umstechung der V. cephalica	69	78	43
Wundheilungsstörung	30	M	III-2	11B1	Einfach	Wundrandexzision	85	90	44
Durchschnittlich erzielte Ergebnisse im gesamten Patientenkollektiv:							67±18	78±21	41±8

Tabelle 12: Komplikationen und Sekundäreingriffe im Nachbeobachtungszeitraum sowie Ergebnisse der betroffenen Patienten in den erhobenen Scores. Unterdurchschnittliche Ergebnisse sind gelb markiert.

Die kumulative Inzidenz für das Auftreten von Komplikationen lag im gesamten Patientenkollektiv bei 14 %. Bei den Patienten mit schweren Frakturtypen traten insgesamt mehr Komplikationen auf als bei den Patienten mit einfachen Frakturtypen. Allerdings bestand hinsichtlich der Gesamtkomplikationsrate, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, kein signifikanter Unterschied (Tabelle 13):

Klassifikation		Anzahl der Komplikationen	Kumulative Inzidenz: Komplikationen allgemein [%]	p-Wert
Neer:	1-/2-Teile:	4	10 %	0,741
	3-/4-Teile:	6	18 %	
AO:	Typ A/B:	4	9 %	0,172
	Typ C:	6	21 %	
Eigene:	Einfach:	3	8 %	0,307
	Schwer:	5	14 %	
Gesamt:		10	14 %	

Tabelle 13: Übersicht aller Komplikationen bezogen auf die verwendeten Frakturklassifikationen.

Die kumulative Inzidenz für die Entstehung einer partiellen bzw. kompletten Humeruskopfnekrose, welche 50 % aller Komplikationen ausmachte, lag im gesamten Patientenkollektiv bei 7 %. Allerdings traten diese ausschließlich bei den Patienten mit schweren Frakturtypen auf. Somit waren bei den schweren Frakturtypen signifikant mehr Patienten von einer partiellen oder kompletten Humeruskopfnekrose betroffen als bei den einfachen Frakturtypen (Tabelle 14):

Klassifikation		Anzahl der Humeruskopfnekrosen	Kumulative Inzidenz: Humeruskopfnekrose [%]	p-Wert
Neer:	1-/2-Teile:	0	0 %	0,017
	3-/4-Teile:	5	15 %	
AO:	Typ A/B:	0	0 %	0,007
	Typ C:	5	18 %	
Eigene:	Einfach:	0	0 %	0,023
	Schwer:	5	14 %	
Gesamt:		5	7 %	

Tabelle 14: Übersicht der Humeruskopfnekrosen bezogen auf die verwendeten Frakturklassifikationen.

Die Patienten mit partieller oder kompletter Humeruskopfnekrose schnitten im (normalisierten) Constant- sowie Oxford-Score signifikant schlechter ab als das restliche Patientenkollektiv (Mann-Whitney-U-Test: Constant-Score $p=0,001$; normalisierter Constant-Score $p=0,001$; Oxford-Score $p=0,002$) (Tabelle 12). Auch eine Patientin, die unter einer postoperativen Arthrofibrose litt, zeigte unterdurchschnittlich schlechte Ergebnisse in allen erhobenen Scores.

3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die 72 nachuntersuchten Patienten erzielten mit der betroffenen Schulter im Durchschnitt 67 ± 18 Punkte (Median: 71; Spanne: 13–95) im Constant-Score und 78 ± 21 Punkte (Median: 82, Spanne: 15–112) im normalisierten Constant-Score. In allen verwendeten Frakturklassifikationen erreichten Patienten mit einfachen Frakturtypen signifikant bessere Ergebnisse im Constant-Score und im normalisierten Constant Score als Patienten mit schweren Frakturtypen.

Im Oxford-Score lag der Mittelwert im gesamten Patientenkollektiv bei 41 ± 8 Punkten (Median: 44; Spanne: 9–48). 57 (79 %) Patienten konnten hier gute Ergebnisse (48–37 Punkte) erzielen. Auch im Oxford-Score schnitten Patienten mit einfachen Frakturtypen in allen verwendeten Frakturklassifikationen signifikant besser ab als Patienten mit schweren Frakturtypen.

Bei 10 (14 %) der 72 nachuntersuchten Patienten traten im Nachbeobachtungszeitraum Komplikationen auf, 9 (13 %) dieser Patienten mussten sich deswegen einem Sekundäreingriff unterziehen. Allerdings trat eine partielle bzw. komplette Humeruskopfnekrose, welche als häufigste und gefürchtetste Komplikation 50 % aller Komplikationen ausmachte, ausschließlich und signifikant häufiger bei Patienten mit schweren Frakturtypen auf. Die Patienten mit partieller oder kompletter Humeruskopfnekrose schnitten, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, im (normalisierten) Constant- sowie im Oxford-Score signifikant schlechter ab als das restliche Patientenkollektiv. Auch ein Patient, der unter einer postoperativen Arthrofibrose litt, zeigte unterdurchschnittlich schlechte Ergebnisse in den erhobenen Scores.

4 Diskussion

Die proximale Humerusfraktur zählt mit ca. 5 % zu den häufigsten Frakturen des Menschen (1,2). Trotz der hohen Relevanz und einer in Zukunft wahrscheinlich weiter zunehmenden Inzidenz ist kein einheitliches Behandlungsregime in der Traumatologie etabliert (9). Während gering dislozierte Frakturen aktuell eher konservativ therapiert werden, stehen verschiedene Operationsverfahren zur Versorgung von dislozierten sowie Mehrfragmentfrakturen des proximalen Humerus zur Auswahl (10). So kann bei gering dislozierten Zwei- und Drei-Teile-Frakturen eine intramedulläre Marknagelung über einen minimalinvasiven Zugang durchgeführt werden (11,49). Mehrfragmentfrakturen sowie Frakturen mit hohem Dislokationsgrad werden hingegen meist mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese versorgt (21,24). Falls keine kopferhaltene Osteosynthese möglich ist, stellt die Implantation einer Schulterendoprothese neben der Resektionsarthroplastik eine weitere Behandlungsalternative dar.

Bei der Plattenosteosynthese haben sich vor allem winkelstabile Systeme bewährt, da sie eine hohe Primärstabilität, insbesondere bei osteoporotischen Knochen, bieten und die vaskuläre Versorgung durch Schonung des Periosts im Gegensatz zu herkömmlichen Plattensystemen nicht kompromittieren (46). Trotz der genannten Vorteile wurden in der Literatur im Rahmen vorangegangener Studien Komplikationsraten von bis zu 60 % bei der Verwendung winkelstabiler Plattenosteosynthesen berichtet (21,22,24,27,28). Besonders häufig wird das sekundäre *Cutting-Out* von Schrauben aus dem Humeruskopf nach intraartikulär in das Schultergelenk infolge einer partiellen oder kompletten Humeruskopfnekrose beobachtet. Allerdings sollte bei der Interpretation der klinischen Ergebnisse und Komplikationsraten bedacht werden, dass die winkelstabile Plattenosteosynthese vor allem bei schweren Frakturtypen angewandt wird, die aufgrund der Frakturschwere per se mit einer deutlich höheren Komplikationsrate und schlechteren klinischen Ergebnissen einhergehen könnten als einfache Frakturtypen, die typischerweise konservativ therapiert werden.

Im Rahmen unserer Studie sollte daher überprüft werden, ob sich die klinischen Ergebnisse und Komplikationsraten nach winkelstabiler Plattenosteosynthese einfacher Frakturtypen von denen schwerer Frakturtypen unterscheiden.

Die proximale Humerusfraktur ist eine typische Verletzung des älteren Menschen. Mit zunehmendem Lebensalter kommt es bereits ab dem 40. Lebensjahr zu einem exponentiellen Anstieg der Inzidenz (3,5–7), wobei Court-Brown et al. (8) in ihrer großen epidemiologischen Studie mit 1015 Patienten die höchste Inzidenz (260/100.000) bei Frauen zwischen dem 80. und 89. Lebensjahr erfassten. Das Durchschnittsalter in ihrer Studie lag bei 66 Jahren, wobei Frauen mit durchschnittlich 70 Jahren älter waren als die teilnehmenden Männer mit einem Durchschnittsalter von 56 Jahren.

Dies spiegelte sich auch im Patientenkollektiv unserer Studie wider: Das Durchschnittsalter bei Frakturereignis lag bei durchschnittlich 65 ± 12 Jahren, wobei das mittlere Alter der Frauen 68 ± 10 Jahre und das der Männer 60 ± 15 Jahre betrug.

Typischerweise sind Frauen deutlich häufiger von einer proximalen Humerusfraktur betroffen als Männer. Bei Passaretti et al. (2) wurden 209 (29,4 %) Männer und 502 (70,6 %) Frauen in die Studie eingeschlossen. An der großen epidemiologischen Studie von Court-Brown et al. (8) nahmen 278 (27 %) Männer und 737 (73 %) Frauen teil und an der Studie von Launonen et al. (4) 503 (73 %) Frauen und 175 (27 %) Männer. Unser Patientenkollektiv bestand aus 22 (31 %) Männern und 50 (69 %) Frauen und entspricht somit der typischen zu erwartenden Geschlechterverteilung.

Dieses charakteristische Geschlechterverhältnis ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Inzidenz der Osteoporose als wichtiger Risikofaktor für die proximale Humerusfraktur im höheren Lebensalter vor allem beim weiblichen Geschlecht erhöht ist (39,40). In unserer Studie war bei 7 Frauen (10 %) bereits zum Unfallzeitpunkt eine Osteoporose vorbekannt, wobei bei keinem der Männer eine Osteoporose vor dem Unfallereignis diagnostiziert worden war. Allerdings muss von einer deutlich höheren Dunkelziffer ausgegangen werden, da in den meisten Fällen die Osteoporose bis zum Unfallereignis unerkannt bleibt. So untersuchten Haasters et al. (40) die Osteoporose-Prävalenz bei Patienten mit typischen möglicherweise Osteoporose-assoziierten Frakturen. In die Studie eingeschlossen wurden Frauen über 50 Jahre sowie Männer über 60 Jahre, die ein Niedrigrasanztrauma erlitten hatten. Bei über 80 % der Patienten, bei denen bis zum Unfallzeitpunkt keine entsprechende Diagnose bekannt war, konnte in nachfolgenden Untersuchungen eine Osteoporose nachgewiesen werden. Daher sollte bei möglichen Osteoporose-assoziierten Frakturereignissen im Verlauf immer eine weiterführende spezifische Diagnostik hinsichtlich einer vorhandenen Osteoporose durchgeführt werden.

Auch Launonen et al. (4) untersuchten die Inzidenz der proximalen Humerusfraktur in Finnland zwischen 2006–2010. Hierbei ergab sich eine Gesamtinzidenz von 82/100.000, wobei diese bei den Frauen (114/100.000) deutlich höher war als bei den Männern (47/100.000). Die höchste Inzidenz erfassten sie bei den über 80-jährigen Frauen (379/100.000). Die Inzidenz der proximalen Humerusfraktur nahm in den vergangenen Jahrzehnten beachtlich zu. So konnte Palvanen et al. (7) aufzeigen, dass sich die Inzidenz dieser Verletzung bei den über 60-Jährigen in der finnischen Bevölkerung bereits zwischen 1970 und 2002 verdreifacht hat. Im Rahmen des demographischen Wandels mit einer zunehmend älter werdenden Bevölkerung muss auch in Zukunft von einem weiteren Inzidenzanstieg ausgegangen werden.

Die Ätiologie der proximalen Humerusfraktur ist abhängig vom Patientenalter, wie auch Launonen et al. (4) in ihrer Studie mit 678 Patienten zeigen konnten: Bei älteren Patienten sind meist Niedrigrasanztraumata, wie ein Sturz aus dem Stand, ursächlich, während bei jüngeren Patienten vor allem hochenergetische Traumata, wie Verkehrsunfälle oder Sportunfälle, im Vordergrund stehen. Dies bestätigte sich auch in unserer Studie: 41 (57 %) Patienten erlitten ein Niedrigrasanztrauma: 28 (39 %) Patienten stürzten zu Hause aus dem Stand, 10 (14 %) Patienten erlitten einen außerhäuslichen Stolpersturz, 2 (3 %) Patienten stürzten aufgrund von Glätteis und ein (1 %) Patient zog sich die Fraktur bei einem Sturz während eines stationären Krankenhausaufenthaltes zu. Das Durchschnittsalter bei den Niedrigrasanztraumata lag in unserer Nachuntersuchung bei 72 Jahren. Die 31 (43 %) Patienten, die ein Hochrasanztrauma erlitten, waren mit durchschnittlich 57 Jahren deutlich jünger: 18 (25 %) Patienten zogen sich die Fraktur bei einem Zweiradunfall zu, 8 (11 %) verletzten sich beim Sport, 4 (6 %) Patienten erlitten die Fraktur bei einem Arbeitsunfall und ein (1 %) Patient stürzte eine Treppe hinunter. Bei Court-Brown et al. (8) zogen sich bei einem ähnlichen Gesamtdurchschnittsalter wie in unserer Studie sogar 87 % der Studienteilnehmer die Fraktur im Rahmen eines Sturzes aus dem Stand zu.

Ursächlich für diese altersspezifische Aufteilung des Unfallmechanismus ist die verminderte Knochendichte im höheren Lebensalter (39,71). Aber auch die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen von Risikofaktoren, die einen Sturz begünstigen, steigt mit zunehmendem Lebensalter an. So konnten Chu et al. (41) in ihrer Studie eine Hörminderung, Diabetes mellitus, Depressionen, vorangegangene Stürze, Probleme beim Laufen im gedämmten Licht sowie Schwierigkeiten bei der Bewältigung von Alltagsaktivitäten als weitere Risikofaktoren für eine proximale Humerusfraktur ausmachen.

Zur Beurteilung einer Fraktur und Einleitung einer individuell angepassten Therapie ist die Klassifikation der Fraktur unerlässlich. Eine gute Frakturklassifikation zeichnet sich durch eine übersichtliche und praktikable klinische Anwendung, eine prognostische und therapeutische Bedeutung sowie eine hohe Reliabilität aus. Zur Einteilung proximaler Humerusfrakturen stehen vielfältige Klassifikationssysteme zur Verfügung: Neben den am häufigsten verwendeten Einteilungen nach Neer und nach der AO existieren weitere neuere Klassifikationssysteme, wie die Codman-Hertel-Klassifikation und die Einteilung nach Resch.

Die Neer-Klassifikation, welche sich an radiologischen und intraoperativen Befunden orientiert, wurde erstmals 1970 veröffentlicht und kontinuierlich weiterentwickelt (42,44,60). Allerdings ist sie unserer Meinung nach im klinischen Alltag nur bedingt anwendbar, da die Übersichtlichkeit und Praktikabilität durch die vielen Untergruppen beeinträchtigt werden. Des Weiteren gilt eine Fraktur nach Neer erst dann als disloziert, wenn ein Fragment über 45° abgekippt oder um mehr als 1 cm verschoben ist. Court-Brown et al. (8) konnten in ihrer epidemiologischen Studie

aufzeigen, dass nach diesen Kriterien 49 % aller proximalen Humerusfrakturen als nicht-disloziert gelten und sich somit einer weiteren Klassifikation entziehen. Neer empfiehlt bei allen nicht-dislozierten Frakturformen eine konservative Therapie (42). Unter den heutigen Gesichtspunkten müssen diese Dislokationskriterien aber kritisch hinterfragt werden, da mittlerweile bereits geringere Dislokationsgrade als Indikation zu einer operativen Versorgung angesehen werden: So nannten Lill et al. (45) 2012 eine Achsabweichung von über 20°, eine Kalottendislokation von mehr als 5 mm bzw. eine Tuberkuladislokation von mehr als 2 mm als Operationsindikation. Trotz der hohen Anzahl an Untergruppen sind die deskriptiven Möglichkeiten in der Neer-Klassifikation beschränkt: So wird dem Frakturverlauf am chirurgischen oder anatomischen Hals in den Frakturgruppen IV-VI keine weitere Beachtung geschenkt, obwohl dieser prognostische Konsequenzen mit sich bringt (36,43). Trotz der weiten Verbreitung der Neer-Klassifikation bestehen zudem erhebliche Schwächen bei der Reliabilität: So publizierten Majed et al. (20) 2011 für die Neer-Klassifikation eine nur geringe Interobserverreliabilität von $\kappa=0,30$ sowie eine geringe Intraobserverreliabilität von $\kappa=0,54$.

Die ebenso weit verbreitete AO-Klassifikation unterscheidet zwischen extraartikulären unifokalen, extraartikulär bifokalen und intraartikulären Frakturen. Hierbei werden vor allem der Frakturverlauf und eine mögliche Dislokationsrichtung beurteilt, aber keine Grenzwerte, ab denen eine Fraktur als disloziert gilt, angegeben. Frakturverläufe im anatomischen Hals werden hier gesondert klassifiziert. Allerdings wird auch bei der AO-Klassifikation der klinische Einsatz durch die große Anzahl an Untergruppen erschwert und sie weist in der Studie von Majed et al. (20) gleichfalls nur geringe Werte für die Inter- bzw. Intraobserverreliabilität ($\kappa=0,11$ bzw. $\kappa=0,42$) auf.

Die Codman-Hertel-Klassifikation (43), die 2004 veröffentlicht wurde, teilt die proximalen Humerusfrakturen anhand von Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen und dem intraoperativen Befund in 12 Untergruppen ein. Hierbei ist der Verlauf der Frakturlinien entscheidend und nicht die Anzahl der Fragmente. Bei der Entwicklung der Klassifikation wurde im Rahmen einer Studie (43) die Perfusion des Humeruskopfes intraoperativ durch Anbohren des Knochens evaluiert. Hierbei zeigte sich unter anderem, dass Frakturen mit einem durchgehenden Frakturverlauf durch das Collum anatomicum ein hohes Risiko für die Entstehung einer Ischämie aufweisen. Ein weiterer prädiktiver Faktor stellt nach Hertel et al. (43) die Ruptur des medialen Periosts dar, welches für die Durchblutung des Humeruskopfes relevant ist und eine Scharnierfunktion einnimmt. Bereits ab einer Verschiebung dieser sogenannten medialen *Hinge* (Scharnier) von über 2 mm wird die Entstehung einer Ischämie begünstigt. Auch dem inferioren Anteil des Humeruskopfes, dem sogenannten Kalkar, kommt bei der Blutversorgung und der Abstützung der Fraktur eine wesentliche Rolle zu. Ab einem kurzen Kalkarsegment von unter 8 mm steigt das Ischämierisiko deutlich an (43). Des Weiteren zeigte sich

interessanterweise, dass der Dislokationsgrad der Fraktur selbst nur einen geringen Einfluss auf das unfallbedingte Ischämierisiko des Humeruskopfes nahm (43). Diese Erkenntnisse trugen unter anderem auch zur Entwicklung unserer eigenen Fraktureinteilung bei. Im Vergleich zu den anderen Klassifikationssystemen weist die Codman-Hertel-Einteilung in der Publikation von Majed et al. (20) die höchste Interobserverreliabilität mit $\kappa=0,44$ auf.

Die Einteilung nach Resch (72) baut auf den Erkenntnissen von Hertel et al. (43) auf. Allerdings werden hierbei pathomechanische Faktoren und die Abkippung der Fragmente miteinbezogen. Hierzu ist die Auswertung einer 3D-CT-Rekonstruktion notwendig, welche im klinischen Alltag kein Bestandteil der Routine-Diagnostik ist und auch in den aktuellen Leitlinien der DGU (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.) von 2017 nur als fakultative Untersuchung empfohlen wird (73). Bei der Entwicklung der Klassifikation wurden mögliche Kriterien auf ihre Reliabilität überprüft. Nur Kriterien, die eine hohe Interobserverreliabilität aufweisen, wurden in die Klassifikation aufgenommen. Somit weist die Klassifikation nach Resch von 2016 eine vergleichsweise hohe Interobserverreliabilität ($\kappa=0,70$) auf (72). Dafür wurden aber aufgrund einer zu geringen Reliabilität auf womöglich prognostisch relevante Faktoren, wie die mediale *Hinge* und die Kalkarlänge, verzichtet. Zudem muss im Rahmen weiterer Studien noch die prognostische Bedeutung der Klassifikation untersucht werden.

Wir entschlossen uns dazu, die Frakturen in unserer Studie nach den in der Literatur am häufigsten verwendeten Klassifikationen nach Neer und AO einzuteilen, um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Publikationen zu gewährleisten. Zur weiteren Auswertung wurden Ein- und Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation als einfache Frakturtypen und Drei- und Vier-Teile-Frakturen als schwere Frakturtypen zusammengefasst. Analog hierzu galten Typ A/B-Frakturen nach der AO-Klassifikation als einfache und Typ C-Frakturen als schwere Frakturtypen.

Des Weiteren erfolgte die Einteilung der Frakturen zur leichteren klinischen Beurteilung in zwei selbst definierte Gruppen: Unterschieden wurden schwere, komplikationsträchtige Frakturen von einfachen, komplikationsarmen Frakturen. Die Kriterien basierten auf Risikofaktoren für eine Humeruskopfnekrose, nervale und arterielle Begleitverletzungen, einem möglichen postoperativen Repositionsverlust sowie einem zu erwartenden schlechten funktionellen Ergebnis aufgrund der Frakturschwere. Merkmale für eine schwere Fraktur stellten eine durchgehende Frakturlinie durch das Collum anatomicum, eine varische Abkippung der Fraktur von über 20° sowie eine glenohumerale Luxation dar. Bereits das Vorliegen eines der Kriterien war zur Einteilung in die Gruppe der schweren Frakturen ausreichend. Die durchgehende Frakturlinie durch das Collum anatomicum wurde aufgrund der Erkenntnis von

Hertel et al. (43), dass diese mit einem erhöhten Risiko für Ischämien des Humeruskopfes einhergeht, als Kriterium gewählt. Solberg et al. (74) sowie Jung et al. (18) zeigten auf, dass eine varische Abkipfung der Fraktur von über 20° mit signifikant schlechteren postoperativen klinischen Ergebnissen sowie einem erhöhten Risiko für einen postoperativen Repositionsverlust einhergeht. Ebenso wurde das Vorliegen einer glenohumeralen Luxation als Kriterium für eine schwere Fraktur gewählt: Hierdurch kann es zu Verletzungen der umliegenden Strukturen und somit zu Gefäß- und Nervenschäden kommen. Der N. axillaris ist dabei vor dem N. musculocutaneus und N. suprascapularis am häufigsten betroffen (36). Arterielle Gefäßschäden betreffen neben der A. axillaris auch die Aa. circumflexae humeri anterior et posterior (36), wodurch das Risiko für Ischämien im Kopfbereich ansteigt. Auf die Einbeziehung der medialen *Hinge* und der Kalkarlänge als Klassifikationskriterien wurde aufgrund der von Resch (72) aufgezeigten geringen Interobserverreliabilität verzichtet.

In unserer Studie teilten sich die Frakturen nach der Neer-Klassifikation in 25 (35 %) Ein-Teile-, 14 (19 %) Zwei-Teile-, 11 (15 %) Drei-Teile- und 22 (31 %) Vier-Teile-Frakturen auf. Somit lagen nach der Neer-Klassifikation 39 (54 %) einfache und 33 (46 %) schwere Frakturtypen vor. Anhand der AO-Klassifikation unterteilten sich die Frakturen in 13 (18 %) Typ A-, 31 (43 %) Typ B- sowie 28 (39 %) Typ C-Frakturen. Somit wurden 44 (61 %) Frakturen als einfache und 28 (39 %) als schwere Frakturtypen zusammengefasst. Nach der eigenen Klassifikation konnten 36 (50 %) einfache Frakturen und 36 (50 %) schwere Frakturen bestimmt werden. Somit zeigte sich in unserer Studie, unabhängig von der zugrundeliegenden Klassifikation, eine annähernd gleiche Verteilung an einfachen und schweren Frakturtypen.

Court-Brown et al. (8) konnten im Rahmen ihrer epidemiologischen Studie 49 % der 1027 Frakturen nach den Neer-Kriterien den Ein-Teile-Frakturen zuordnen. Des Weiteren lagen 37,5 % Zwei-Teile-Frakturen, 9,5 % Drei-Teile-Frakturen und nur 3,8 % Vier-Teile-Frakturen vor. Nach der AO-Klassifikation gliederten sich die Frakturen in ihrer Studie in 66 % Typ A-, in 26,6 % Typ B- und in 5,8 % Typ C-Frakturen auf. Somit war der Anteil an schweren Frakturtypen in unserem Patientenkollektiv deutlich größer als in der epidemiologischen Studie von Court-Brown et al. (8). Diese Diskrepanz lässt sich dadurch erklären, dass unser Patientenkollektiv durch die Indikation zur winkelstabilen Plattenosteosynthese vorselektiert war und somit vor allem vergleichsweise weniger einfache Frakturtypen eingeschlossen wurden. Unsere Studie unterscheidet sich zudem im Vergleich zu anderen Publikationen zur winkelstabilen Plattenosteosynthese durch den Einschluss von Ein-Teile-Frakturen des proximalen Humerus. In der Metaanalyse von Sproul et al. (27) wurden zwölf Studien zur winkelstabilen Plattenosteosynthese bei proximaler Humerusfraktur verglichen und deren Ergebnisse zusammengefasst. Somit lagen von insgesamt 514 Patienten Daten vor, wovon 341 (66,3 %) weiblichen und 173 (33,7 %) männlichen Geschlechts waren. Nach der Neer-

Klassifikation traten 175 (34 %) Zwei-Teile-Frakturen, 230 (44,7 %) Drei-Teile- und 109 (21,2 %) Vier-Teile-Frakturen auf. Im Gegensatz zu unserer Studie wurden in keiner der zwölf Studien aus dieser Metaanalyse Ein-Teile-Frakturen inkludiert. Eine Ausnahme stellt die Multicenterstudie von Südkamp et al. (55) von 2009 dar: Hier wurden von den insgesamt 187 Frakturen 15 (8 %) Ein-Teile-Frakturen aufgeführt, die bei der passiven Mobilisation unter Durchleuchtung eine Instabilität aufwiesen.

Bei dem Vergleich der klinischen Ergebnisse verschiedener Studien zur winkelstabilen Plattenosteosynthese muss bedacht werden, dass dies aufgrund der unterschiedlichen Frakturschwere und deren prozentualen Verteilung nur eingeschränkt möglich ist. Zum Teil wurden auch nur einzelne Subtypen in die Studien inkludiert, was unweigerlich zu einer Beeinflussung der Ergebnisse führt. So wurden in den Studien von Schliemann et al. (21), Aguado et al. (75), Solberg et al. (74) und Hente et al. (30) nur Drei- und Vier-Teile-Frakturen einbezogen. Des Weiteren wird der Vergleich durch verschiedene Nachbeobachtungszeiträume, andere Alters- und Geschlechtsstrukturen im jeweiligen Patientenkollektiv sowie abweichende Messmethoden, vor allem bei der Kraftmessung im Constant-Score, erschwert.

In unserer Studie wurde durch den zusätzlichen Einschluss von Ein-Teile-Frakturen das gesamte Spektrum der proximalen Humerusfrakturen abgedeckt und es konnten auch für diese vermeintlich einfacheren Frakturtypen, die bisher in den meisten Studien keine Beachtung fanden, klinische Ergebnisse und Komplikationsraten bei der Versorgung mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese erhoben werden. Zur Evaluierung der postoperativen Ergebnisse wurden in unserer Studie der Constant-Score, der normalisierte Constant-Score (nCS) sowie der Oxford-Score ermittelt.

Im Constant-Score wurden im gesamten Patientenkollektiv durchschnittlich 67 ± 18 Punkte (Median: 71; Spanne: 13–95) erzielt. 4 (6 %) Patienten erreichten sehr gute Ergebnisse, 34 (47 %) gute, 18 (25 %) befriedigende und 16 (22 %) Patienten schlechte Ergebnisse. Der Durchschnitt im normalisierten Constant-Score nach Katolik et al. (67) lag bei 78 ± 21 Punkten (Median: 82; Spanne: 15–112). Wir konnten im Rahmen unserer Studie aufzeigen, dass Patienten mit einfachen Frakturtypen, unabhängig von der verwendeten Frakturklassifikation, sowohl im Constant-Score als auch im normalisierten Constant-Score signifikant bessere Ergebnisse erzielten als Patienten mit schweren Frakturtypen.

Ein- und Zwei-Teile-Frakturen nach der Neer-Klassifikation erzielten in unserer Studie mit durchschnittlich 72 ± 16 (nCS: 84 ± 18) Punkten signifikant bessere Werte im Constant-Score als die Gruppe der Drei- und Vier-Teile-Frakturen mit 60 ± 19 (nCS: 71 ± 22) Punkten. In der Studie von Schliemann et al. (21), in der ausschließlich Drei- und Vier-Teile-Frakturen inkludiert wurden, wurden mit 56 Punkten ein schlechterer Mittelwert im Constant-Score

erzielt, obwohl der Nachbeobachtungszeitraum mit durchschnittlich 44 Monaten deutlich länger war als unser Nachbeobachtungszeitraum mit 12 Monaten. Allerdings gilt zu beachten, dass die Patienten im Durchschnitt 6 Jahre älter waren als in unserer Studie. In der Studie von Handschin et al. (76) erreichten die Patienten trotz eines längeren Nachbeobachtungszeitraumes von 19 ± 3 Monaten sowie einem geringen Durchschnittsalter mit 62 ± 16 Jahren als in unserem Patientenkollektiv nur durchschnittlich 59 ± 11 Punkte im Constant-Score. Die Frakturen untergliederten sich in 8 (26 %) Zwei-Teile-, 13 (42 %) Drei-Teile- und 10 (32 %) Vier-Teile-Frakturen. Ein-Teile-Frakturen wurden nicht inkludiert. Bei der Analyse anhand der Subgruppen nach der Neer-Klassifikation zeigte sich bei Handschin et al. (76) mit zunehmender Fragmentzahl eine Verschlechterung des Constant-Score-Gesamtwertes. Die Zwei-Teile-Frakturen erzielten durchschnittlich 64 ± 8 Punkte, die Drei-Teile-Frakturen 60 ± 7 Punkte und die Vier-Teile-Frakturen nur 57 ± 8 Punkte. Allerdings bestanden keine signifikanten Unterschiede. Die fehlende Signifikanz ist womöglich auf eine zu geringe Fallzahl in der Studie von Handschin et al. (76) zurückzuführen. In der Studie von Greiner et al. (77) konnte aufgezeigt werden, dass sich die funktionellen Ergebnisse zwischen den Frakturgruppen nach Neer signifikant unterscheiden: So erzielten die 22 (45,8 %) Zwei-Teile-Frakturen durchschnittlich $71,7\pm 14,2$ Punkte, die 17 (35,4 %) Drei-Teile-Frakturen $64,2\pm 15,7$ Punkte und die 9 (18,8 %) Vier-Teile-Frakturen nur $56,4\pm 12,9$ Punkte. Ein-Teile-Frakturen wurden nicht inkludiert. Insgesamt lag der Durchschnitt im Constant-Score nach 45 Monaten mit $66,2\pm 15,4$ Punkten leicht unterhalb unserer eigenen Ergebnisse und dies obwohl unser Nachbeobachtungszeitraum mit 12 Monaten postoperativ kürzer war. Der nach Katolik et al. (67) normalisierte Constant-Score lag hingegen mit $90\pm 23,1$ über dem unserer Nachuntersuchung mit 78 ± 21 Punkten, obwohl der Altersdurchschnitt mit 66 Jahren kaum von dem in unserer Studie abwich. Dies bedeutet, dass in der Studie von Greiner et al. (77) viele Patienten für ihr Alter überdurchschnittlich gute Ergebnisse erzielt haben müssen. Bei der Normalisierung der Rohdaten profitieren vor allem ältere Patienten von der Anpassung der Werte. Obwohl der Altersdurchschnitt von Greiner et al. (77) dem unseren glich, war die Altersspanne mit 26–92 Jahren größer als bei uns mit 30–82 Jahren. Somit nahmen vermutlich mehr alte Patienten an ihrer Studie teil als an unserer, sodass hierdurch der deutlich höhere durchschnittliche normalisierte Constant-Score bei einem ähnlichen mittleren Constant-Score-Rohwert begründet ist. Des Weiteren stellten Greiner et al. (77) fest, dass Patienten, die eine Humeruskopfnekrose entwickelten, signifikant schlechtere Ergebnisse im Constant-Score erzielten als das Restkollektiv. Dies bestätigte sich ebenso in unserer Studie. Auch Sohn et al. (78) dokumentierten mit zunehmender Frakturschwere nach der Neer-Klassifikation eine ähnliche Abstufung der Ergebnisse im Constant-Score. So erzielten Patienten mit Zwei-Teile-Frakturen im Durchschnitt 80 Punkte, Patienten mit Drei-Teile-Frakturen 74 Punkte und Patienten mit Vier-Teile-Frakturen durchschnittlich 62 Punkte im Constant-Score, welcher

durchschnittlich 37 Monate nach der Operation erhoben wurde. Sohn et al. (78) zeigten auf, dass Patienten mit Drei-Teile-Frakturen signifikant bessere funktionelle Ergebnisse erreichen als Patienten mit Vier-Teile-Frakturen.

Nach der AO-Klassifikation erzielten die Typ A/B-Frakturen in unserer Studie durchschnittlich 72 ± 15 (nCS: 84 ± 18) Punkte. Die Typ C-Frakturen hingegen schnitten mit im Durchschnitt 60 ± 20 (nCS: 69 ± 22) Punkten signifikant schlechter ab. Auch in der Studie von Thalhammer et al. (79) zeigte sich, dass die Typ A/B-Frakturen nach winkelstabiler Plattenosteosynthese bessere funktionelle Ergebnisse erzielten als die Typ C-Frakturen. Der Durchschnitt des gesamten Patientenkollektivs von 42 Patienten lag im Constant-Score bei 74 Punkten und war somit etwas höher als der in unserer Nachuntersuchung mit 67 ± 18 Punkten. Allerdings betrug bei Thalhammer et al. (79) der Nachbeobachtungszeitraum 3 Jahre und das Patientenkollektiv war mit durchschnittlich 57,8 Jahren deutlich jünger als das unsere. In der Publikation von Fankhauser et al. (80) von 2005 werden bei einem mittleren Nachbeobachtungszeitraum von 12 Monaten insgesamt durchschnittlich 74,6 Punkte im Constant-Score angegeben. Das durchschnittliche Patientenalter lag bei 64 Jahren. Die 28 Frakturen unterteilten sich hierbei in 4 (14 %) Typ A-, 15 (54 %) Typ B- und 9 (32 %) Typ C-Frakturen. Mit zunehmender Frakturschwere nahm der durchschnittliche Wert im Constant-Score ab: Typ A-Frakturen erzielten im Durchschnitt 82,6, Typ B-Frakturen 78,3 und Typ C-Frakturen hingegen nur 64,6 Punkte. Angaben zur Signifikanz wurden in dieser Patientenserie nicht genannt.

Auch nach der eigenen vereinfachten Klassifikation zeigten Patienten mit einfachen Frakturtypen in der Nachuntersuchung signifikant bessere funktionelle Ergebnisse als Patienten mit schweren Frakturtypen. So erreichten Patienten mit einfachen Frakturtypen im Constant-Score durchschnittlich 72 ± 16 (nCS: 83 ± 18) Punkte, wohingegen der Durchschnitt bei Patienten mit schweren Frakturtypen bei nur 62 ± 19 (nCS: 72 ± 22) Punkten lag. Vor allem Patienten mit einer durchgehenden Frakturlinie durch das Collum anatomicum erzielten mit nur durchschnittlich 59 ± 20 Punkten (nCS: 69 ± 22) signifikant schlechtere funktionelle Ergebnisse als das restliche Patientenkollektiv (Mann-Whitney-U-Test; $p=0,004$). Des Weiteren bestätigte sich in unserer Studie, dass eine Abkippung der Fraktur von über 20° in der Frontalebene das funktionelle postoperative Ergebnis im Constant-Score gleichfalls signifikant negativ beeinflusst (Mann-Whitney-U-Test: $p=0,001$). Allerdings schnitten Frakturen mit initialer Valgus- bzw. Varusstellung mit durchschnittlich 59 ± 21 (nCS: 69 ± 23) Punkten bzw. 57 ± 18 (nCS: 68 ± 21) Punkten sehr ähnlich ab. Frakturen ohne relevante Fragmentabkippung erreichten im Gegensatz dazu durchschnittlich 71 ± 17 (nCS: 83 ± 19) Punkte. Solberg et al. (74) hingegen berichteten in ihrer Publikation von 2009, dass Frakturen mit einer initialen Varusstellung signifikant schlechtere Ergebnisse im Constant-Score aufwiesen als Frakturen in valgischer Fehlstellung. So lag das durchschnittliche Ergebnis im Constant-Score bei den

varisch abgekippten Frakturen bei $63,3 \pm 7,2$ und bei den valgisch abgekippten Frakturen bei $71,2 \pm 9,7$ Punkten. Hier wurden allerdings nur Drei- und Vier-Teile-Frakturen nach den Neer-Kriterien in die Studie eingeschlossen und der Nachbeobachtungszeitraum war im Durchschnitt in etwa dreimal länger als der unsere.

In den Kategorien Bewegungsumfang und Handreichweite des Constant-Scores schnitten die einfachen Frakturtypen, unabhängig von den in unserer Studie verwendeten Frakturklassifikationen, signifikant besser ab als die schweren Frakturtypen. In der Kategorie Alltagsaktivitäten galt dies nur für die Neer- und AO-Klassifikation und in der Kategorie Schmerz konnte lediglich in der AO-Klassifikation ein signifikant besseres Abschneiden der einfachen Frakturtypen aufgezeigt werden. In der Studie von Jung et al. (81) mit 32 Patienten und einem Durchschnittsalter von 72,4 Jahren lagen 15 (47 %) Zwei-Teile-, 12 (37 %) Drei-Teile- und 5 (16 %) Vier-Teile-Frakturen nach Neer bzw. 10 (31 %) Typ A-, 14 (44 %) Typ B- und 8 (25 %) Typ C-Frakturen nach der AO-Klassifikation vor. Insgesamt wurden durchschnittlich 75,7 Punkte im Constant-Score erzielt, wobei 8 (25 %) Patienten sehr gute, 15 (47 %) gute, 7 (22 %) befriedigende und 2 (6 %) schlechte Ergebnisse erreichten. Der alters- und geschlechtsadaptierte Mittelwert lag bei 80,62 Punkten, wobei keine Angaben über die verwendeten Normalwerte gemacht wurden. Eine Aufgliederung der Ergebnisse anhand der Frakturschwere liegt nicht vor. In der Kategorie Schmerz lag der Mittelwert bei 13,1, bei den Alltagsaktivitäten inklusive Handreichweite bei 17,5, in der Kategorie Kraft bei 18,8 Punkten und beim Bewegungsumfang bei 26,3 Punkten. In der Flexion wurden durchschnittlich $145,5^\circ$ und bei der Abduktion $128,7^\circ$ erzielt. Bei Fankhauser et al. (80) gliederte sich die Gesamtpunktzahl von durchschnittlich 74,6 Punkten 12 Monate postoperativ folgendermaßen auf: In der Kategorie Schmerz wurden durchschnittlich 13,9 Punkte, bei den Alltagsaktivitäten 7,9, in der Kategorie Handreichweite 7,4 und in der Kategorie Kraft 17,6 Punkte erreicht. In der Kategorie Bewegungsumfang wurden bei der Flexion durchschnittlich 7,4, bei der Abduktion 6,9, bei der Innenrotation 7,3 und bei der Außenrotation 6,4 Punkte erzielt. In den beiden oben genannten Studien sind vor allem die höheren Punktwerte in der Kategorie Kraft im Vergleich zu unserer Nachuntersuchung auffällig, in der lediglich durchschnittlich 9 ± 6 Punkte bei der Kraftmessung erzielt werden konnten. Dies könnte womöglich der Messmethode geschuldet sein. Da Fankhauser et al. (80) und Jung et al. (81) in ihren Publikationen keine genauen Angaben zur Krafterhebung machen, kann dies leider nicht überprüft werden. Auch die Ergebnisse von Hente et al. (30) unterscheiden sich vor allem in der Kategorie Kraft deutlich von den unseren. Bei einem durchschnittlichen Gesamtwert von 72 ± 20 Punkten im Constant-Score nach 16,5 Monaten postoperativ wurden im Durchschnitt 22 ± 5 Punkte in der Kategorie Kraft erzielt, obwohl ausschließlich Drei- und Vier-Teile-Frakturen in die Studie inkludiert wurden. Ursächlich hierfür ist neben dem späteren Zeitpunkt der postoperativen Nachuntersuchung vor allem aber die Messmethode. So erfolgte

bei Hente et al. (30) die Kraftmessung mit einer Federwaage am distalen Deltaansatz des Patienten, wohingegen in unserer Studie die Waage am Handgelenk des Patienten fixiert wurde. Aufgrund der unterschiedlichen Messpunkte unterscheiden sich die Kraftwerte deutlich. Thomas et al. (82) verglichen diese beide Messmethoden bei einem gesunden Patientenkollektiv und zeigten eine lineare Beziehung der beiden Kraftwerte. So entspricht der am Deltaansatz gemessene Kraftwert dem 2,5fachen des am Handgelenk gemessenen Kraftwertes. Dieses Verhältnis entspricht auch in etwa dem von Hente et al. (30) gemessenen durchschnittlichen Kraftwert von 22 ± 5 Punkten zu dem in unserer Studie erhobenen durchschnittlichen 9 ± 6 Punkten in der Kategorie Kraft. Zukünftig sollte eine klare Definition hinsichtlich der Art und Weise der Kraftmessung bei der Erhebung des Constant-Scores etabliert werden. Alternativ könnte auch die Angabe des Drehmomentes diese Unterschiede relativieren (82).

Auch Dietrich et al. (83) verwendeten den Constant-Score in ihrer Studie zum Vergleich der postoperativen Ergebnisse nach winkelstabiler Plattenosteosynthese bzw. nach einer Schulterhemiarthroplastik bei Drei- und Vier-Teile-Frakturen des proximalen Humerus. Das Durchschnittsalter der 52 Patienten, die mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese versorgt wurden, betrug 82 Jahre, da lediglich Patienten ab dem 70. Lebensjahr in die Studie eingeschlossen wurden. Die Frakturen untergliederten sich in 11 (21 %) Drei-Teile- und 41 (79 %) Vier-Teile-Frakturen nach den Neer-Kriterien bzw. 26 (50 %) Typ B-Frakturen und 26 (50 %) Typ C-Frakturen nach der AO-Klassifikation. 81 % der Patienten waren weiblichen Geschlechts. Im Constant-Score, der bei 37 der 52 Patienten ein Jahr nach der Operation erhoben werden konnte, lag der Mittelwert bei 71 Punkten. Nach Normalisierung der Werte wurde ein geschlechts- und altersadaptiertes Ergebnis von 91 Punkten erzielt. In der Publikation wurde leider nicht genannt, welche Normalwerte hierfür herangezogen wurden. In unserer Studie lag trotz des zusätzlichen Einschlusses von Ein- und Zwei-Teile-Frakturen und einem geringeren Durchschnittsalter von 65 ± 12 Jahren der durchschnittlich erzielte Wert in Constant-Score mit 67 ± 18 Punkten und im normalisierten Constant-Score mit 78 ± 21 Punkten unterhalb der Ergebnisse von Dietrich et al. (83). Allerdings gilt zu beachten, dass in der Studie von Dietrich et al. (83) keine *Head-Split*-Frakturen in die Studie eingeschlossen wurden. Des Weiteren unterschied sich die Auswertung der Kraftmessung beider Studien: Wenn Patienten aufgrund einer Bewegungseinschränkung oder Schmerzen den Arm nicht in die Ausgangsposition zur Kraftmessung, 90° Abduktion und 30° Anteversion, führen konnten, wurde in unserer Studie, wie zuletzt von Constant et al. (84) empfohlen, die Punktzahl der Kraftmessung auf 0 gesetzt. Bei Dietrich et al. (83) hingegen erfolgte die Messung in der maximal möglichen schmerzfreien Abduktion. Dies erklärt, warum die Patienten trotz eines höheren Durchschnittsalters und der hohen Frakturschwere in der Kategorie Kraft und somit auch im gesamten Constant-Score vergleichsweise hohe Punktwerte erzielten.

Zur Beurteilung der Lebensqualität erhoben wir in unserer Studie zusätzlich den Oxford-Score. Im Gegensatz zum Constant-Score werden hier ausschließlich subjektive Parameter einbezogen. Innerhalb der 12 Fragen werden verschiedenste Bereiche des Alltages abgefragt, um ein möglich umfassendes Ergebnis zu erhalten. Nach der Überarbeitung des Oxford-Scores im Jahr 2009 (68) sind Punktzahlen von 0–48 möglich, wobei eine hohe Punktzahl mit einer guten Funktionalität und einer hohen Lebensqualität einhergeht. Bisher sind nur wenige Publikationen veröffentlicht worden, welche den neuen Score verwenden. Viele Studien (83,85) greifen noch auf das alte Punktesystem von 1996 (69) zurück, was die Vergleichbarkeit zu unserer Studie zusätzlich limitiert.

Im Oxford-Score erreichten unsere 72 Patienten im Durchschnitt 41 ± 8 von möglichen 48 Punkten. Bei einer Spanne von 9–48 Punkten lag der Median bei 44 Punkten. Insgesamt erzielten somit 57 (79 %) Patienten gute Ergebnisse (48–37 Punkte). Unabhängig der verwendeten Frakturklassifikation erreichten Patienten mit einfachen Frakturtypen bessere Werte im Oxford-Score als die Patienten mit schweren Frakturtypen. So lag der Mittelwert bei den Ein- und Zwei-Teile-Frakturen nach Neer bei 43 ± 7 Punkten und bei den Drei- und Vier-Teile-Frakturen bei 39 ± 9 Punkten. Nach der AO-Klassifikation erreichten Patienten mit Typ A/B-Frakturen durchschnittlich 43 ± 7 und die mit Typ C-Frakturen 38 ± 10 Punkte. Der Mittelwert der Gruppe mit einfachen Frakturen nach der eigenen Einteilung lag bei 43 ± 8 und der der Gruppe mit schweren Frakturen bei 40 ± 9 Punkten. Somit wiesen in unserer Studie Patienten mit einfachen Frakturtypen nach durchschnittlich 12 Monaten eine bessere postoperative Lebensqualität auf als Patienten mit schweren Frakturtypen. In der Studie von Alberio et al. (86) wurde ebenso neben dem Constant-Score auch der Oxford-Score verwendet, um die postoperativen Ergebnisse nach einer winkelstabilen Plattenosteosynthese einer proximalen Humerusfraktur zu evaluieren. Das Durchschnittsalter der 39 Patienten lag bei 64,9 Jahren, wobei 82 % Frauen waren. Der Nachbeobachtungszeitraum war bei Alberio et al. (86) mit durchschnittlich 31,8 Monate deutlich länger als in unserer Studie mit 12 Monaten. In ihrer Studie untergliederten sich die Frakturen nach der Neer-Klassifikation in 12 (31 %) Zwei-Teile, 24 (62 %) Drei-Teile- und 2 (5 %) Vier-Teile-Frakturen sowie eine (2 %) luxierte Zwei-Teile-Fraktur. Nach der AO-Klassifikation lagen 5 (13 %) Typ A-, 30 (77 %) Typ B- und 4 (10 %) Typ C-Frakturen vor. In unserer Studie hingegen lagen prozentual mehr Typ A- (18 %) und Typ C-Frakturen (39 %) vor. Am Ende des Nachbeobachtungszeitraumes konnten bei Alberio et al. (86) bei 34 (87 %) der ursprünglich 39 Patienten der Constant- und Oxford-Score erhoben werden. Der Durchschnitt im Constant-Score lag hierbei bei 75,2 Punkten und im normalisierten Constant-Score bei 90,5 Punkten, wobei hier die Normalwerte von Grassi et al. (87) zur Normalisierung verwendet wurden. Der Oxford-Score nach durchschnittlich 31,8 Monaten wurde in der Publikation von Alberio et al. (86) im Durchschnitt mit 43,7 Punkten angegeben und liegt somit leicht über dem unseren mit

41±8 Punkten nach 12 Monaten. Auch Handoll et al. (14) verwendeten in ihrer großer Multicenter-ProFHER-Studie unter anderem den Oxford-Score. Im Rahmen dieser Studie sollten die klinischen Ergebnisse und die Kosteneffektivität von konservativem und operativem Vorgehen bei einer proximalen Humerusfraktur verglichen werden. Hierzu wurden von insgesamt 1250 therapierten Patienten 250 (20 %) im Rahmen der Studie nachuntersucht. Das Durchschnittsalter lag bei 66,01±11,94 Jahren und 76,8 % waren Frauen. Dabei wurden 125 Patienten der operativen Gruppe zugeteilt und 125 Patienten erhielten eine konservative Therapie. Letztlich wurde bei 109 der 125 Patienten aus der operativen Gruppe ein chirurgischer Eingriff durchgeführt. Diese teilten sich hierbei in 4 (3,7 %) Nagelosteosynthesen, 90 (82,6 %) Plattenosteosynthesen, 10 (9,2 %) Hemiarthroplastiken und 5 (4,6 %) andere Operationsverfahren auf. Die Frakturen der operativen Gruppe untergliederten sich nach der Neer-Klassifikation in 9 (7,2 %) Ein-Teile-, 65 (52 %) Zwei-Teile-, 46 (36,8 %) Drei-Teile- und 5 (4 %) Vier-Teile-Frakturen, wohingegen die konservative Gruppe aus 9 (7,2 %) Ein-Teile-, 63 (50,4 %) Zwei-Teile-, 47 (37,6 %) Drei-Teile- und 6 (4,8 %) Vier-Teile-Frakturen bestand. Der geringe Anteil der Vier-Teile-Frakturen in der Studie ist dadurch bedingt, dass lediglich Frakturen, bei denen nach Handoll et al. (14) keine klare Operationsindikation bestand, in die Studie inkludiert wurden. Genauere Angaben zur Definition der Operationsindikation wurden in der Publikation leider nicht veröffentlicht. Erstaunlich ist der geringe Anteil an Ein-Teile-Frakturen mit 7,2 %, da wie Court-Brown et al. (8) in ihrer epidemiologischen Studie aufzeigen konnte, ca. 49 % aller proximaler Humerusfrakturen nach der Neer-Klassifikation als nicht-disloziert gelten. Nach 12 Monaten postoperativ konnte der Oxford-Score bei 111 (88,8 %) der 125 Patienten aus der operativen Gruppe und bei 114 (91,2 %) der 125 Patienten der konservativen Gruppe erhoben werden. Hierbei lag der Mittelwert bei der operativen Gruppe bei 36,89±10,78 Punkten und bei der konservativen Gruppe bei 36,45±10,86 Punkten. Der Median betrug in beiden Gruppen 41 Punkte. Mit diesen Primärdaten wurde eine Multiebenenanalyse durchgeführt. Hiernach zeigten sich im Oxford-Score sowohl nach 6, 12 sowie 24 Monaten Nachbeobachtungszeitraum keine signifikanten Unterschiede zwischen der konservativen und operativen Gruppe. In der ProFHER-Studie (14) erzielten die Patienten mit Ein- und Zwei-Teile-Frakturen nach 12 Monaten im Oxford-Score sowohl in der konservativen als auch in der chirurgischen Gruppe 38,2±10,51 Punkte. Der Mittelwert bei den Drei- und Vier-Teile-Frakturen lag zu diesem Zeitpunkt in der chirurgischen Gruppe bei 35,0±11,03 Punkten und in der konservativen Gruppe bei 34,1±10,80 Punkten. Somit zeigte sich bezüglich der Frakturschwere kein signifikanter Unterschied in der postoperativen Lebensqualität. In unserer Studie hingegen erzielte die Gruppe der Ein- und Zwei-Teile-Frakturen mit 43±7 Punkten signifikant bessere Ergebnisse als die der Drei- und Vier-Teile-Frakturen mit 39±9 Punkten. Dies könnte womöglich dadurch bedingt sein, dass unsere Studie mit 35 % deutlich mehr

Ein-Teile-Frakturen beinhaltete. Des Weiteren muss beim Vergleich bedacht werden, dass in unserer Studie die operative Versorgung ausschließlich mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese erfolgte und in der Studie von Handoll et al. (14) hingegen in der chirurgischen Gruppe verschiedene Operationsverfahren, wie die intramedulläre Nagelung, die Plattenosteosynthese, die Hemiarthroplastik und andere Operationsverfahren, zusammengefasst wurden. Somit könnten die postoperativen Ergebnisse durch die verschiedenen Operationsmethoden beeinflusst worden sein.

Trotz der biomechanischen Vorteile (88,89), die die winkelstabile Plattenosteosynthese mit sich bringt, stehen neben den zum Teil schlechten funktionellen Ergebnissen vor allem die hohe Komplikationsraten in der Kritik. In vorangegangenen Studien variieren die Komplikationsraten nach winkelstabiler Plattenosteosynthese bei einer proximalen Humerusfraktur zwischen 10–60 % (21,22,24,27,28,31,55,90), wobei sich die Komplikationsangaben je nach angewandten Operationsindikationen für die winkelstabile Plattenosteosynthese, den eingeschlossenen Frakturtypen, dem Patientenalter sowie der Erfahrung der Chirurgen unterscheiden. So traten die höchsten Komplikationsraten in den Studien auf, die ausschließlich Drei- und Vier-Fragment-Frakturen einschlossen (21,22,24).

In unserer Studie kam es bei 10 (14 %) der 72 Patienten zu Komplikationen, wovon bei 9 (13 %) Patienten ein Sekundäreingriff durchgeführt werden musste. 20 % der Komplikationen traten innerhalb der ersten 3 Monate auf, während es sich bei den restlichen 80 % um Sekundärkomplikationen handelte. Südkamp et al. (55) zeigten auf, dass 40 % aller Komplikationen durch ein inkorrektes chirurgisches Vorgehen verursacht werden (55) und somit durch eine adäquate intraoperative Kontrolle der Implantatlage verhindert werden können. So kann eine zu kraniale Plattenlage, die ein Implantat-bedingtes Impingement zur Folge haben kann, sowie primäre Schraubenperforationen durch eine zu lange Schraubenlänge mittels intraoperativer Durchleuchtung detektiert und direkt behoben werden. In unserer Studie traten bei einer sorgfältigen intraoperativen Überprüfung der Implantat- und Schraubenlage keine primären Implantat-assoziierten Komplikationen auf. Lediglich eine (1 %) Nachblutung aus der V. cephalica sowie eine Wundheilungsstörung (1 %) konnten als primäre Komplikationen detektiert werden.

Ein weiterer Großteil der Komplikationen stellen die avaskuläre Humeruskopfnekrose sowie das sekundäre *Cutting-Out* der Schrauben, welches meist durch eine Sinterung bei schlechter Knochenqualität oder nekrotischen Knochengewebes bedingt ist, dar. Auch in unserer Studie war die Humeruskopfnekrose mit sekundärem *Cutting-Out* der Schrauben mit 7 % am häufigsten und machte 50 % alle Komplikationen aus: Bei 4 (6 %) Patienten bestand eine partielle Humeruskopfnekrose. Bei einem (1 %) der 72 nachuntersuchten Patienten wurde eine komplette Humeruskopfnekrose mit sekundärer Schraubenperforation diagnostiziert, woraufhin eine Metallentfernung und die Implantation einer Schulterendoprothese erfolgte. In

der Studie von Südkamp et al. (55) traten ebenso bei 7 % der 155 Patienten eine sekundäre Schraubenperforation im Nachbeobachtungszeitraum von 12 Monaten auf. Die Rate der Humeruskopfnekrosen hingegen lag hier nur bei 4 %. Ebenso stellte auch in der Studie von Acklin et al. (91) die Humeruskopfnekrose und das sekundäre *Cutting-Out* von Schrauben in das Schultergelenk bei einem Nachbeobachtungszeitraum von 18±6 Monaten die Hauptkomplikation dar. 8 (8,2 %) der 97 eingeschlossenen Patienten erlitten eine Humeruskopfnekrose und bei 7 (7,2 %) kam es zu einem sekundären *Cutting-Out* der Schrauben. Mit 19 % Typ A-, 47 % Typ B- und 34 % Typ C-Frakturen nach der AO-Klassifikation glich die Frakturverteilung der unserer Studie. Allerdings waren die Patienten mit durchschnittlich 62±13 Jahren etwas jünger als in unserem Patientenkollektiv mit einem Altersdurchschnitt von 65±12 Jahren. In der Studie von Schnetzke et al. (28) wurde sogar in 33 % der Fälle eine Humeruskopfnekrose detektiert. Hierbei gilt allerdings zu beachten, dass das Patientenkollektiv mit 30 Patienten recht klein war und der Nachbeobachtungszeitraum mit 37 Monaten deutlich länger war als in den zuvor genannten Studien. Ebenso wurden hier nur Typ B- und Typ C-Frakturen nach der AO-Klassifikation beobachtet.

In der Metaanalyse von Sproul et al. (27), in der die Erkenntnisse aus zwölf Studien zur winkelstabilen Plattenosteosynthese bei der proximalen Humerusfraktur zusammengefasst wurden, wurde eine Gesamtkomplikationsrate von 48,8 % erfasst. Die avaskuläre Humeruskopfnekrose trat hier bei 51 (10 %) der insgesamt 514 eingeschlossenen Patienten auf. Schraubenperforationen traten in 8 % der Fälle auf, wobei nicht in primäre und sekundäre Perforationen unterschieden wurde. Weitere häufige Komplikationen waren eine Varusfehlstellung bei 16 % der Patienten, ein postoperatives Impingement bei 6 % sowie Infektionen bei 4 % der Patienten. Die adhäsive Kapsulitis sowie ein Implantatversagen traten jeweils bei weniger als 1 % der Patienten auf. Die Rate an Sekundäreingriffen entsprach mit durchschnittlich 13,8 % der unseren.

In unserer Studie entwickelte sich bei 2 (3 %) Patienten eine postoperative Arthrofibrose, welche mit einer Narkosemobilisation therapiert wurde, und nur ein (1 %) Patient litt unter einer posttraumatischen Impingement-Symptomatik und einer Bewegungseinschränkung aufgrund einer Fehlstellung des Tuberculum majus sowie einer Rotatorenmanschettenruptur. Symptomatische Varusfehlstellungen, Implantatversagen sowie Infektionen traten in unserer Studie nicht auf.

Obwohl in unserer Studie bei den schweren Frakturtypen insgesamt mehr Komplikationen auftraten als bei den einfachen Frakturtypen, lag in keiner der verwendeten Frakturklassifikationen ein signifikanter Unterschied zwischen den Frakturgruppen hinsichtlich der Gesamtkomplikationsrate vor. Sohn et al. (78) hingegen konnten in ihrer Studie zwischen den Zwei-Teile-, Drei-Teile und Vier-Teile-Frakturen hinsichtlich der Komplikationsrate einen signifikanten Unterschied aufzeigen: Die Komplikationsrate bei den 27 (43 %) Zwei-Teile-

Frakturen lag bei nur 7,4 %, wohingegen bei den 24 (39 %) Drei-Teile-Frakturen in 20,8 % und bei den 11 (18 %) Vier-Teile-Frakturen sogar in 72,7 % Komplikationen auftraten. Womöglich konnte in unserer Studie zwischen den Frakturtypen kein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden, da mit insgesamt nur 10 Komplikationen eine zu geringe Komplikationsrate vorlag. In der Studie von Sohn et al. (78) hingegen traten bei 15 (24 %) der 62 inkludierten Patienten Komplikationen auf.

Allerdings zeigte sich im Rahmen unserer Studie eindrücklich, dass die Humeruskopfnekrose, welche einer der Hauptkomplikationen und häufigsten Ursachen für ein sekundäres *Cutting-Out* darstellt, ausschließlich und signifikant häufiger bei den Patienten mit schweren Frakturtypen auftrat. Diese Komplikation ging in unserer Studie mit signifikant schlechteren funktionellen Ergebnissen einher. Auch Leonard et al. (92) bestätigten das vermehrte Auftreten von Humeruskopfnekrosen bei schweren Frakturtypen. Innerhalb der ersten 12 postoperativen Monate wurden bei 7 (22,5 %) der 31 Patienten revisionspflichtige Komplikationen beobachtet. Bei 2 (6 %) Patienten wurde eine Humeruskopfnekrose diagnostiziert. Beide erlitten eine Typ C-Fraktur nach der AO-Klassifikation. Somit müssen die zum Teil hohen Komplikationsraten immer unter Berücksichtigung der Frakturschwere und dem Anteil der vermeidbaren, durch inadäquates chirurgisches Vorgehen verursachte Komplikationen betrachtet werden. So lag die Komplikationsrate bei den einfachen Frakturtypen in unserer Studie je nach verwendeter Frakturklassifikation bei nur 8–10 %, wohingegen die Komplikationsrate bei den schweren Frakturtypen zwischen 14–21 % variierte.

Aufgrund der guten funktionellen Ergebnisse und der vergleichsweise niedrigen Komplikationsrate bei den einfachen Frakturtypen stellt die winkelstabile Plattenosteosynthese durchaus ein gutes Therapieverfahren bei einfachen Frakturtypen dar. Zum Teil können im Vergleich zur konservativen Therapie ein höherer Bewegungsumfang, eine frühere Schmerzreduktion sowie niedrigere Komplikationsraten erzielt werden. Bei Hanson et al. (29) wurden nur Patienten nachuntersucht, deren proximale Humerusfraktur konservativ therapiert wurde. Die Frakturen untergliederten sich in 85 (53 %) Typ A-, 71 (44 %) Typ B- und 4 (3 %) Typ C-Frakturen nach der AO-Klassifikation. Nach der Neer-Klassifikation lagen 75 (47 %) Ein-Teile-, 60 (38 %) Zwei-Teile-, 23 (14 %) Drei-Teile- und 2 (1 %) Vier-Teile- bzw. *Head-Split*-Frakturen vor. Bei den insgesamt 160 in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden in einem Nachbeobachtungszeitraum von 12 Monaten 28 (18 %) Komplikationen erfasst. In 11 (7 %) Fällen kam es zu einer Impingement-Symptomatik und bei 17 (11 %) Patienten ereignete sich eine sekundäre Dislokation der Fraktur. Der durchschnittliche Constant-Score lag trotz der hohen Komplikationsrate mit 74,3 Punkten in einem guten Bereich. Gaebler et al. (32) inkludierten in ihre Studie ausschließlich nicht-dislozierte Typ I-Frakturen nach den Neer-Kriterien, die allesamt konservativ therapiert wurden. Insgesamt konnten bei 376 (74 %) der 507 Patienten funktionelle Ergebnisse nach einem Nachbeobachtungszeitraum von einem

Jahr erhoben werden: Patienten im Alter von 60–69 Jahren erzielten durchschnittlich 74 Punkte im Constant-Score, Patienten im Alter von 70–79 Jahren 73 Punkte und Patienten über 80 Jahre hingegen 65 Punkte. Trotz der ausschließlich nicht-dislozierten, unkomplizierten Frakturen unterscheiden sich die funktionellen Ergebnisse nach einem Jahr nicht wesentlich von den Ergebnissen der zuvor diskutierten Studien zur winkelstabilen Plattenosteosynthese, die durchweg wesentlich schwerere Frakturtypen nachuntersuchten (30,77–81,83,86). Auch in der Studie von Hauschild et al. (12), in der die konservative und operative Therapie mit einer Plattenosteosynthese bei Zwei-Teile-Frakturen verglichen wurden, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei den Komplikationsraten. Auch die Ergebnisse im Constant-Score nach 12 Monaten lagen in beiden Gruppen bei 74 Punkten. Allerdings wurde die Kraftmessung, wenn keine 90° Abduktion möglich war, in der maximalen schmerzfreien Abduktion durchgeführt, anstatt den Kraftwert auf 0 zu setzen. Die Patienten der operativen Gruppe gaben vor allem in der frühen Therapiephase der ersten 3 Monate signifikant weniger Schmerzen an als die konservative Gruppe. Ebenso erzielten sie nach 12 Monaten bessere Werte in der Flexions- und Außenrotationsbewegung als die Patienten der konservativen Therapiegruppe.

Die Limitationen unserer Studie bestehen zum einen in der geringen Einschussrate: Von den ursprünglich 276 Patienten, die im entsprechenden Zeitraum im Klinikum Darmstadt mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese bei einer proximalen Humerusfraktur versorgt wurden, kamen nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien nur 152 (55 %) Patienten für eine Studienteilnahme in Frage. Hiervon konnten letztlich nur 47 % in die Studie eingeschlossen werden. Doch diese Problematik besteht bei allen Studien zur proximalen Humerusfraktur. Bedingt durch das hohe Durchschnittsalter weisen die Patienten einen hohen Anteil an Begleiterkrankungen auf. Allein aufgrund einer Demenzerkrankung mussten in unserer Studie 11 % der Patienten ausgeschlossen werden. Auch die Aufnahme und Aufrechterhaltung des Kontaktes mit Patienten, die grundsätzlich für einen Studieneinschluss geeignet waren, gestaltete sich häufig schwierig. So konnten 34 % der Patienten im Verlauf nicht mehr kontaktiert werden. Dies ist womöglich dadurch bedingt, dass die proximale Humerusfraktur vor allem für die älteren Patienten ein einschneidendes und folgeträchtiges Ereignis darstellt, welches die selbstständige häusliche Versorgung gefährdet und somit gegebenenfalls einen Umzug mit sich bringt. Einsiedel et al. (93) zeigten auf, dass 17 % der über 65-Jährigen nach einer proximalen Humerusfraktur ihren eigenen Haushalt aufgaben.

Eine weitere Einschränkung unserer Studie stellt der Nachbeobachtungszeitraum dar: Innerhalb der ersten 12 Monate treten zwar ein Großteil der Komplikationen auf, allerdings kann es auch in den Folgemonaten noch zu Folgekomplikationen, wie der Entwicklung einer Humeruskopfnekrose, kommen (77), die in unserer Studie somit nicht erfasst wurden. Ebenso

ist im weiteren postoperativen Verlauf eine Verbesserung der funktionellen Ergebnisse möglich (77).

Des Weiteren erfolgten die Indikationsstellung und operative Versorgung in unserer Studie von unterschiedlichen Operateuren, sodass auch hier individuelle Ansichten, Erfahrungen und operative Vorgehensweisen die Ergebnisse beeinflusst haben könnten.

5 Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser Studie konnten wir aufzeigen, dass die postoperativen Ergebnisse und die Komplikationsrate der winkelstabilen Plattenosteosynthese bei einer proximalen Humerusfraktur von der Frakturschwere abhängig sind. Patienten mit einfachen Frakturtypen erzielten signifikant bessere funktionelle Ergebnisse, wiesen eine signifikant höhere postoperative Lebensqualität auf und erlitten weniger Komplikationen als Patienten mit schweren Frakturtypen. Vor allem die Gefahr der Humeruskopfnekrose, die die Hauptursache für Sekundäreingriffe und Verfahrenswechsel darstellt, ist bei einfachen Frakturtypen drastisch geringer. Die hohen Komplikationsraten und teils ungünstigen funktionellen Ergebnisse nach winkelstabiler Plattenosteosynthese, die in der Literatur berichtet werden, sind vor allem dadurch begründet, dass hauptsächlich schwere Frakturtypen in diese Studien inkludiert wurden. Diese Ergebnisse dürfen daher nicht zum Vergleich mit Studien zur konservativen Therapie der proximalen Humerusfraktur herangezogen werden, welche in der Regel nur einfache Frakturtypen beinhalten.

Die winkelstabile Plattenosteosynthese stellt bei einfachen Frakturtypen ein gutes Therapieverfahren dar, das im Vergleich zur konservativen Therapie durch die frühe Mobilisation und Schmerzreduktion durchaus Vorteile bietet. Gerade auch bei älteren Patienten kann hierdurch eine frühe Rehabilitation in die Selbstständigkeit gefördert werden.

In Zukunft sollten prospektive Studien folgen, bei denen ausschließlich einfache Frakturtypen erfasst werden und randomisiert der konservativen Therapie bzw. der operativen Versorgung mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese zugeführt werden. Nur so können belastbare Aussagen hinsichtlich der Vor- und Nachteile bzw. Ergebnisse der konservativen und der operativen Therapie bei proximalen Humerusfrakturen getroffen werden.

Ebenso zeigte sich in unserer Studie, dass die eigene Frakturklassifikation in einfache und schwere Frakturen eine gute Aussagekraft bezüglich der klinischen Ergebnisse und der Komplikationsrate besitzt. Hier sollte eine Überprüfung der Reliabilität angeschlossen werden.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury*. August 2006;37(8):691–7.
2. Passaretti D, Candela V, Sessa P, Gumina S. Epidemiology of proximal humeral fractures: a detailed survey of 711 patients in a metropolitan area. *J Shoulder Elbow Surg*. Dezember 2017;26(12):2117–24.
3. Kristiansen B, Angermann P, Larsen TK. Functional results following fractures of the proximal humerus. A controlled clinical study comparing two periods of immobilization. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1989;108(6):339–41.
4. Launonen AP, Lepola V, Saranko A, Flinkkilä T, Laitinen M, Mattila VM. Epidemiology of proximal humerus fractures. *Arch Osteoporos*. 2015;10:209.
5. Lauritzen JB, Schwarz P, Lund B, McNair P, Transbøl I. Changing incidence and residual lifetime risk of common osteoporosis-related fractures. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. Mai 1993;3(3):127–32.
6. Lind T, Krøner K, Jensen J. The epidemiology of fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1989;108(5):285–7.
7. Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop*. Januar 2006;442:87–92.
8. Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand*. August 2001;72(4):365–71.
9. Handoll HHG, Brorson S. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 11. November 2015;(11):CD000434.
10. Tepass A, Blumenstock G, Weise K, Rolauffs B, Bahrs C. Current strategies for the treatment of proximal humeral fractures: an analysis of a survey carried out at 348 hospitals in Germany, Austria, and Switzerland. *J Shoulder Elbow Surg*. Januar 2013;22(1):e8-14.
11. Gradl G, Dietze A, Käab M, Hopfenmüller W, Mittlmeier T. Is locking nailing of humeral head fractures superior to locking plate fixation? *Clin Orthop*. November 2009;467(11):2986–93.
12. Hauschild O, Konrad G, Audige L, de Boer P, Lambert SM, Hertel R, u. a. Operative versus non-operative treatment for two-part surgical neck fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg*. Oktober 2013;133(10):1385–93.
13. Strohm PC, Köstler W, Südkamp NP. [Proximal humerus fracture - what to do?]. *Z Orthopadie Unfallchirurgie*. Juni 2008;146(3):312–7.
14. Handoll H, Brealey S, Rangan A, Keding A, Corbacho B, Jefferson L, u. a. The ProFHER (PROximal Fracture of the Humerus: Evaluation by Randomisation) trial - a pragmatic multicentre randomised controlled trial evaluating the clinical effectiveness and cost-effectiveness of surgical compared with non-surgical treatment for proximal fracture of the humerus in adults. *Health Technol Assess Winch Engl*. März 2015;19(24):1–280.

15. Gerber C, Hersche O, Berberat C. The clinical relevance of posttraumatic avascular necrosis of the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg.* Dezember 1998;7(6):586–90.
16. Resch H. [Fractures of the humeral head]. *Unfallchirurg.* August 2003;106(8):602–17.
17. Franke S, Ambacher T. Die proximale Humerusfraktur: Konservativ vs. operativ: wann und wie? *Obere Extrem.* September 2012;7(3):137–43.
18. Jung S-W, Shim S-B, Kim H-M, Lee J-H, Lim H-S. Factors that Influence Reduction Loss in Proximal Humerus Fracture Surgery. *J Orthop Trauma.* Juni 2015;29(6):276–82.
19. Krappinger D, Bizzotto N, Riedmann S, Kammerlander C, Hengg C, Kralinger FS. Predicting failure after surgical fixation of proximal humerus fractures. *Injury.* November 2011;42(11):1283–8.
20. Majed A, Macleod I, Bull AMJ, Zyto K, Resch H, Hertel R, u. a. Proximal humeral fracture classification systems revisited. *J Shoulder Elbow Surg.* Oktober 2011;20(7):1125–32.
21. Schliemann B, Siemoneit J, Theisen C, Kösters C, Weimann A, Raschke MJ. Complex fractures of the proximal humerus in the elderly—outcome and complications after locking plate fixation. *Musculoskelet Surg.* 1. Mai 2012;96(1):3–11.
22. Mariadoss A, Thacker J, Gopikrishnan K, Ashraf M, Annamalai S, Sambandam S. The Outcome of Proximal Humeral Locking Plates in the Management of Three and Four Part Proximal Humeral Fractures in Special Cohort of Young Patients in High Velocity Trauma. *NUMBER.* 2019;7(1):8.
23. Königshausen M, Thierbach A, Kübler L, Gessmann J, Godry H, Gothner M, u. a. [Surgical treatment of 3- and 4-part fractures of the humeral head using a polyaxial-locking plate: results and patient satisfaction]. *Z Orthopadie Unfallchirurgie.* Februar 2015;153(1):51–8.
24. El-Sayed MMH. Surgical management of complex humerus head fractures. *Orthop Rev.* 23. September 2010;2(2):e14.
25. Foruria AM, Carrascal MT, Revilla C, Munuera L, Sanchez-Sotelo J. Proximal humerus fracture rotational stability after fixation using a locking plate or a fixed-angle locked nail: the role of implant stiffness. *Clin Biomech Bristol Avon.* Mai 2010;25(4):307–11.
26. Walsh S, Reindl R, Harvey E, Berry G, Beckman L, Steffen T. Biomechanical comparison of a unique locking plate versus a standard plate for internal fixation of proximal humerus fractures in a cadaveric model. *Clin Biomech Bristol Avon.* Dezember 2006;21(10):1027–31.
27. Sproul RC, Iyengar JJ, Devcic Z, Feeley BT. A systematic review of locking plate fixation of proximal humerus fractures. *Injury.* April 2011;42(4):408–13.
28. Schnetzke M, Bockmeyer J, Loew M, Studier-Fischer S, Grützner P-A, Guehring T. Rate of avascular necrosis after fracture dislocations of the proximal humerus. *Obere Extrem.* 2018;13(4):273–8.
29. Hanson B, Neidenbach P, de Boer P, Stengel D. Functional outcomes after nonoperative management of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* August 2009;18(4):612–21.

30. Hente R, Kampshoff J, Kinner B, Füchtmeier B, Nerlich M. [Treatment of dislocated 3- and 4-part fractures of the proximal humerus with an angle-stabilizing fixation plate]. *Unfallchirurg*. September 2004;107(9):769–82.
31. Rodia F, Theodorakis E, Touloupakis G, Ventura A. Fixation of complex proximal humeral fractures in elderly patients with a locking plate: A retrospective analysis of radiographic and clinical outcome and complications. *Chin J Traumatol Zhonghua Chuang Shang Za Zhi*. 1. Juni 2016;19(3):156–9.
32. Gaebler C, McQueen MM, Court-Brown CM. Minimally displaced proximal humeral fractures: epidemiology and outcome in 507 cases. *Acta Orthop Scand*. Oktober 2003;74(5):580–5.
33. Wurzinger LJ. Oberarmknochen (Humerus). In: Aumüller G, Aust G, Conrad A, Engele J, Kirsch J, Maio G, u. a., Herausgeber. *Duale Reihe Anatomie [Internet]*. 4., aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag; 2017 [zitiert 4. Juli 2019]. S. 447. Verfügbar unter: https://eref.thieme.de/ebooks/1942805#/ebook_1942805_SL75563633
34. Gerber C, Schneeberger AG, Vinh TS. The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. *J Bone Joint Surg Am*. Dezember 1990;72(10):1486–94.
35. Meyer C, Alt V, Kraus R, Giebel G, Koebke J, Schnettler R. [The arteries of the humerus and their relevance in fracture treatment]. *Zentralbl Chir*. Dezember 2005;130(6):562–7.
36. Habermeyer P. [Fracture of the head of the humerus]. *Unfallchirurg*. Oktober 1997;100(10):820–37.
37. Hettrich CM, Boraiah S, Dyke JP, Neviasser A, Helfet DL, Lorich DG. Quantitative assessment of the vascularity of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*. April 2010;92(4):943–8.
38. Wurzinger LJ. Kapsel-Band-Apparat der Schulter. In: Aumüller G, Aust G, Conrad A, Engele J, Kirsch J, Maio G, u. a., Herausgeber. *Duale Reihe Anatomie [Internet]*. 4., aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag; 2017 [zitiert 4. Juli 2019]. S. 449. Verfügbar unter: https://eref.thieme.de/ebooks/1942805#/ebook_1942805_SL75563672
39. Lee SH, Dargent-Molina P, Bréart G, EPIDOS Group. Epidemiologie de l'Osteoporose Study. Risk factors for fractures of the proximal humerus: results from the EPIDOS prospective study. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. Mai 2002;17(5):817–25.
40. Haasters F, Prall WC, Himmler M, Polzer H, Schieker M, Mutschler W. [Prevalence and management of osteoporosis in trauma surgery. Implementation of national guidelines during inpatient fracture treatment]. *Unfallchirurg*. Februar 2015;118(2):138–45.
41. Chu SP, Kelsey JL, Keegan THM, Sternfeld B, Prill M, Quesenberry CP, u. a. Risk factors for proximal humerus fracture. *Am J Epidemiol*. 15. August 2004;160(4):360–7.
42. Neer CS. Displaced proximal humeral fractures: part I. Classification and evaluation. 1970. *Clin Orthop*. Januar 2006;442:77–82.
43. Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. August 2004;13(4):427–33.

44. Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement. *J Bone Joint Surg Am*. September 1970;52(6):1090–103.
45. Lill H, Ellwein A, Katthagen C, Voigt C. [Osteoporotic fractures of the proximal humerus]. *Chir Z Alle Geb Oper Medizen*. Oktober 2012;83(10):858–65.
46. Werth M, Scheibel M, Katthagen C, Voigt C, Lill H, Jensen G, u. a. Osteosynthesen: Wann und wie? In: Lill H, Scheibel M, Voigt C, Herausgeber. *Die proximale Humerusfraktur [Elektronische Ressource]*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014. S. 45–104.
47. Warnhoff M, Lill H, Jensen G, Ellwein A, Dey Hazra R-O. Proximale Humerusfraktur – was sagt die aktuelle Literatur? *Obere Extrem*. 10. Dezember 2018;
48. Wolke J, Scheibel M. Konservative Therapie: Wer und wie? In: Lill H, Scheibel M, Voigt C, Herausgeber. *Die proximale Humerusfraktur [Elektronische Ressource]*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014. S. 29–36.
49. Murray IR, Amin AK, White TO, Robinson CM. Proximal humeral fractures: current concepts in classification, treatment and outcomes. *J Bone Joint Surg Br*. Januar 2011;93(1):1–11.
50. Scheibel M, Martinek V, Imhoff AB. Arthroscopic reconstruction of an isolated avulsion fracture of the lesser tuberosity. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. April 2005;21(4):487–94.
51. Johnson & Johnson Medical, Geschäftsbereich DePuy Synthes. PHILOS und PHILOS LONG™ Operationstechnik [Internet]. 2016 [zitiert 5. Juli 2019]. 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
52. Kohn D, Pohlemann T, Fritsch E, Kohn-Pohlemann. Offene Reposition und Stabilisierung nach proximalen Humerusfrakturen mit winkelstabilem Plattensystem. In: *Operationsatlas für die orthopädisch-unfallchirurgische Weiterbildung*. Berlin: Springer; 2010. S. 194–9.
53. Jaeger M, Leung, Frankie, Li, Wilson. Proximal humerus - Approach - Transdeltoid lateral approach - AO Surgery Reference [Internet]. AO Surgery Reference. 2011 [zitiert 5. Juli 2019]. Verfügbar unter: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEh_QW5oKABaevup/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSVMwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?approach=Transdeltoid%20lateral%20approach&bone=Humerus&classification=&contentUrl=%2Fsrq%2F11%2F04-Approaches%2F2010%2FA20_Transdeltoid-lateral.jsp&implantstype=&method=&redfix_url=&segment=Proximal&showPage=approach&treatment=
54. Modi CS, Nnene CO, Godsiff SP, Esler CNA. Axillary artery injury secondary to displaced proximal humeral fractures: a report of two cases. *J Orthop Surg Hong Kong*. August 2008;16(2):243–6.
55. Südkamp N, Bayer J, Hepp P, Voigt C, Oestern H, Käab M, 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. *J Bone Joint Surg Am*. Juni 2009;91(6):1320–8.

56. Krettek C, Wiebking U. [Proximal humerus fracture: is fixed-angle plate osteosynthesis superior to conservative treatment?]. *Unfallchirurg*. Dezember 2011;114(12):1059–67.
57. Brunner F, Sommer C, Bahrs C, Heuwinkel R, Hafner C, Rillmann P, u. a. Open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures using a proximal humeral locked plate: a prospective multicenter analysis. *J Orthop Trauma*. März 2009;23(3):163–72.
58. Swiontkowski MF, Agel J, Schwappach J, McNair P, Welch M. Cutaneous metal sensitivity in patients with orthopaedic injuries. *J Orthop Trauma*. Februar 2001;15(2):86–9.
59. Codman EA, Akerson IB. The pathology associated with rupture of the supraspinatus tendon. *Ann Surg*. Januar 1931;93(1):348–59.
60. Neer CS. Four-segment classification of proximal humeral fractures: purpose and reliable use. *J Shoulder Elbow Surg*. August 2002;11(4):389–400.
61. Kellam JF, Meinberg EG, Agel J, Karam MD, Roberts CS. Fracture and Dislocation Classification Compendium—2018 International Comprehensive Classification of Fractures and Dislocations Committee. *J Orthop Trauma*. Januar 2018;32:S1.
62. Meinberg E, Agel J, Roberts C. AO/OTA Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018 [Internet]. 2018 [zitiert 5. Juli 2019]. Verfügbar unter: https://classification.aomedical.org/files/download/AOOTA_Classification_2018_Poster_1807031108.pdf
63. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop*. Januar 1987;(214):160–4.
64. Kettler M, Biberthaler P, Braunstein V, Zeiler C, Kroetz M, Mutschler W. [Treatment of proximal humeral fractures with the PHILOS angular stable plate. Presentation of 225 cases of dislocated fractures]. *Unfallchirurg*. Dezember 2006;109(12):1032–40.
65. Björkenheim J-M, Pajarinen J, Savolainen V. Internal fixation of proximal humeral fractures with a locking compression plate: a retrospective evaluation of 72 patients followed for a minimum of 1 year. *Acta Orthop Scand*. Dezember 2004;75(6):741–5.
66. Lill H, Hepp P, Rose T, König K, Josten C. [The angle stable locking-proximal-humerus-plate (LPHP) for proximal humeral fractures using a small anterior-lateral-deltoid-splitting-approach - technique and first results]. *Zentralbl Chir*. Januar 2004;129(1):43–8.
67. Katolik LI, Romeo AA, Cole BJ, Verma NN, Hayden JK, Bach BR. Normalization of the Constant score. *J Shoulder Elbow Surg*. Juni 2005;14(3):279–85.
68. Dawson J, Rogers K, Fitzpatrick R, Carr A. The Oxford shoulder score revisited. *Arch Orthop Trauma Surg*. Januar 2009;129(1):119–23.
69. Dawson J, Fitzpatrick R, Carr A. Questionnaire on the perceptions of patients about shoulder surgery. *J Bone Joint Surg Br*. Juli 1996;78(4):593–600.
70. Huber W, Hofstaetter JG, Hanslik-Schnabel B, Posch M, Wurnig C. The German version of the Oxford Shoulder Score--cross-cultural adaptation and validation. *Arch Orthop Trauma Surg*. Oktober 2004;124(8):531–6.
71. Nguyen TV, Center JR, Sambrook PN, Eisman JA. Risk factors for proximal humerus, forearm, and wrist fractures in elderly men and women: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *Am J Epidemiol*. 15. März 2001;153(6):587–95.

72. Resch H, Tauber M, Neviasser RJ, Neviasser AS, Majed A, Halsey T, u. a. Classification of proximal humeral fractures based on a pathomorphologic analysis. *J Shoulder Elbow Surg.* März 2016;25(3):455–62.
73. Frosch K-H, Kammerlander C, Helfen T, Hoffmann M. S1 Leitlinie Oberarmkopffraktur der DGU [Internet]. 2017 [zitiert 19. Juli 2019]. Verfügbar unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-023I_S1_Oberarmkopffraktur_2017-10.pdf
74. Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD. Surgical treatment of three and four-part proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am.* Juli 2009;91(7):1689–97.
75. Aguado HJ, Mingo J, Torres M, Alvarez-Ramos A, Martín-Ferrero MA. Minimally invasive polyaxial locking plate osteosynthesis for 3-4 part proximal humeral fractures: our institutional experience. *Injury.* September 2016;47 Suppl 3:S22–8.
76. Handschin AE, Cardell M, Contaldo C, Trentz O, Wanner GA. Functional results of angular-stable plate fixation in displaced proximal humeral fractures. *Injury.* März 2008;39(3):306–13.
77. Greiner S, Kääh MJ, Haas NP, Bail HJ. Humeral head necrosis rate at mid-term follow-up after open reduction and angular stable plate fixation for proximal humeral fractures. *Injury.* Februar 2009;40(2):186–91.
78. Sohn H-S, Shin S-J. Minimally invasive plate osteosynthesis for proximal humeral fractures: clinical and radiologic outcomes according to fracture type. *J Shoulder Elbow Surg.* September 2014;23(9):1334–40.
79. Thalhammer G, Platzer P, Oberleitner G, Fialka C, Greitbauer M, Vécsei V. Angular stable fixation of proximal humeral fractures. *J Trauma.* Januar 2009;66(1):204–10.
80. Fankhauser F, Boldin C, Schippinger G, Haunschmid C, Szyszkowitz R. A new locking plate for unstable fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop.* Januar 2005;(430):176–81.
81. Jung S-W. Indirect reduction maneuver and minimally invasive approach for displaced proximal humerus fractures in elderly patients. *Clin Orthop Surg.* März 2013;5(1):66–73.
82. Thomas M, Dieball O, Busse M. [Normal values of the shoulder strength in dependency on age and gender--comparison with the constant, UCLA, ASES scores and SF36 health survey]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* April 2003;141(2):160–70.
83. Dietrich M, Meier C, Lattmann T, Zingg U, Grüninger P, Platz A. [Complex fracture of the proximal humerus in the elderly. Locking plate osteosynthesis vs hemiarthroplasty]. *Chir Z Alle Geb Oper Medizen.* März 2008;79(3):231–40.
84. Constant CR, Gerber C, Emery RJH, Sjøbjerg JO, Gohlke F, Boileau P. A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elbow Surg.* April 2008;17(2):355–61.
85. Clement ND, Court-Brown CM. Oxford shoulder score in a normal population. *Int J Shoulder Surg.* Januar 2014;8(1):10–4.
86. Alberio RL, Del Re M, Grassi FA. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis for Proximal Humerus Fractures: A Retrospective Study Describing Principles and Advantages of the Technique. *Adv Orthop.* 2018;2018:5904028.

87. Grassi FA, Tajana MS. The normalization of data in the Constant-Murley score for the shoulder. A study conducted on 563 healthy subjects. *Chir Organi Mov.* März 2003;88(1):65–73.
88. Weinstein DM, Bratton DR, Ciccone WJ, Elias JJ. Locking plates improve torsional resistance in the stabilization of three-part proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* April 2006;15(2):239–43.
89. Siffri PC, Peindl RD, Coley ER, Norton J, Connor PM, Kellam JF. Biomechanical analysis of blade plate versus locking plate fixation for a proximal humerus fracture: comparison using cadaveric and synthetic humeri. *J Orthop Trauma.* September 2006;20(8):547–54.
90. Helwig P, Bahrs C, Epple B, Oehm J, Eingartner C, Weise K. Does fixed-angle plate osteosynthesis solve the problems of a fractured proximal humerus? A prospective series of 87 patients. *Acta Orthop.* Februar 2009;80(1):92–6.
91. Acklin YP, Stoffel K, Sommer C. A prospective analysis of the functional and radiological outcomes of minimally invasive plating in proximal humerus fractures. *Injury.* April 2013;44(4):456–60.
92. Leonard M, Mokotedi L, Alao U, Glynn A, Dolan M, Fleming P. The use of locking plates in proximal humeral fractures: Comparison of outcome by patient age and fracture pattern. *Int J Shoulder Surg.* Oktober 2009;3(4):85–9.
93. Einsiedel T, Becker C, Stengel D, Schmelz A, Kramer M, Däxle M, u. a. [Do injuries of the upper extremity in geriatric patients end up in helplessness? A prospective study for the outcome of distal radius and proximal humerus fractures in individuals over 65]. *Z Gerontol Geriatr.* Dezember 2006;39(6):451–61.

Anhang

Erhebungsbogen - Constant-Score

Patienten-Nummer:

Betroffene Seite: re li

Alter bei Unfallereignis:

Dominanter Arm: re li

Datum der Operation:

Datum der Nachuntersuchung:

Schmerz (der am stärksten verspürte Schmerz im Verlauf des täglichen Lebens):

	Kein				Mild				Mäßig				Stark			
Schmerzskala:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Punkte:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Betroffene Seite:
15

Alltagsaktivitäten:

Arbeitsfähigkeit:

Inwieweit können Sie Ihrem Beruf (falls nicht berufstätig, der sonstigen Hauptbeschäftigung des täglichen Lebens) zurzeit nachgehen:

- 0 ich kann momentan nicht arbeiten
- 1 ich bin bei der Arbeit weitgehend eingeschränkt (max. Arbeitsleistung 25 %)
- 2 ich bin bei der Arbeit deutlich eingeschränkt (max. Arbeitsleistung 50 %)
- 3 ich habe nur eine leichte Arbeitseinschränkung (zu 75 % arbeitsfähig)
- 4 ich bin voll arbeitsfähig (Arbeitsfähigkeit 100 %)

Sport-/Freizeitaktivitäten:

Ich kann momentan aufgrund meiner Schulterbeschwerden meinen gewohnten Sport- und Freizeitaktivitäten wie folgt nachgehen:

- 0 gar nicht
- 1 nur stark eingeschränkt
- 2 mit deutlichen Einschränkungen
- 3 mit leichten Einschränkungen
- 4 uneingeschränkt

Schlaf:

Wie gut können Sie in letzter Zeit aufgrund Ihrer Schulterbeschwerden schlafen?

- 0 sehr starke Schlafprobleme (normaler Schlaf ohne Schlaf-/Schmerzmittel unmöglich)
- 1 Erwachen mit Wiedereinschlafen
- 2 ungestörter Schlaf möglich

Handreichweite:

Verrichtung von Arbeiten schmerzlos möglich bis...

- 2 Gürtellinie
- 4 Xiphoid
- 6 Hals
- 8 Scheitel
- 10 über den Kopf hinaus

Betroffene Seite:
20

Bewegungsumfang: schmerzfrei + aktiv!

Flexion und Abduktion:

Bewegungsumfang:	Flexion:	Abduktion:
0–30°	0	0
31–60°	2	2
61–90°	4	4
91–120°	6	6
121–150°	8	8
151–180°	10	10

Außenrotation: (Punkte addieren!)

- 2 Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen nach vorne
- 2 Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen zur Seite
- 2 Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach vorne
- 2 Hand am Hinterkopf, Ellenbogen zur Seite
- 2 uneingeschränkte Überkopfbeweglichkeit

Innenrotation:

- 0 Hand auf Außenseite des Oberschenkels
- 2 Handrücken auf Gesäß
- 4 Handrücken auf lumbosacralen Übergang
- 6 Handrücken auf Gürtellinie (3. LWK)
- 8 Handrücken auf 12. BWK
- 10 Handrücken zwischen die Schulterblätter

Punkte-Übersicht:

	Links	Rechts
Flexion:		
Abduktion:		
Außenrotation:		
Innenrotation:		
Gesamt:		

Betroffene Seite:
40

Gesunde Seite:
40

Kraft: 90° Abduktion, 30° Flexion, Hand proniert, Schlaufe am Handgelenk

Punktzahl [max. 25] = max. Gewicht [kg] * 0,45

	Links	Rechts
Maximal gehaltenes Gewicht:		
Punktzahl:		

Betroffene Seite:
25

Gesunde Seite:
25

Constant-Score der betroffenen Seite:

Normalisierter Constant-Score der betroffenen Seite:

Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie

Klinikum Darmstadt

Direktor: Prof. Dr. med. Michael Wild

(Tel.: 06151/107-6101)

Einwilligungserklärung über die Teilnahme an einer wissenschaftlichen Studie zur Untersuchung der klinischen Ergebnisse und der Lebensqualität nach operativer Versorgung eines Oberarmkopfraches (proximaler Humerusfraktur) mit einer winkelstabiler Plattenosteosynthese

Titel der klinischen Prüfung:

„Einfluss der Frakturschwere proximaler Humerusfrakturen auf die klinischen Ergebnisse und die postoperative Lebensqualität nach winkelstabiler Plattenosteosynthese“

Sehr geehrte Damen und Herren,

bei Ihnen wurde in unserem Haus eine Oberarmkopffraktur (proximale Humerusfraktur) operativ mit einer winkelstabilen Platte versorgt. Obwohl diese Fraktur sehr häufig auftritt, gibt es noch immer keine allgemeine Einigkeit über die optimale Therapie dieser Verletzung. Durch die Versorgung mit einer winkelstabilen Platte, wie sie bei Ihnen durchgeführt wurde, können Patienten bereits kurz nach der Operation mit einer Übungstherapie beginnen, um schnell Ihre Beweglichkeit zurück zu erlangen. Außerdem werden vorhandene Fehlstellungen korrigiert und ein weiteres Verschieben des Bruches verhindert.

Um die Vorteile der bei Ihnen angewandten Therapie im Vergleich zu anderen Behandlungsmethoden belegen zu können, führen wir aktuell eine wissenschaftliche Studie zu diesem Thema an der Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie am Klinikum Darmstadt durch.

Dafür würden wir Sie gerne ein Jahr nach Ihrer Operation nachuntersuchen und zu Ihrem Befinden befragen. Bitte bringen Sie zu dem Termin alle vorhandenen Röntgenbilder Ihrer betroffenen Schulter mit, wenn diese nicht in unserer Klinik angefertigt wurden.

Die Nachuntersuchung dauert ca. 15-30 Minuten und es besteht keinerlei gesundheitliches Risiko für Sie. Diese Untersuchung bringt für Sie keinen gesundheitlichen Nutzen, doch Sie können somit zur Optimierung der Therapie bei dieser Verletzung beitragen und zukünftigen Patienten mit der gleichen Verletzung weiterhelfen. Auf dem Weg zum und vom Klinikum Darmstadt zum Termin der Nachuntersuchung sind Sie nicht versichert. Es fallen weder für Sie noch für Ihre Krankenkasse zusätzliche Kosten an.

Das Studienprotokoll wurde zudem von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf geprüft und bewertet.

Zweck der wissenschaftlichen Untersuchung:

Im Rahmen der Studie sollen die klinischen Ergebnisse und die Lebensqualität der Patienten nach einer winkelstabilen Plattenosteosynthese einer Oberarmkopffraktur (proximaler Humerusfraktur) erfasst werden.

Mögliche Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen:

Keine.

Freiwilligkeit:

Ihre Teilnahme ist freiwillig und wird nicht vergütet. Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile für Ihre weitere ärztliche Versorgung entstehen.

Datenschutz:

Mir ist bekannt, dass bei dieser Studie personenbezogene Daten - insbesondere medizinische Befunde - über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der Studie folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, d.h. ohne die nachfolgende Einwilligung können Sie nicht an der Studie teilnehmen.

Sollten Sie sich dazu entscheiden, von der Teilnahme an der Studie zurückzutreten, ist dies jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Konsequenzen für Sie jederzeit möglich. Bei einem Widerruf der Teilnahme werden sämtliche personenbezogenen Daten unverzüglich gelöscht.

Unter der folgenden Adresse können Sie uns Ihren Rücktritt von der Teilnahme an der Studie mitteilen:

Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie

Klinikum Darmstadt

Grafenstraße 9

64283 Darmstadt

Tel.: 06151/107-6101

Fax: 06151/107-6149

Email: michael.wild@mail.klinikum-darmstadt.de

Vertraulichkeit der Daten / Datenschutz:

Alle im Rahmen der Untersuchungen erhobenen personenbezogenen Daten werden entsprechend der ärztlichen Schweigepflicht und den gesetzlichen Bestimmungen des Datenschutzes vertraulich behandelt. Die Weitergabe von Daten und ihre wissenschaftliche Auswertung erfolgt anonymisiert, d.h. ohne Angabe Ihres Namens, und werden niemandem, außer Ihnen selbst, zugänglich gemacht. Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf hat dieses Projekt beurteilt und festgestellt, dass keine ethischen oder rechtlichen Bedenken gegen die Durchführung dieser Untersuchungen bestehen.

Einwilligungserklärung zum Datenschutz:

- 1) Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, in Papierform oder auf elektronischen Datenträgern, in der Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie des Klinikums Darmstadt aufgezeichnet und gespeichert werden.
- 2) Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich meine Einwilligung in die Aufzeichnung, Speicherung und Verwendung meiner Daten jederzeit widerrufen kann.
- 3) Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie 10 Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht.

Einwilligungserklärung:

Über Inhalt, Ablauf und Tragweite der geplanten Untersuchungen wurde ich aufgeklärt. Die Patienteninformationen habe ich gelesen, verstanden und alle meine Fragen konnten geklärt werden.

Ort, Datum

Unterschrift Patientin/Patient

Ort, Datum

Unterschrift Studienleiter/in

Danksagung

Ich möchte mich ganz besonders bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Michael Wild bedanken, der diese Arbeit erst durch die Überlassung des hier behandelten Themas und seine kontinuierliche, professionelle Betreuung ermöglicht hat. Im Rahmen unserer Zusammenarbeit schätzte ich vor allem seine wertvollen Anregungen und die zügigen Korrekturen.

Ebenso möchte ich mich herzlich bei Herrn PD Dr. med. Simon Thelen für die Betreuung dieser Arbeit bedanken.

Ein besonderer Dank gilt zudem meinen Eltern und meinen Freunden, die mich in den Jahren meines Studiums und während der Erstellung dieser Dissertation unterstützt und immer wieder motiviert haben.