

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

Dissertation

**Klinisches und radiologisches Outcome proximaler
Humerusfrakturen nach Versorgung mit der
winkelstabilen proximalen Humerusplatte (LPHP)**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Susanne Eschenbach

aus Berlin

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. Dr. M. Kääh
2. Prof. Dr. med. T. Mittlmeier
3. Prof. Dr. med. P. Rogalla

Datum der Promotion: 14.06.2009

Meiner Familie gewidmet

Inhalt

1. Einleitung	11
1.1 Problem und Ziel der Arbeit	11
1.2 Anatomische Grundlagen.....	12
1.2.1 Knöcherner und ligamentärer Aufbau des Schultergelenks.....	12
1.2.2 Die Rotatorenmanschette.....	13
1.2.3 Nerven Strukturen des Schulterbereichs	15
1.2.4 Gefäßversorgung des Humeruskopfes.....	15
1.3 Frakturen des Humeruskopfes.....	17
1.3.1 Epidemiologie.....	17
1.3.2 Verletzungsmechanismus und Unfallursachen.....	17
1.3.3 Begleitverletzungen	18
1.3.4 Diagnostik.....	19
1.4 Fraktur-Klassifikation.....	19
1.4.1 Klassifikation nach Neer	20
1.4.2 AO – Klassifikation	21
1.5 Therapiemöglichkeiten der Humeruskopffraktur	23
1.5.1 Konservative Frakturbehandlung.....	23
1.5.1.1 Geschlossene Reposition.....	24
1.5.2 Operative Frakturbehandlung.....	25
1.5.2.1 Konventionelle und winkelstabile Plattenosteosynthese.....	27
1.5.2.2 Locking Proximal Humerus Plate (LPHP).....	30
2. Material und Methoden.....	33
2.1 Patientengut	33
2.2 Operationstechnik	33
2.3 Datenauswertung.....	34
2.3.1 Auswertung der Röntgenaufnahmen	35
2.4 Nachuntersuchungen	35
2.4.1 Patienteninterview	35
2.4.2 Klinische Befunderhebung.....	36
2.4.3 Constant Score.....	36
2.4.4 Neer Score	38
2.4.5 DASH Score	40
2.4.6 Zufriedenheit.....	41

2.5 Röntgenkontrolle	41
2.6 Datenverarbeitung und statistische Auswertung	42
3. Ergebnisse	43
3.1 Studienpopulation	43
3.1.1 Patientengut	43
3.1.2 Alters- und Geschlechtsverteilung, Seitenverteilung	43
3.2 Aktenauswertung	44
3.2.1 Unfallursachen.....	44
3.2.2 Begleitverletzungen	45
3.2.3 Zeitpunkt der Operation und Operationsdauer	45
3.3 Verteilung der Frakturtypen.....	46
3.3.1 Klassifikation nach Neer	46
3.3.2. Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)	47
3.4 Ergebnisse der Nachuntersuchungen	48
3.4.1 Ergebnisse des Constant Scores	49
3.4.1.1 Follow Up 3 Monate postoperativ	49
3.4.1.2 Follow Up 6 Monate postoperativ	49
3.4.1.3 Follow Up 12 Monate postoperativ	49
3.4.1.4 Constant Score in jeweiligen Altersgruppen	53
3.4.1.5 Constant Score abhängig vom Frakturtyp	53
3.4.2 Ergebnisse der goniometrischen Messungen.....	54
3.4.3 Ergebnisse des Neer Scores.....	55
3.4.3.1 Neer Score in jeweiligen Altersgruppen.....	56
3.4.3.2 Neer Score abhängig vom Frakturtyp.....	57
3.4.4 Ergebnisse des DASH Scores.....	57
3.4.5 Beurteilung der Zufriedenheit	59
3.5 Komplikationen.....	61
4. Kasuistik.....	65
5. Diskussion	71
5.1 Patientendaten.....	71
5.2 Nachuntersuchungen	73
5.3 Komplikationen.....	79
5.3.1 Humeruskopfnekrose	79
5.3.2 Implantatversagen, sekundäre Dislokationen.....	81
5.3.3 Schraubenperforation	83

5.4 Diskussion über die Vor- und Nachteile der proximalen Humerusplatte (LPHP) im Vergleich zu anderen Implantaten.....	84
6. Zusammenfassung.....	90
Anhang 1	
Anhang 2	
Anhang 3	
Abkürzungsverzeichnis.....	99
7. Literaturverzeichnis.....	101
8. Danksagung.....	113
9. Lebenslauf.....	114
10. Eidesstattliche Erklärung.....	116

1. Einleitung

Frakturen des proximalen Humerus stellen mit einer Inzidenz von 4 – 5% eine der häufigsten Frakturen des Erwachsenenalters dar [55]. Hinsichtlich des optimalen Behandlungsverfahrens dislozierter Frakturen herrscht weithgehend Uneinigkeit. Die Plattenosteosynthese stellt einen festen Bestandteil der operativen Frakturversorgung am Humerus dar. In den Anfängen ihrer Entwicklung in den sechziger Jahren stand die Stabilität der Osteosynthese mit möglichst guter anatomischer Reposition im Vordergrund. Ende der achtziger Jahre wurde das Konzept der biologischen Osteosynthese [28, 33, 66, 85, 100] entwickelt. Primäres Ziel war nun das minimal invasive Operieren, Weichteile sollen geschont werden und die Knochenperfusion erhalten bleiben. Im Rahmen dessen kam es zur Entwicklung winkelstabiler Implantate. Diese sollen ein weichteilschonendes Operieren ermöglichen, einen sekundären Repositionsverlust verhindern, eine frühzeitige Übungsstabilität ermöglichen und somit helfen, die Hauptziele der Frakturversorgung des proximalen Humerus zu erreichen.

1.1 Problem und Ziel der Arbeit

In der vorliegenden Studie sollen daher die Ergebnisse der operativen Versorgung proximaler Humerusfrakturen mit einem speziellen winkelstabilen Implantat, der proximalen Humerusplatte (LPHP, Fa. Mathys, Bettlach, Schweiz) vorgestellt werden. In der Studie wird speziell Wert auf das funktionelle Outcome und die radiologischen Ergebnisse gelegt. Ziel soll sein, dem Patienten Schmerzfreiheit und eine ausreichende Schulterfunktion zurück zu geben. Es soll aufgezeigt werden, in wie fern die LPHP den Ansprüchen einer verbesserten Versorgung von proximalen Humerusfrakturen gerecht wird. Gleichzeitig sollen anhand unseres Implantats Vor- und Nachteile der winkelstabilen Osteosynthese analysiert und kritisch bewertet werden. Auftretende Komplikationen sollen analysiert, mit denen anderer Implantate verglichen werden und es sollen Lösungsansätze zur Vermeidung jener Komplikationen gegeben werden. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt im Vergleich mit aktueller Literatur mittels Positionierung unserer Ergebnisse gegenüber denen anderer Studien.

1.2 Anatomische Grundlagen

1.2.1 Knöcherner und ligamentärer Aufbau des Schultergelenks

Das Glenohumeralgelenk ist ein Kugelgelenk, dessen Gelenkkopf vom Caput des Humerus und dessen Gelenkpfanne von der Cavitas glenoidales der Skapula gebildet wird. Die 24 cm² große Gelenkfläche des Caput humeri und die Cavitas glenoidales mit einer Fläche von 6 cm² stehen dabei in einem offensichtlichen Missverhältnis [105]. Durch das konzentrisch am Pfannenrand befestigte, faserknorpelige Labrum glenoidale wird die Kontaktfläche jedoch zusätzlich vergrößert, so dass ungefähr ein Drittel des Humeruskopfes Platz in der Gelenkpfanne findet [6, 105, 130]. Der Gelenkknorpel stellt sich mit 3 mm in der Peripherie dicker dar als im zentralen Bereich, während die Dichte des subchondralen Knochens zentral am höchsten ist. Dabei lässt sich als Ausdruck der Anpassung an die statische Beanspruchung mit zunehmenden Alter eine Abnahme der Knochendichte in den Randzonen finden [6, 105].

Umgeben wird das Schultergelenk von einer weiten, relativ schlaffen Gelenkkapsel. Sie zieht vom Labrum glenoidale bis zur Knochen-Knorpel-Grenze des Caput Humeri und umschließt dabei die oberen Facetten der Tubercula majus et minus. Im adduzierten Zustand des Armes bildet sie den Recessus axillaris, eine Reservefalte, die in Abduktionsstellung des Oberarmes gespannt wird und dabei der kaudalen Stabilisierung dient [82, 130]. Im oberen Teil wird die Kapsel durch das nach lateral, divergierend zu den Tubercula ziehende Lig. coracohumerale verstärkt. Die Ligg. glenohumeralia dienen als Verstärkungszüge im oberen, mittleren sowie unteren Bereich der vorderen Kapselwand. Die Dicke der Kapsel variiert sehr, wobei sie auch im stärker ausgebildetem ventralen Bereich kaum mehr als 1 mm erreicht [82, 105]. Durch diese schlaffe Kapsel, den schwach ausgebildeten Bandapparat sowie das Missverhältnis zwischen Kopf und Pfanne wird dem Schultergelenk die größte Beweglichkeit aller Gelenke des menschlichen Körpers ermöglicht [6, 105, 130].

Als wichtige topographische Strukturen am proximalen Ende des Humerus sind das Tuberculum majus, das Tuberculum minus sowie der Sulcus intertubercularis zu benennen [6]. Der anatomische Hals trennt die Kopfkalotte vom Bereich der Tubercula. Der chirurgische Hals stellt die Begrenzung des Humeruskopfes zum

Schaft dar. Die Tubercula dienen als Insertionspunkt der Rotatorenmanschette. Im Sulcus intertubercularis zwischen den Tubercula verläuft die lange Sehne des Caput longum des M. biceps brachii nach distal [130]. Sie dient als anatomische Leitstruktur und stabilisiert durch ihren Zuggurtungsmechanismus die Kopfkalotte.

Insgesamt ist der Humeruskopf gegenüber der Schaftachse in einem Winkel von ca. 130 – 150° geneigt (Frontalebene) und gegenüber dem distalen Humerusende um ca. 30 – 45° nach dorsal torquiert (Retrotorsionswinkel) [105]. Nach kranial wird der Humeruskopf durch das Akromion, den Processus coracoideus sowie das dazwischen verlaufende, kräftige Lig. coracoacromiale begrenzt. Ihre Einheit wird als Fornix humeri - Schulterdach - bezeichnet. Zwischen Humerus und Schulterdach liegt der Subakromialraum, in welchem als wichtigste Struktur die Sehne des M. supraspinatus verläuft. Einengungen in diesem Bereich können zu Affektionen der Sehne führen und eine entsprechende Impingementsymptomatik zur Folge haben [21].

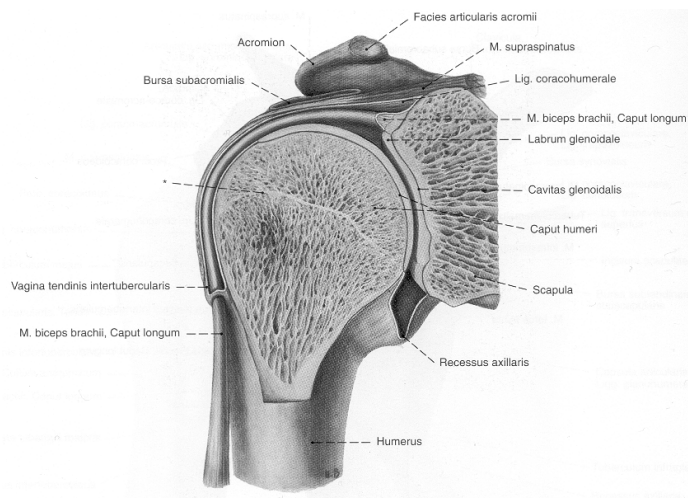


Abb. 1.1 Aufbau des Schultergelenks, Schnitt in der Skapularebene von ventral [124]

1.2.2 Die Rotatorenmanschette

Die Stabilisierung des Schultergelenks erfolgt vor allem durch die es umhüllenden Muskeln – die Rotatorenmanschette. Im vorderen Bereich zieht der M. subscapularis zum Tuberculum minus. Er ist der stärkste Innenrotator des Oberarms und ist bei der Adduktion behilflich. Auf der dorsalen Seite ziehen der M. supraspinatus sowie der

M. infraspinatus zum Tuberculum majus. Der M. infraspinatus dient als stärkster Außenrotator, der M. supraspinatus unterstützt bei Abduktion und Außenrotation. Weiterhin wird der dorsale Bereich vom M. teres minor verstärkt. Die Muskeln der Rotatorenmanschette strahlen zusätzlich in die Gelenkkapsel ein und verflechten sich untereinander. Durch Gegenzug der Muskeln wird der Humeruskopf so bei einem von außen kommenden Zug in der Gelenkpfanne gehalten. Die Rotatorenmanschette gilt damit als der wichtigste Kapselspanner [21, 105, 130]. Bedeutend ist der Ansatz der Rotatorenmanschette für die Stellung der Fragmente bei Humeruskopffrakturen. Kommt es zu einer Fraktur im Bereich des Collum chirurgicum, erfolgt durch Zug des M. pectoralis major eine Dislokation des Schaftes gegenüber dem Humeruskopf nach medial. Im Falle einer Fraktur des Tuberculum majus wird das Fragment durch die an ihm inserierenden Sehnen des M. supra- und infraspinatus sowie M. teres minor nach kranial und dorsal gezogen. Der am Tuberculum minus ansetzende M. subscapularis zieht dieses nach medial und vorne, was bei subkapitalen Frakturen mit Tuberculum majus - Ausriss zu einer Verdrehung des Humeruskopfes nach innen mit einer Fehlstellung der Kalottenfläche nach dorsal führt [39, 84, 97, 111].

Ein Abriss des Tuberculum minus kann zur Affektion der langen Bicepssehne im Sulcus intertubercularis mit Folge der Subluxation derer führen. Bei Einklemmung im Frakturspalt kann sie ein erhebliches Repositionshindernis darstellen [84].

Bei Viersegmentfrakturen erfolgt die Dislokation der Fragmente jeweils in die Richtung ihrer ansetzenden Muskeln. Die Gelenkfläche kippt nach kaudal, dorsal, ventral oder lateral ab, so dass kaum noch Gelenkflächenkontakt besteht [84].

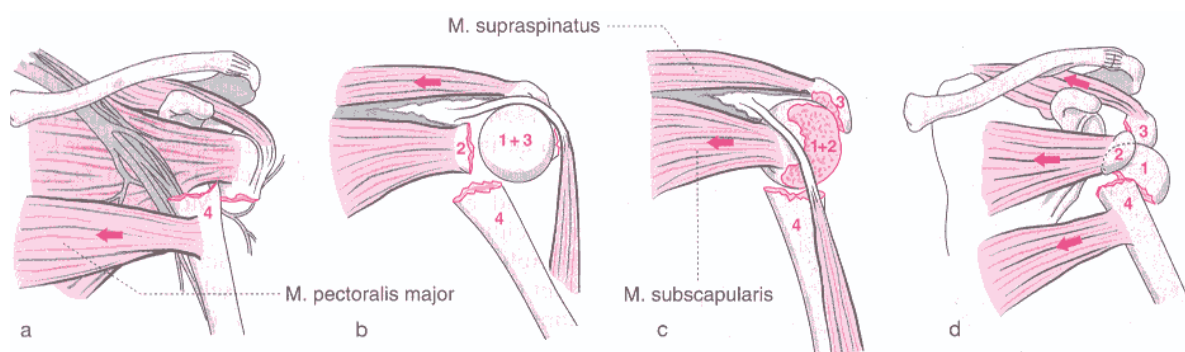


Abb. 1.2: Bedeutung der Muskulatur für die Fragmentstellung [140]
 (1 = Kalotte, 2 = Tuberculum minus, 3 = Tuberculum majus, 4 = peripheres Hauptfragment)

1.2.3 Nervale Strukturen des Schulterbereichs

Die nervale Versorgung der Schulter erfolgt über den Plexus brachialis. Dieser, insbesondere jedoch sein Ast, der N. axillaris, ist aufgrund seiner topographischen Lage bei Verletzungen des proximalen Humerus besonders gefährdet [50, 84, 95]. In der Literatur wird für eine Schädigung der nervalen Strukturen bei Humeruskopffrakturen von 6 – 8% angegeben [7, 77]. Bei Mehrfragmentfrakturen wird sogar eine Häufigkeit von bis zu 30 % angegeben [50].

Es sollte bei der Diagnostik dementsprechend Wert auf die Prüfung von Motorik und Sensibilität gelegt werden.

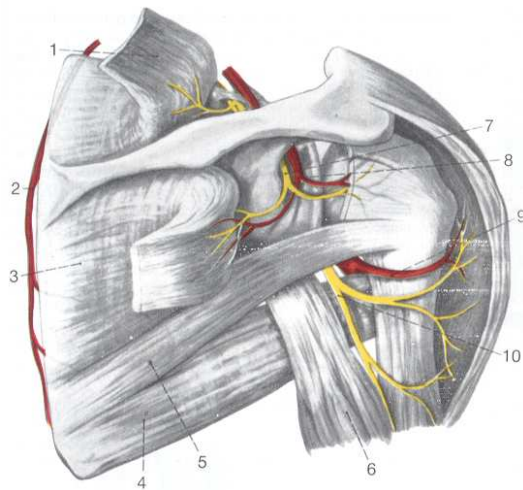


Abb. 1.3: Arterien und Nerven der Schulterblattgegend [83]

- 1 M. suprascapularis
- 2 A. transversa cervicis, R. profundus (A. dorsalis scapulae)
- 3 M. infraspinatus
- 4 M. teres major
- 5 M. teres minor
- 6 M. triceps brachii, Caput longum
- 7 N. suprascapularis
- 8 A. suprascapularis
- 9 A. circumflexa humeri posterior
- 10 N. axillaris

1.2.4 Gefäßversorgung des Humeruskopfes

Die obere Extremität gehört zum Versorgungsgebiet der A. axillaris. Diese geht zwischen dem Unterrand der Klavikula und dem lateralen Rand der ersten Rippe aus der A. subclavia hervor. Sie zieht bis zum Unterrand des M. pectoralis major und

geht dort in die A. brachialis über. Aus der A. axillaris gehen als wichtigste, den Humeruskopf versorgende Gefäße die A. circumflexa humeri anterior und A. circumflexa humeri posterior ab [15, 31, 39]. Den Hauptteil der arteriellen Versorgung des Humeruskopfes übernimmt die A. circumflexa humeri anterior. Von ihr zweigt der R. ascendens ab, welcher die Bizepssehne unterkreuzt, Äste an das Tuberculum minus abgibt und danach am Sulcus bicipitalis nach proximal verläuft. Auf Höhe des Tuberculum majus tritt er als A. arcuata in den Humeruskopf ein. Etwa zwei Drittel des Humeruskopfes werden somit von der vorderen zirkumflexen Arterie versorgt. Von Gerber et al. [31] wird eine besondere Gefahr bei Ligation der Arterie mit nachfolgender Entstehung einer Kopfnekrose beschrieben.

Die A. circumflexa posterior zieht dorsal um das Collum chirurgicum und versorgt einige dorsale Anteile des Humeruskopfes und des Tuberculum majus. Von Laing et al. [75] konnte bestätigt werden, dass die Äste dieser beiden Arterien die einzigen sind, die in den Humeruskopf eintreten. Der medio - dorsale Bereich des Collum anatomicum wird von periostalen Gefäßzuflüssen aus vorderer und hinterer A. circumflexa humeri perfundiert. Im Falle einer Fraktur im Bereich des Collum anatomicums besteht die Gefahr der Verletzung dieses Anastomosennetzes. Die Ernährung kann nur noch per diffusionem erfolgen. Insbesondere bei Frakturen, die mit einer Schaftdislokation von mehr als 5 mm einhergehen und zum Einriss des medialen Periostschlauchs führen, ist die Gefahr einer Minderversorgung und somit einer Nekrose des Humeruskopfes hoch [15, 31, 84]. Als weitere Prognosefrakturen nach Humeruskopffrakturen hinsichtlich der Revaskularität des Kalottenfragments gelten die Anzahl der Fragmente sowie deren Dislokationsgrad [15, 31, 39, 132]. Bei Frakturen im Bereich des Collum chirurgicums sind die beiden Arterien meist nicht in Gefahr, die Gefäßversorgung kann in diesem Falle gut kompensiert werden [132].

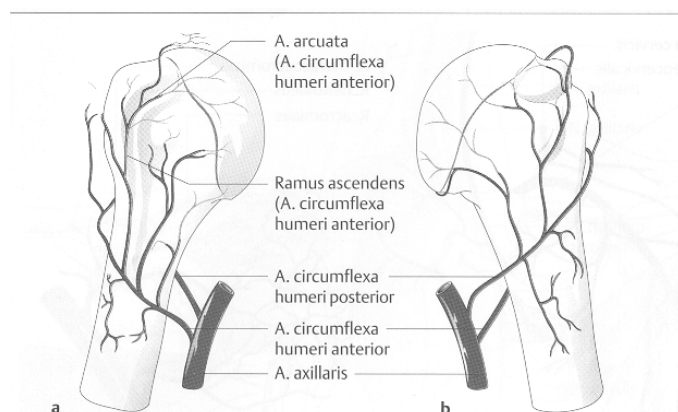


Abb.1.4: Vaskularisation des Humeruskopfes (a = von ventral, b = von dorsal) [35]

1.3 Frakturen des proximalen Humerus

1.3.1 Epidemiologie

Frakturen des proximalen Humerus machen ca. 4 - 5% aller Frakturen im Erwachsenenalter aus [48]. Dabei steigt die Inzidenz mit zunehmendem Alter. In etwa 75% der Fälle findet sich ein Patientenalter von über 60 Jahren [111], so dass man von einer typischen Verletzung des älteren Menschen spricht. Ein wesentlicher Grund dafür liegt in der verminderten Knochenfestigkeit sowie einer verminderten Knochenmineraldichte im Sinne einer Osteoporose im fortgeschrittenen Alter [15, 39, 84, 132].

In einer Studie von Court-Brown et. al [19] zur Epidemiologie der Humerusfraktur wird ein Durchschnittsalter von 66 Jahren angegeben. Diese Angabe stimmt mit derer vieler anderer Studien über proximale Humerusfrakturen überein [8, 36, 47, 48, 61, 93, 138]

Die verminderte Knochenqualität im Alter vor allem beim weiblichen Geschlecht sowie deren Bevölkerungsanteil spiegelt sich in der Geschlechtsverteilung wider. Mit einer Inzidenz von 174 pro 100 000 tritt die Humeruskopffraktur bei Frauen etwa dreimal häufiger [15, 19, 111] als bei Männern mit 53 pro 100 000. Von Köstler et. al [68] wird für Frauen über 70 Jahre sogar ein Inzidenzanstieg auf 400 pro 100 000 angegeben. Aufgrund der Überalterung der Bevölkerung zeigt sich eine alarmierende Zunahme der Inzidenz [60, 82]. Weitere Risikogruppen stellen mitunter Patienten mit chronischem Alkoholabusus oder Langzeit - Glukokortikoidtherapie dar, verursacht ebenfalls durch eine deutlich reduzierte Knochendichte und -masse [39, 84]. Daneben finden sich jedoch auch jüngere Patienten, bei denen zumeist ein hochenergetisches Trauma auslösend für die Fraktur ist.

1.3.2 Verletzungsmechanismus und Unfallursachen

Die häufigsten Unfallmechanismen, die zu einer proximalen Humerusfraktur führen, sind der Sturz auf den ausgestreckten Arm, der Fall auf die Schulter sowie die exzessive Rotation des abduzierten Armes [15, 39, 111]. Gerade beim älteren Patienten ist eine relativ geringe Gewalteinwirkung ausreichend, um eine Fraktur des oft osteoporotisch veränderten Knochens herbei zu führen [60]. Bei jüngeren

Patienten hingegen ist zumeist ein hochenergetisches Trauma auslösend für die Fraktur [19, 39, 66]. Besonders Verkehrs- und Sportunfälle, v.a. Skiunfälle sind bei jungen Patienten als Unfallursache zu nennen. Durch die große Gewalteinwirkung findet man oftmals schwerere Frakturen mit Dislokationen von Fragmenten teilweise in Kombination mit starker Weichteilschädigung oder anderen Begleitverletzungen im Sinne eines Polytraumas. Im Falle fehlender adäquater Gewalteinwirkung sollte an eine pathologische Fraktur im Sinne einer metastatischen Erkrankung gedacht werden [15].

Als Frakturformen sind zum einen Kompressionsbrüche, die durch ein direktes Trauma gegen den Oberarmkopf bei fixierter Skapula entstehen, zum anderen Biegungsbrüche, die durch das Collum chirurgicum verlaufen und durch den Sturz auf den ausgestreckten Arm verursacht werden, zu nennen. Scherbrüche im Sinne von Abrissfrakturen des Tuberculum majus oder minus entstehen als Begleitverletzung bei vorderer oder hinterer Luxation des Humeruskopfes [39].

1.3.3 Begleitverletzungen

Vor allem nach Luxationsfrakturen des Humeruskopfes kann es zu zumeist inkompletten Nerven- und Plexusläsionen kommen. Besonders gefährdet ist der N. axillaris (58% aller Nervenverletzungen), der aufgrund seiner relativen Fixation am posterioren Faszikel und am M. deltoideus vor allem bei stärkerer Zugbelastung am Oberarm geschädigt werden kann [84]. Weiterhin können N. suprascapularis (48%) sowie selten der N. musculocutaneus betroffen sein.

Arterielle Gefäßschäden können als schwere Komplikation bei Luxationsfrakturen auftreten. Sie betreffen sowohl die A. axillaris als auch die Abgänge der A. circumflexa humeri anterior et posterior.

Humeruskopffrakturen können zudem mit gleichseitigen distalen Radius- und Olekranonverletzungen, Rippenfrakturen oder auch Kopfverletzungen vergesellschaftet sein. Weiterhin findet man sie vor allem bei jüngeren Patienten als Bestandteil eines Polytraumas [84].

1.3.4 Diagnostik

Zur Diagnostik von Frakturen des Humerus gehört die Anamnese über den Unfallmechanismus sowie die klinische Untersuchung. Schmerzen und Bewegungseinschränkung im Schulterbereich, Schürfwunden, Hämatome sowie Schwellung und Veränderung der Schulterkontur geben Hinweis auf eine mögliche Fraktur des Humeruskopfes [84]. Als sichere Frakturzeichen gelten eine deutliche Fehlstellung des Oberarmes sowie Krepitationen bei Bewegung des verletzten Armes. Gefäß- und Nervenstatus der betroffenen Extremität müssen erhoben werden, um eventuelle Begleitverletzungen auszuschließen. Zur Sicherung der Diagnose wird die sogenannte Röntgentraumaserie nach Bigliani [7], drei senkrecht aufeinander stehende Aufnahmen angefordert: die a.p. - Aufnahme, die Skapula-Y - Aufnahme sowie die axiale Aufnahme.

Begleitend steht die Sonographie zur Beurteilung von Weichteilverletzungen wie z.B. Rotatorenmanschettenrupturen zur Verfügung. Sie hat jedoch nur geringen diagnostischen Wert in der Unfallbehandlung [39].

Ergänzend sollten bei komplexen Mehrfragmentfrakturen computertomographische Aufnahmen des Humeruskopfes angefertigt werden. Gerade bei Kopfimpression oder Mehrfachbeteiligung der Kalotte kann mit den gewonnenen Informationen z.B. entschieden werden, ob eine kopferhaltende oder prothetische Versorgung stattfinden wird [84]. Für diesen Fall ist zudem eine 3D - Rekonstruktion sehr hilfreich. Im Falle von Gefäßverletzungen ist der frühzeitige Einsatz selektiver Angiographie (DAS) indiziert.

1.4 Fraktur – Klassifikation

Ein verständliches Klassifikationssystem zur Einteilung von proximalen Humerusfrakturen stellt eine wichtige Grundlage für die Therapie- bzw. Operationsplanung dar. Es soll Aufschluss über den Frakturverlauf, die Anzahl der Fragmente sowie deren Dislokation geben. Weiterhin soll eine bessere Vergleichbarkeit der Frakturtypen und deren Behandlungsergebnisse gewährleistet werden [122, 132, 137]. In den letzten Jahren haben sich vor allem zwei Klassifikationssysteme durchgesetzt: die Klassifikation nach Neer (1970) sowie die von Müller et al. modifizierte AO - Klassifikation (1990).

1.4.1 Klassifikation nach Neer

Die Einteilung nach Neer [97] basiert auf der von Codman [16] im Jahre 1934 vorgegebenen Unterteilung des Humeruskopfes in vier Hauptfragmente: Kalotte, Tuberculum majus, Tuberculum minus und Humerusschaft. Sie berücksichtigt die Lokalisation der Fraktur, die Anzahl der Frakturfragmente sowie deren Dislokationen. Als disloziert gilt ein Fragment erst dann, wenn es um mehr als 1 cm verschoben bzw. eine Achsendeviation von mehr als 45° aufweist. Alle nicht dislozierten Frakturen werden als „one-part-fractures“, Einfragmentfrakturen, zusammengefasst und gelten als nicht operationswürdig.

Die dislozierten Frakturen werden in Zwei-, Drei- und Vierfragmentfrakturen unterteilt, welche je nach Beteiligung der Hauptfragmente in die Gruppen II bis V eingestuft werden. Gruppe VI stellt die Luxationsfrakturen dar. Impressionsfrakturen und Splitterbrüche der Kalotte („head split fractures“) werden getrennt aufgeführt. Eine höhere Frakturkategorie geht laut Neer jeweils mit einer schlechteren Prognose einher.
















I  Minimale Dislokation	DISLOZIERTE FRAKTUREN		
	Anzahl der Fragmente		
	2	3	4
II Collum anatomicum 			
III Collum chirurgicum 			
IV Tuberculum majus 			
V Tuberculum minus, 			
VI anteriore Luxationsfraktur 			
posteriore Luxationsfraktur 			

Abb. 1.5 Frakturklassifikation nach Neer [39]

Nachteilig bei der Klassifikation nach Neer ist die fehlende Berücksichtigung von minimal bzw. nicht dislozierten Frakturen, die 80% aller Humeruskopffrakturen ausmachen. Aufgrund ihrer konservativen Versorgung werden sie in einer Gruppe zusammengefasst, ohne dass nähere Angaben zum Frakturverlauf oder zur Fragmentanzahl gemacht werden. Weiterhin erfolgt für Drei- und Vierfragmentfrakturen keine weitere Unterscheidung bezüglich des Frakturverlaufs am anatomischen oder chirurgischen Hals. Außerdem werden Zweifragmentfrakturen durch den anatomischen Hals trotz ungünstiger Prognose in eine niedrige und demnach prognostisch günstige Kategorie eingestuft [15, 39, 111].

1.4.2 AO – Klassifikation

Die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) wurde 1983 entwickelt und von Müller et al. [95] im Jahre 1990 modifiziert. Die Einteilung der proximalen Humerusfrakturen erfolgt in einem ABC - Schema nach zunehmendem Schweregrad und Nekroserisiko.

Als Typ-A - Frakturen werden extraartikuläre Frakturen mit zwei Hauptfragmenten bezeichnet. Das Risiko einer avaskulären Nekrose ist dabei relativ gering.

Typ-B - Frakturen verlaufen extraartikulär, teilweise intraartikulär. Es sind zwei oder drei Fragment betroffen, wobei das Nekroserisiko etwas höher liegt.

Typ-C - Frakturen stellen die schwierigsten Formen mit dem höchsten Risiko einer Durchblutungsstörung des Humeruskopfes dar. Sie verlaufen intraartikulär bei Vorhandensein von zwei bis vier Fragmenten.

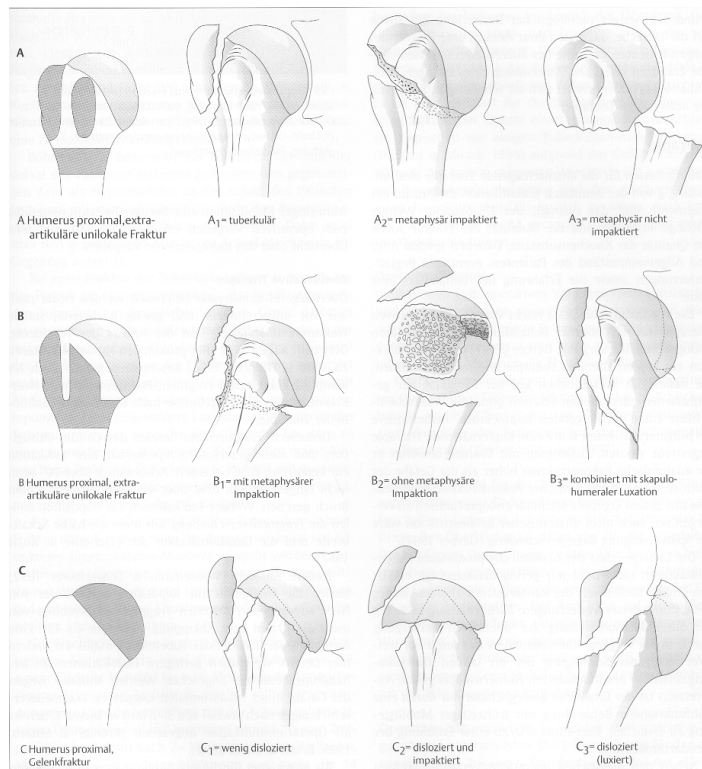


Abb. 1.6: AO – Klassifikation [35]

Richtung sowie Ausmaß der Dislokation werden zudem berücksichtigt und jeweils durch die Untergruppen 1 – 3 definiert. Somit können 27 Untergruppen unterschieden werden, wodurch zwar eine gute Differenzierung der Frakturen möglich ist, die Praktikabilität im klinischen Alltag jedoch oftmals gering ist [15, 19, 84]. Von mehreren Autoren wird das Risiko einer Fehlklassifikation sowie die Möglichkeit eines Inter- und Intraobserverirrtums beschrieben [14, 71, 111, 113].

1.5 Therapiemöglichkeiten der proximalen Humerusfraktur

Für die Therapie proximaler Humerusfrakturen stehen eine Vielfalt von Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung. Bei in etwa 80% aller Frakturen [15, 84] handelt es sich um leichtere Formen, die im Rahmen einer konservativen Behandlung zum Teil gute Ergebnisse erzielen. Die operative Versorgung der Humeruskopffrakturen verursacht jedoch immer wieder kontroverse Diskussionen. Über die Jahre hinweg wurden viele verschiedene operative Therapieverfahren entwickelt und angewendet. Derzeit existiert kein Standardverfahren für die operative Behandlung der Oberarmkopffrakturen [137].

Für die Festlegung des therapeutischen Managements proximaler Humerusfrakturen spielen mehrere Faktoren eine wichtige Rolle. Als Hauptkriterien gelten die Anzahl der Fragmente sowie das Ausmaß der Dislokation der Fraktur. Als weitere wichtige Kriterien sind die Stabilität der Fraktur und die Knochenqualität anzusehen [33]. Auch die Ansprüche des einzelnen Patienten und die individuelle Situation, d.h. sein biologisches Alter, der Allgemeinzustand sowie eventuelle Begleitverletzungen müssen bei der Therapiewahl berücksichtigt werden [84].

1.5.1 Konservative Frakturbehandlung

Laut Literatur können 80% aller Humeruskopffrakturen konservativ behandelt werden [39, 84, 97, 98]. Dabei handelt es sich unabhängig von der Fragmentzahl um nicht bzw. gering dislozierte Frakturen. Als gering disloziert gilt nach den Neer - Kriterien eine Fragmentverschiebung von < 1 cm und/oder eine Kalottenabkippung $< 45^\circ$. Dabei handelt es sich teilweise um eine erhebliche Dislokation. So können bei Patienten mit hohem Funktionsanspruch andere Kriterien angewandt werden. Habermeyer [39] sieht eine Indikationstellung zur Reposition ab einer Winkelfehlstellung des Schaftes schon ab $> 30^\circ$ bei nicht eingestauchten und $> 40^\circ$ bei eingestauchten Frakturen.

Beim konservativen Vorgehen erfolgt primär die Ruhigstellung des Schultergelenks in einer Fixationsbandage, z.B. einem Gilchrist - Verband. Der Oberarm befindet sich dabei in Adduktionstellung und mittlerer Innenrotation, der M. pectoralis ist entspannt.

Dies beugt einer sekundären Fragmentverschiebung vor. Die Rotatorenmanschette, das Periost, die Gelenkkapsel wie auch das lokale Frakturhämatom sorgen für den Zusammenhalt der Fragmente und somit für die Stabilität der Fraktur. Nach Anlegen des Verbandes ist eine Röntgenkontrolle zur Überprüfung der Frakturetention obligat. Nach Abklingen der Schmerzen und so früh wie möglich sollte mit der krankengymnastischen Übungsbehandlung begonnen werden, um einer Kapselschrumpfung vorzubeugen und somit die Beweglichkeit zu erhalten. Vor Beginn der Übungen sollte durch manuelle Prüfung sowie einer weiteren Röntgenkontrolle eine interfragmentäre Mobilität ausgeschlossen werden. [84, 111] Im Verlauf sind weitere radiologische Kontrollen erforderlich, um z.B. sekundäre Dislokationen frühzeitig zu erkennen und ggf. das therapeutische Vorgehen dementsprechend zu ändern.

1.5.1.1 Geschlossene Repositon

Gegebenenfalls können dislozierte Frakturen wie z.B. im Bereich des Collum chirurgicum geschlossen reponiert werden. Daneben müssen Fragmentverschiebungen von mehr als einer halben Schaftbreite sowie Luxationsfrakturen reponiert werden. Eine Ausnahme bilden Frakturen des Tuberculum majus. Schon geringe Dislokationen dessen können zum subakromialen Impingement führen [110]. Nach Habermeyer [39] stellen Verschiebungen schon ab 3 – 5 mm nach kranial eine Indikationsstellung zur operativen Versorgung dar. Ebenfalls ungeeignet für eine geschlossene Reposition sind Zweipartfrakturen des Collum anatomicum, Frakturen der Tuberkula sowie Drei- und Vierpartfrakturen. Zudem sollten valgusimpaktierte Frakturen aufgrund des relativen Hochstands der Tuberkel offen reponiert werden [39, 95].

1.5.2 Operative Frakturbehandlung

Die Indikation zur operativen Versorgung einer Humeruskopffraktur wird bei irreponiblen dislozierten Frakturen, stark dislozierten Abrissen von Tuberculum majus et minus, Luxationsfrakturen und dislozierten Mehrfragmentfrakturen gestellt. Ebenso ist eine operative Behandlung bei offenen Frakturen, Frakturen mit Mitbeteiligung der Gelenkfläche, Paresen des N. radialis und bei Vorhandensein von Fragmenten, die durch Einklemmung in den subakromialen Raum zu einer Impingement - Symptomatik führen können, gefordert. Als sekundäre Therapie wird die chirurgische Intervention bei Pseudarthrosen oder bei Fehlstellungen nach konservativer Therapie angewendet [39].

Die operative Therapie von Humeruskopffrakturen ist ein viel umstrittenes Thema. Es besteht ein Konflikt zwischen der Forderung einer anatomisch korrekten Reposition mit stabiler Frakturretention und der Schonung der Weichteilstrukturen im Frakturbereich [91, 142]. Insbesondere bei der Versorgung von Drei- und Vierfragmentfrakturen herrscht Uneinigkeit bezüglich der operativen Methode der Wahl. Ziel ist die Erlangung von Schmerzfreiheit sowie die Wiederherstellung der anatomischen Einheit und somit der Funktion der Schulter [50, 85, 93].

Voraussetzung ist dabei eine übungsstabile Osteosynthese, die eine frühfunktionelle Beübung der Schulter ermöglicht [28, 33, 50, 61, 84]. Iatrogene Schädigungen und das daraus resultierende Risiko einer avaskulären Nekrose sollen aufs Minimalste reduziert werden. Komplikationsraten bedingt durch lokale Infekte, Materialinsuffizienzen mit sekundärem Repositionsverlust sollen gering gehalten werden. Die Vielzahl der heutzutage verfügbaren Implantate spiegelt die Kontroversen in der Diskussion um die Versorgung der Humeruskopffraktur wider und bestätigt, dass ein optimales Therapieverfahren noch nicht gefunden ist.

Zur Verfügung stehen heutzutage zum einen Minimalosteosynthesen [36, 40, 53, 54, 62, 65, 73, 88, 108, 109, 137] wie die Kirschner - Drahtosteosynthese. Vorteile bestehen in der geschlossenen Reposition bzw. einem minimalinvasiven Zugangsweg, der die Weichteilschädigung und damit die Nekroserate auf niedrigem Niveau hält. Oft wird dieses Verfahren jedoch in Kombination mit Drahtcerclagen und Zuggurtungsverfahren angewandt [147], die wiederum einen offenen Zugang

benötigen, so dass dieser Vorteil verloren geht. Als weiteres minimalinvasives Verfahren ist die Schraubenosteosynthese [60, 108, 109] zu nennen. Bei dieser Methode werden Fragmente durch offen oder perkutan eingebrachte Schrauben stabilisiert. Die Repositon erfolgt manuell über Stichinzisionen und Ligamentotaxis. In der Literatur werden zumeist gute bis zufriedenstellende Ergebnisse angegeben [36, 62, 65, 73, 108, 109, 147]. Nachteile der Minimalosteosynthesen bestehen in der oft langen postoperativen Immobilisation der Schulter. Weiterhin wurden Drahtwanderungen und inadäquate Verankerung der Schrauben vor allem im osteoporotischen Knochen beschrieben, die mit sekundärem Repositionsverlust einhergehen [62, 84, 111]. Ruchholtz et al. [111] hatte bei Kirschnerdraht-Osteosynthesen eine Materialdislokationsrate von 40% zu verzeichnen, was mit unbefriedigenden Ergebnissen in über 60% der Fälle einherging. Bezüglich der Stabilität konnte in biomechanischen Studien [50] nachgewiesen werden, dass die Kirschnerdraht - Osteosynthese anderen Operationstechniken wie Plattenosteosynthese oder intramedullärer Nagelung heutzutage eindeutig unterlegen ist.

Im Jahre 1939 wurde durch Rush [112] erstmals eine intramedulläre Schienung vorgestellt. Diese wurde in den folgenden Jahrzehnten mehrfach modifiziert [89, 94, 128, 145, 148, 151]. Vorteil der Methode ist die Möglichkeit der geschlossenen Reposition. Eine zusätzliche Schädigung der Weichteile im Frakturbereich bleibt somit aus. Sind zudem Tuberkulumfragmente vorhanden, müssen diese jedoch zusätzlich mit Cerclagen oder Schrauben fixiert werden, was dementsprechend ein offenes Operationsverfahren erfordert. Geschieht dies nicht, kann es im Verlauf zu Dislokationen des Tuberkulumfragments mit entsprechender Fehlstellung kommen [138].

Es folgten Weiterentwicklungen intramedullärer Implantate mit dem Ziel, Komplikationen wie Nageldislokation, Kalottenperforation und Fragmentdislokation zu verringern [138, 148, 151]. Wogegen sich die Indikation zuvor hauptsächlich auf Zweisegmentfrakturen beschränkte, kann sie heutzutage durch Entwicklungen spezieller Verriegelungstechniken und damit verbesserter Rotationsstabilität auch auf höhergradige Frakturen mit zum Teil guten klinischen Ergebnissen erweitert werden [9, 51, 128, 151].

Gerade bei älteren Patienten mit komplexen Frakturen wird ein primär endoprothetischer Ersatz bei dislozierten Mehrfragmentfrakturen am proximalen Humerus favorisiert [55, 91, 98, 113, 115, 152]. Es kann mit diesem Verfahren eine deutliche Schmerzreduktion erreicht werden. Die funktionellen Ergebnisse sind jedoch nicht immer befriedigend [12, 20, 84, 92, 137]. In den letzten Jahren geht der Trend eher hin zu einer kopferhaltenden Therapie auch bei dislozierten Drei- und Vierfragmentfrakturen. Neue Implantate zeigen ähnliche Erfolge bei der Schmerzreduktionen bei deutlich besseren funktionellen Resultaten. Ein Humeruskopfersatz wird deshalb heute vielmals als Therapieoption bei Folgeeingriffen angesehen. Bei Frakturen mit hochgradiger Zerstörung des Humeruskopfes bzw. mit hohem Risiko einer Kopfnekrose bleiben sie auch weiterhin das Therapieverfahren erster Wahl [39, 84].

1.5.2.1 Konventionelle und winkelstabile Plattenosteosynthese

Die Plattenosteosynthese am proximalen Humerus war lange Zeit ein umstrittenes Thema. Geprägt von einem überwiegend biomechanischen Ansatz stand am Anfang der Osteosynthese der Wunsch, Knochenfragmente möglichst stabil und dauerhaft miteinander zu verbinden. Dieses sowie die möglichst exakte Wiederherstellung der knöchernen Anatomie wurden als Voraussetzung für eine sichere knöcherne Heilung angesehen. Doch ausgiebiges Freilegen der Frakturfragmente und Ablösen von Weichteilgewebe bei der Implantation führte häufig zu ausgeprägter Traumatisierung der Weichteilgewebes der Schulter [15, 142, 143]. Durch die benötigte Kompression der rigiden Platte an das Periost wurden wichtige Gefäßzuflüsse des Humeruskopfes kompromittiert. Vaskularisationsstörungen mit Untergang von Frakturfragmenten [20, 44, 76, 126, 137, 141] und lokale Infekte waren die Folge. Kuner et al. [73] berichtete 1987 in einer AO - Sammelstudie über eine Nekroserate von 44,6% bei Anwendung konventioneller Platten. Oftmals handelte es sich zudem um große Implantate, die weichteilirritierend wirkten und durch eine zu weit proximale Lage ein subakromiales Impingement hervorrufen konnten [4, 5, 8, 50]. Aufgrund mangelnder Stabilität hinsichtlich Rotations- und Angulationsbewegungen ist eine sichere Verankerung im osteoporotischen Knochen mit rigiden Platten oft nicht

gewährleistet [49, 51, 52, 76, 143, 147]. In der Literatur fanden sich gute aber auch unbefriedigende und schlechte Ergebnisse [20, 49, 52, 70, 73, 75, 111].

In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre änderte sich die Philosophie der Plattenosteosynthese durch Einführung des „Prinzips der biologischen Osteosynthese“ [28, 33, 66, 85, 100, 129]. Es stand nunmehr nicht die exakte Rekonstruktion und Stabilität im Vordergrund. Das Ziel der biologischen Osteosynthese ist vielmehr die Schonung des umgebenden Weichteilgewebes, des Frakturhämatoms, des Periosts und insbesondere der Blutversorgung der Frakturfragmente. Verwirklicht wird dieses durch geringfügige chirurgische Manipulation mithilfe von minimalen Operationszugänge mit minimaler Einsicht auf die Fraktur und indirekten Repositionsmanöver. Die Notwendigkeit des Erhalts der Vaskularität für die Knochenbruchheilung wurde in den letzten Jahrzehnten immer wieder in Studien hervorgehoben [31, 32, 64].

1965 wurde von Allgöwer und Perren et al. [1] mit der DCP (Dynamic Compression Plate) eine Platte entwickelt, die eine dynamische Kompression auf den Frakturspalt ausübt. Die Schrauben werden dabei exzentrisch gesetzt, was zum Spannen der Platte und somit zu verbesserter Frakturstabilität führt [61, 80]. Die DCP lag jedoch in ihrer ganzen Länge dem Periost auf und führte somit weiterhin zur Unterbrechung der kortikalen Gefäßversorgung [71].

Ende der achtziger Jahre wurde von der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese) die LC-DCP (Limited Contact, Dynamic Compression Plate) eingeführt [100]. Sie zeichnete sich durch eine um 50% reduzierte Auflagefläche gegenüber einer herkömmlichen DCP aus, übte jedoch weiterhin Kompressionskräfte auf den Knochen aus [101]. In vielen Studien wurde über verbesserte klinische Resultate und schnelle Frakturheilung bei Verwendung der LC-DCP berichtet [89, 90, 102, 120, 125].

Eines der ersten Implantate, dass die Anforderungen einer biologischen Osteosynthese erfüllte, war der 1997 von der AO entwickelte PC-Fix (Point Contact Fixateur) [134]. Die Platte liegt dem Knochen nur punktförmig auf und trägt so zur Schonung der Periostgefäße bei [47]. Es handelt sich um ein internes winkelstabiles Implantat, bei dem Schraube und Platte an ihrer Kontaktfläche fest und bewegungsfrei miteinander verbunden sind. Realisiert wird dieses durch ein Gewinde an Schraubenkopf, dass in ein Gewinde im Plattenloch fasst. So entsteht

eine kraftschlüssige Verbindung, die auch ohne die Fixation am Knochen eine stabile Einheit bildet und damit in der Lage ist, die gesamte axiale Last zu übernehmen und vom oberen auf das untere Knochenteil zu leiten [61]. Eine zusätzliche knöcherne Abstützung ist nicht mehr erforderlich. Das Prinzip der Kraftübertragung ändert sich bei winkelstabilen Implantaten. Wo bei konventionellen Platten die Stabilität durch Reibungskraft und damit mit Hilfe des Anpressdruckes der Platte an den Knochen produziert wurde, ist bei winkelstabilen Osteosynthesen eine axiale Schraubkraft und damit die Reibungskraft nicht mehr nötig, da die Longitudinalkräfte von der Platte auf den Knochen direkt über Scherkräfte durch den Schraubenkopf übertragen werden. Dieses entspricht dem Prinzip eines Fixateur internes [47]. In den letzten Jahren wurden viele winkelstabile Plattensysteme nach dem Prinzip des Fixateur internes entwickelt. Die Platten unterliegen einem stetigen Verbesserungsprozess ihrer Eigenschaften. So wurde mit der LCP (Locking Compression Plate) eine Platte vorgestellt, die das Prinzip der Winkelstabilität mit dem der konventionellen Osteosynthese vereint [26, 27, 30]. Realisiert wird dieses hierbei durch Kombinationslöcher, die individuell entscheiden lassen, welches Prinzip zur Anwendung kommen soll. Die Plattenlöcher weisen dabei sowohl eine dynamische Kompressionseinheit (Dynamic Compression Unit, DCU) als auch ein konisches Gewinde auf, welches eine winkelstabile Verankerung einer Kopfverriegelungsschraube in der Platte ermöglicht [103, 47].

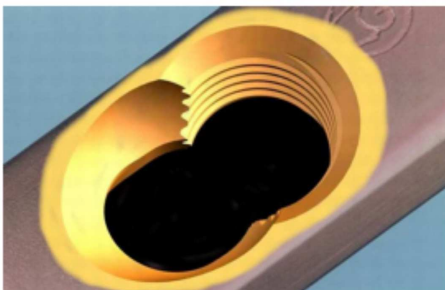


Abb. 1.7: Kombinationsloch der LCP (Locking Compression Plate)

Winkelstabile Systeme haben die Plattenosteosynthese zu einem heute etablierten Verfahren bei Frakturen des proximalen Humerus gemacht. In zahlreichen Studien werden ihre positiven Eigenschaften bestätigt. Humeruskopfnekrosen, lokale Infektionen und Pseudarthrosen wurden merklich verringert [8, 30, 38, 47, 61, 81, 85, 93, 129, 143, 146] .

1.5.2.3 Locking Proximal Humerus Plate – LPHP

Von der AO wurde speziell für die Versorgung von Humeruskopffrakturen die Locking Proximal Humerus Plate (LPHP Fa. Mathys, Bettlach, Schweiz), im Folgenden proximale Humerusplatte genannt, entwickelt. Sie ist den anatomischen Verhältnissen des proximalen Humerus entsprechend vorgeformt. Aufgrund ihres niedrigen Profils (2,2 mm) besteht eine minimierte Weichteilirritation und ein geringes Risiko einer subakromialen Einklemmung.



Abb. 1.8: Locking Proximal Humerus Plate

Durch Kombinationslöcher bietet sie die Möglichkeit zweier Fixationstechniken: dynamische Kompression mit Standardschrauben und Winkelstabilität mit Kopfverriegelungsschrauben. Zur indirekten Reposition können weiterhin Zugschrauben eingebracht werden. Für die Verankerung der Schrauben im Kopfbereich stehen fünf Löcher zur Verfügung. Die zwei am weitesten proximal gelegenen Schrauben werden parallel zueinander mit einem Insertionswinkel von 5° eingebracht. Die folgenden zwei Kopfverriegelungsschrauben verlaufen konvergierend (50°), überkreuzen sich und divergieren in ihrem restlichen Verlauf. Die distale Kopfschraube wird in einem Winkel von 20° zur Horizontalen eingebracht.

Diese spezielle Lochpositionierung und Schraubenwinkel sollen zusätzlich zu den oben aufgeführten Vorteilen eines winkelstabilen Implantats eine bessere

Abstützung des Humeruskopfes, eine größere Ausreißfestigkeit und bessere Verankerung der Schrauben in osteoporotischem Knochen gewährleisten. Zusätzlich zu den Schraubenlöchern finden sich im proximalen Bereich Nahtlöcher, an denen Cerclagen an den Tuberkeln befestigt werden können, wodurch antagonistische Kräfte von Muskelspannungen neutralisiert werden können. Die LPHP ist als 5-Loch-Platte (85 mm) und 8-Loch-Platte (121 mm) erhältlich.

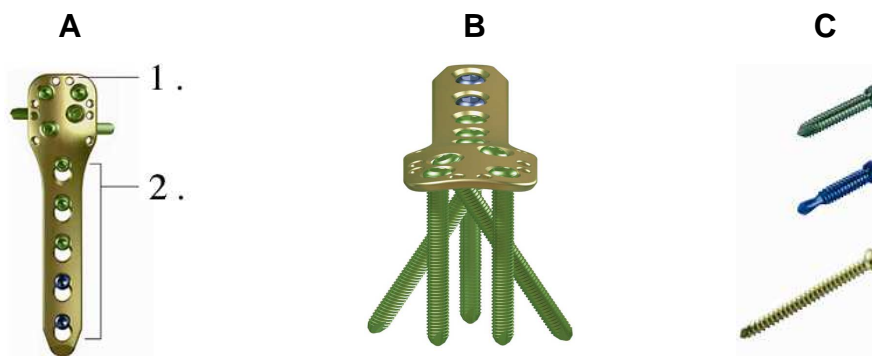


Abb. 1.9

A: LPHP mit **1.** Nahtlöchern und **2.** Kombinationslöchern

B: Anordnung der Schrauben

C: Schraubentypen: **oben:** 3,5mm- Kopfverriegelungsschraube, selbstschneidend

Mitte: 3,5 mm- Kopfverriegelungsschraube, selbstbohrend, selbstschneidend

unten: 3,5 mm- Kortikalisschraube, selbstschneidend

2. Material und Methoden

2.1 Patientengut

Die Studienpopulation wurde prospektiv aus Patienten gebildet, die im Zeitraum August 2002 bis Mai 2004 mit der proximalen Humerusplatte (LPHP) im Centrum für Musculoskeletale Chirurgie der Charité operativ versorgt wurden.

Die Patienten wurden mit Hilfe des digitalen Computerprogramms „OpDis“ und durch Auswertung der jeweiligen Stations- und OP-Tagespläne erfasst.

2.2 Operationstechnik

In Intubationsnarkose und sogenannter Beach-Chair - Lagerung des Patienten erfolgte nach chirurgischer Desinfektion und sterilem Abdecken des Operationsgebietes der deltoideopektorale Zugang zum Schultergelenk. Nach Darstellen der Vena cephalica und Weghalten derer nach lateral wurde die Frakturzone unter größtmöglicher Schonung der Gelenkkapsel dargestellt. Durch indirekte Repositionsmanöver sowie gleichzeitigem Zug an Haltefäden, die optional am Ansatzpunkt von Supra- und Infraspinatussehne ggf. Subscapularissehne angebracht wurden, wurde die Fraktur schonend reponiert. Nach temporärer Fixation der Frakturfragmente mit Kirschner-Drähten erfolgte die Kontrolle des Repositionsergebnisses im Bildwandler. Nun wurde eine 5- Loch oder 8- Loch LPHP an typischer Stelle, ca. 0,5 – 1 cm dorsal des Sulcus intertubercularis und 5 mm kaudal der Tuberculumspitze, angelegt. Unter Bildwandlerkontrolle erfolgte die Überprüfung der korrekten Plattenlage. Um die winkelstabilen Schrauben im Humeruskopfbereich zielgenau einzubringen wurde ein Zielblock verwendet. In diesen konnte die LCP-Führungsbüchse für den 2,8 mm – Bohrer einfach im jeweiligen Insertionswinkel eingeschraubt werden. Die Schrauben wurden nach dem Vorbohren im Kopf- und Schaftbereich eingebracht, ohne dass der Zielblock dafür entfernt werden musste. Um die Kopfverriegelungsschrauben anzuziehen wurde ein drehmomentbegrenzender Aufsatz verwendet.



Abb.2.1 1 Zielblock
 2 Einschrauben der LCP-Führungsbüchse
 3 Führungsbüchse im Schaftbereich und drehmomentbegrenzender Aufsatz

Optional konnten die nicht resorbierbaren Haltefäden (Ethibond 3-0) durch die dafür vorgesehenen Plattenlöcher geführt und über der Platte verknötet werden, um zusätzlich Tuberculum majus und minus zu fixieren. Im Weiteren wurde die Stabilität durch passiven Bewegungsversuch und das Repositionsergebnis, die Plattenlage und insbesondere die Länge der Kopfverriegelungsschrauben mit Hilfe des Bildwandlers kontrolliert. Der Zielblock wurde entfernt. Abschließend erfolgte nach ausgiebiger Wundspülung und Einlegen einer Redon-Drainage der schichtweise Wundverschluss, nachfolgend das Anlegen eines sterilen Verbandes.

Die postoperative Ruhigstellung erfolgte im Schulterimmobilizer. Abhängig vom Frakturtyp wurde mit passiven Bewegungsübungen meist ab dem zweiten Tag postoperativ begonnen.

2.3 Datenauswertung

Die Datenermittlung erfolgte prospektiv während des stationären Aufenthaltes der Patienten. In einer ausführlichen Anamnese wurden Daten zu Unfallursache, Vorerkrankungen und Begleitverletzungen erhoben. Mit Hilfe der stationären Unterlagen wurden Informationen zu Operationstechnik und -dauer sowie perioperativen Komplikationen erfasst. Außerdem wurden die postoperativen sowie die in der Ambulanz angefertigten Röntgenbilder ausgewertet. Zusätzlich wurde den Patienten ein Fragebogen vorgelegt, der zur Erhebung des DASH Scores diente. Die Fragen bezogen sich hierbei auf die letzten sieben Tage vor dem Unfall.

2.3.1 Auswertung der Röntgenaufnahmen

Prä- sowie postoperativ wurden Röntgenaufnahmen der Schulter im a.p.-, y- und axialen Strahlengang angefertigt. Die Frakturen wurden mit Hilfe der AO - Klassifikation sowie der Einteilung nach Neer klassifiziert. Teilweise konnte aus den Patientenakten eine Einteilung entnommen werden, die in der Ambulanz bzw. vom Operateur vorgenommen wurde. Sämtliche Röntgenbilder wurden jedoch nochmalig von einem erfahrenen Unfallchirurgen ausgewertet. Gab es bezüglich der Frakturklassifikation unterschiedliche Ergebnisse, erfolgte eine gemeinsame Einteilung.

2.4 Nachuntersuchungen

Die Nachuntersuchungen der Patienten fanden drei, sechs sowie zwölf Monate postoperativ statt. Dafür wurden die eruierten Patienten ein bis zwei Wochen vor dem planmäßigen Termin telefonisch, im Falle einer nicht angegebenen Telefonnummer auf postalischem Weg kontaktiert und einbestellt.

Bei jeder Nachuntersuchung fand eine Patientenbefragung, eine klinische Untersuchung zur Erhebung des Constant Scores sowie die Auswertung der Röntgenaufnahmen statt. Bei der Untersuchung zwölf Monate postoperativ wurden zusätzlich der Neer Score sowie nochmalig der DASH Score erhoben. Die Patienten wurden zum Abschluss nach Ihrer Zufriedenheit mit Behandlung und Ergebnis befragt.

2.4.1 Patienteninterview

Die Nachuntersuchung wurde mit einem Patienteninterview begonnen, in dem anamnestische Daten zum Patienten, die den Akten nicht entnommen werden konnten, nachträglich erfragt wurden. Anschließend erfolgte eine klinische Untersuchung sowie die Erhebung der Daten für den Constant Score.

2.4.2 Klinische Befunderhebung

Bei jedem Patienten wurde eine körperliche Untersuchung der oberen Extremität durchgeführt. Dabei erfolgte zunächst eine Inspektion der Schulter. Es wurde auf eventuelle Rötungen und Schwellungen des Narbengebietes geachtet. Die Ausprägung der Muskulatur wurde seitenvergleichend beurteilt. Es folgte die Palpation der Schulterregion, um Überwärmungen, Muskelverhärtungen und Druckschmerzhaftigkeit zu erkennen. Die Untersuchung umfasste des Weiteren die Prüfung von Motorik, Sensibilität sowie Durchblutung der peripheren Extremität. Anschließend erfolgte die Erhebung des Constant Scores.

2.4.3 Constant Score

Der Constant - Murley - Score ist ein von Constant [18] (1987) entworfener Score, der der Einschätzung der Schulterfunktion dient. Er besteht zu 65% aus objektiven und zu 35% aus subjektiven Parametern, die zu maximal 100 Punkten zusammengefasst werden. Die objektiven Parameter Beweglichkeit und Schulterkraft werden dabei vom Untersucher ermittelt. Durch Befragung des Patienten können die subjektiven Parameter Schmerz und Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) eruiert werden. Durch Summierung der Punktzahlen, die in den einzelnen Kategorien vergeben werden, wird der jeweilige Constant Score erreicht. Die Kategorien werden wie folgt gewichtet:

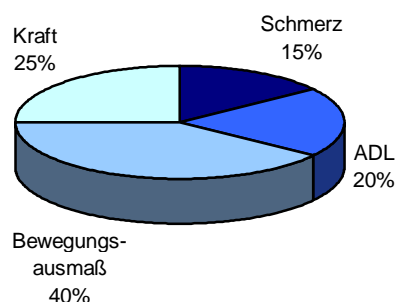


Abb. 2.2 Kategorienwichtung des Constant Scores

Die Bewertung der Kategorie Schmerz erfolgt nach Constant in die vier Kategorien: schmerzfrei, geringer Schmerz, deutlicher Schmerz, gravierende Schmerzen. Maximal sind 15 Punkte erreichbar. Um eine bessere Schmerzdifferenzierung zu ermöglichen, wurden die Patienten gebeten, die Schmerzstärke auf einer VAS - Skala von 0 bis 15 einzuschätzen. Dabei stellte Null = schmerzfrei und 15 = starke Schmerzen dar. Die Werte der VAS - Skala wurden nach dem folgenden Schema in Punktwerte umgewandelt, um die Einhaltung der Kriterien des Constant Scores zu gewährleisten.

- 0 = 15 Punkte (schmerzfrei)
- 1 – 5 = 10 Punkte (geringer Schmerz)
- 6 – 10 = 5 Punkte (deutlicher Schmerz)
- 11 – 15 = 0 Punkte (gravierende Schmerzen)

Zur Ermittlung der Aktivität im täglichen Leben (ADL) werden die Patienten zu den Parametern Arbeit, Freizeit, Arbeitshöhe und Schlaf befragt. In dieser Kategorie werden bis zu 20 Punkte vergeben. Der Bewegungsumfang wird aktiv ermittelt. Es wird die maximale, schmerzfremde Position des Armes in Anteversion, Abduktion, Außen- sowie Innenrotation ermittelt. Insgesamt sind hierbei bis zu 40 Punkte erreichbar.

In der Kategorie Kraft sind insgesamt 25 Punkte erreichbar. Pro gehaltenem englischen Pfund (1 Pound = 0,454 kg) wird ein Punkt vergeben, wobei 25 Pounds den Maximalwert darstellt.

Für die Kraftmessung der Schulter wurde ein digitales Kraftmessgerät, das Nottingham Mecmessin - Myometer von der Firma Atlantech verwendet. Um eventuelle Abweichungen von der Norm auszuschließen, wurde das Messgerät zuvor im Institut für Biomechanik der Charité geeicht. Die Messung am Patienten erfolgte in Pronationsstellung des 90° abduzierten Armes bei gestrecktem Ellenbogen. Eine am Gerät befestigte Schlinge wurde um das Handgelenk des Patienten gelegt. Durch Zug an der Schlinge unter Beibehaltung der 90° Abduktion konnte so die isometrische Schulterkraft ermittelt werden. Um das Ergebnis zu objektivieren, wurde dieser Vorgang zweimal pro Seite wiederholt und letztendlich ein Mittelwert dieser Messungen bestimmt. War es dem Patienten nicht möglich, den Arm 90° zu abduzieren und somit die Messung standardisiert auszuführen, erhielt er im Constant Score beim Teilergebnis Kraft Null Punkte.

Folgendes Bewertungsschema wurde angewendet:

<i>100 – 86 Punkte</i>	<i>sehr gut</i>
<i>85 – 71 Punkte</i>	<i>gut</i>
<i>70 – 56 Punkte</i>	<i>befriedigend</i>
<i>< 56 Punkte</i>	<i>schlecht</i>

Da die erfassten Werte des Constant Scores stark vom Alter und vom Geschlecht des Patienten abhängig sind, haben wir neben dem unkorrigierten Roh-Score den alters- und geschlechtsadaptierten Constant Score [10] angewendet, der auch in der Literatur breite Anwendung findet:

Normalwerte des alters- und geschlechtsadaptierten Constant Score

<u>Alter in Jahre:</u>	<u>21-30</u>	<u>31-40</u>	<u>41-50</u>	<u>51-70</u>	<u>71-80</u>	<u>81-90</u>	<u>91-99</u>
Männer	98	93	92	83	75	66	56
Frauen	97	90	80	70	69	64	52

Weiterhin benutzten wir zur besseren Veranschaulichung des natürlich erwarteten Ergebnisses den Subject Shoulder Value (SSV), der den Vergleich zum kontralateralen Arm darstellt.

2.4.4 Neer Score

Bei der Zwölf-Monats-Untersuchung wurde bei allen Patienten zusätzlich der Neer Score erhoben. Beim Neer Score handelt es sich um ein klinisches und radiologisches Bewertungssystem, das speziell zur Prüfung der Schulterfunktion nach Frakturen des proximalen Humerus von Neer [97] (1970) entwickelt wurde. Er besteht zu 65% aus subjektiven, zu 35% aus objektiven Parametern. Insgesamt ist eine maximale Punktzahl von 100 Punkten zu erreichen. Zusammengesetzt wird der Score aus den Hauptkriterien Schmerz, Funktion, Beweglichkeit sowie Anatomie, welche wie folgt gewichtet werden:

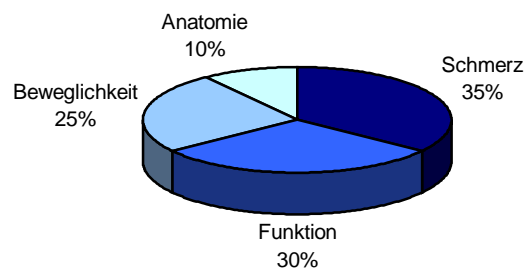


Abb 2.3 Kategorienwichtung des Neer Scores

Um die Schmerzstärke zu differenzieren, wurden von Neer bestimmte Aussagen vorgegeben, die mit jeweiligen Punkten bewertet werden. Der Patient gibt an, welche Aussage für ihn zutrifft. Es sind maximal 35 Punkte erreichbar.

Der Parameter Funktion wird in den drei Kategorien Kraft, Beweglichkeit und Stabilität ermittelt. In jeder Kategorie sind bis zu zehn Punkte zu vergeben.

In der Kategorie Beweglichkeit werden je zwei Punkte für das Erreichen bestimmter Körperteile vergeben. Insgesamt können zehn Punkte vergeben werden.

Um die Stabilität zu beurteilen sind fünf, die obere Extremität beanspruchende Tätigkeiten aufgeführt. Für jede Tätigkeit, die der Patient ausführen kann, werden zwei Punkte vergeben.

Die Kraft wird durch vorgegebene Angaben charakterisiert. Es sind dabei bis zu zehn Punkte erreichbar.

Ähnlich wie beim Constant Score wird das Bewegungsausmaß durch Bestimmung der maximalen, schmerzfreien Position des Armes in Anteversion, Abduktion, Extension, Außen- sowie Innenrotation ermittelt. Dafür wurden von Neer spezielle Punktetabellen entworfen. Die Beweglichkeit der Schulter wird vom Untersucher goniometrisch und somit objektiv bestimmt. Insgesamt können in dieser Kategorie 25 Punkte erreicht werden.

Der Parameter Röntgen (Anatomie) stellt den radiologischen und somit ebenfalls einen objektiven Teil des Neer Scores dar. Die Röntgenaufnahme wird mit bis zu zehn Punkten bewertet. Fehlstellungen des Humeruskopfes, Gelenkinkongruenz, Implantatfehler, fehlende Konsolidierung, Myositiden, Dislokationen von Fragmenten sowie Zeichen einer avaskulären Nekrose wirken sich hierbei negativ auf die zu erreichende Punktzahl aus. Der Gesamtscore errechnet sich aus der Summe der

Punktzahlen der einzelnen Kategorien. Folgende Bewertung des Scores wurde von Neer [85] vorgegeben:

<i>100 – 90 Punkte</i>	<i>exzellent</i>
<i>89 – 80 Punkte</i>	<i>zufriedenstellend</i>
<i>79 – 70 Punkte</i>	<i>unbefriedigend</i>
<i>< 70 Punkte</i>	<i>schlecht</i>

2.4.5 DASH Score

In Zusammenarbeit mit der „American Academy of Orthopaedic Surgeons“ (AAOS) haben Hudak et al. [56] (1996) einen komplexen Score zur Beurteilung der muskuloskeletalen Funktion der oberen Extremität entwickelt. Der DASH (**D**isabilities of the **A**rm, **S**houlder and **H**and) ist ein „self report“ - Fragebogen, der vom Patienten selbst ausgefüllt wird und somit die subjektive Wahrnehmung des Betroffenen in Bezug auf seinen derzeitigen Zustand erfasst. Er wird inhaltlich in drei Teile gegliedert. In Teil A und B werden Fragen zu Funktion, Symptomatik und sozialer Rolle gestellt. Optional kann Teil C: spezielle Aktivität (für Musiker, Sportler) hinzugefügt werden. Jeder aufgeführte Punkt wird vom Patienten mit einem bis zu fünf Punkten bewertet, wobei ein Punkt die beste, fünf Punkte stets die schlechteste Funktion darstellt.

Der DASH Score wurde zu Beginn der Datenaufnahme sowie zur letzten Nachuntersuchung erhoben. Die Fragen bezogen sich bei der ersten Erhebung auf die letzten sieben Tage vor dem Unfall, beim zweiten Mal auf die letzte Woche vor der Nachuntersuchung. In der Studie wurde den Patienten ausschließlich Teil A und Teil B des DASH Fragebogens vorgelegt und zur Erhebung des Scores genutzt.

Für die Auswertung des DASH Fragebogens werden die vom Patienten angekreuzten Werte summiert. Betrachtet man die nur Teile A und B ergibt sich ein Maximalwert von 150 Punkten, ein minimaler Wert von 30 Punkten. Die Berechnungsformel setzt sich aus dem Quotienten der Gesamtpunktzahl abzüglich des Minimalscores und der „score range“ (1,2) zusammen.

$$\frac{\text{Gesamtpunktzahl} - 30 \text{ (Minimalscore)}}{1,2 \text{ (Bandbreite)}} = \text{DASH Punktwert}$$

Ein Wert von Null entspricht dabei einer optimalen Funktion ohne Behinderung, ein Wert von 100 der einer maximalen Behinderung.

2.4.6 Subjektive Zufriedenheit

Zum Abschluss der Nachuntersuchungen wurden die Patienten gebeten, ihre Zufriedenheit bezüglich der Behandlung und deren Resultats einzuschätzen. Dafür wurde eine visuelle Analogskala benutzt, auf der Werte zwischen 0 = unzufrieden bis 10 = sehr zufrieden angegeben werden konnten.

VAS –Zufriedenheit:

0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10

unzufrieden **sehr zufrieden**

2.5 Röntgenkontrolle

Zu jedem Nachuntersuchungstermin wurden Röntgenaufnahmen angefertigt. Es wurden jeweils Röntgenbilder in zwei Ebenen erstellt und ausgewertet. Besaß der Patient vom niedergelassenen Arzt angefertigte Röntgenaufnahmen, wurden diese ausgewertet. Beurteilt wurde die knöcherne Durchbauung, um die Frakturkonsolidierung einzuschätzen. Weiterhin konnten eventuelle Dislokationen von Frakturfragmenten oder von Osteosynthesematerial erkannt werden. Zudem wurden Varus- und Valgusfehlstellungen des Humeruskopfes gemessen. Speziell bei der Beurteilung der Röntgenaufnahme der Nachuntersuchung zwölf Monate postoperativ wurde auf Unregelmäßigkeiten und Defekte in der Struktur des Humeruskopfes, die auf eine Humeruskopfnekrose hinweisen könnten, geachtet. Zur Bewertung des Röntgenbildes zwölf Monate postoperativ wurde zusätzlich der radiologische Neer Score erhoben.

2.6 Datenverarbeitung und statistische Auswertung

Die in der Studie ermittelten Daten wurden mit dem Datenverarbeitungsprogramm SPSS für Windows, Version 11.0 ausgewertet. Für metrische Daten, bei denen von einer Normalverteilung auszugehen ist, wurden Mittelwerte, Minimum, Maximum sowie die Standardabweichung berechnet. Bei nicht-metrischen Daten und Daten bei denen keine Normalverteilung vorliegt, wurden der Median, oberes (75%) und unteres (25%) Quartil angegeben. Für die Korrelationsanalysen wurde der Korrelationskoeffizient (= k) nach Pearson bestimmt. Als statistisch signifikant wurden Werte mit einem Signifikanzniveau von $p = 0,05$ angesehen.

Es kamen weiterhin Microsoft Excel 2000 zur Tabellendarstellung sowie Microsoft Word 2000 zum Abfassen der Arbeit zu Anwendung.

3. Ergebnisse

Studienpopulation

3.1.1 Patientengut

Im Zeitraum 01.09.2002 bis zum 31.05.2004 wurden in der Unfallchirurgischen Abteilung der Charité – Campus Virchow-Klinikum insgesamt 82 Patienten operativ mit der proximalen Humerusplatte (LPHP) bei proximalen Humerusfrakturen versorgt. Davon konnten 58 Patienten (71%) in unserer Klinik nachuntersucht werden. Von den 24 nicht in die Studie aufgenommenen Patienten waren es in vier (5%) Fällen Patienten, die aufgrund ihrer Multimorbidität nicht in der Lage waren, an den Untersuchungsort zu kommen, ein (1%) Patient war unbekannt verzogen, ein weiterer (1%) noch während des Klinikaufenthalts verstorben. In neun Fällen (11%) wurde die Nachuntersuchung im Rahmen der Studie in unserer Klinik nach der operativen Versorgung nachträglich abgelehnt und in weiteren 9 Fällen (11%) waren Patienten nach Entlassung nicht mehr erreichbar.

3.1.2 Alters- und Geschlechtsverteilung, Seitenverteilung

Das in der nachuntersuchten Studienpopulation herrschende Verhältnis zwischen Männern und Frauen beträgt 1 : 1,52. Die weiblichen Patienten sind mit 35 Fällen, die männlichen mit 23 Fällen vertreten (n = 58). Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation lag bei 62,3 Jahren, wobei der jüngste Patient 17 Jahre und der älteste 91 Jahre war. Der Altersdurchschnitt der männlichen Patienten liegt bei 53,6 Jahren (17–74 J.), derer der weiblichen bei 68,1 Jahren (46–93 J.). In 60% (n = 35) der Fälle war die Fraktur am rechten Arm, in 40% (n = 23) der Fälle am linken Arm lokalisiert. In 65,5% (n = 38) der Fälle war dabei die dominante Hand betroffen.

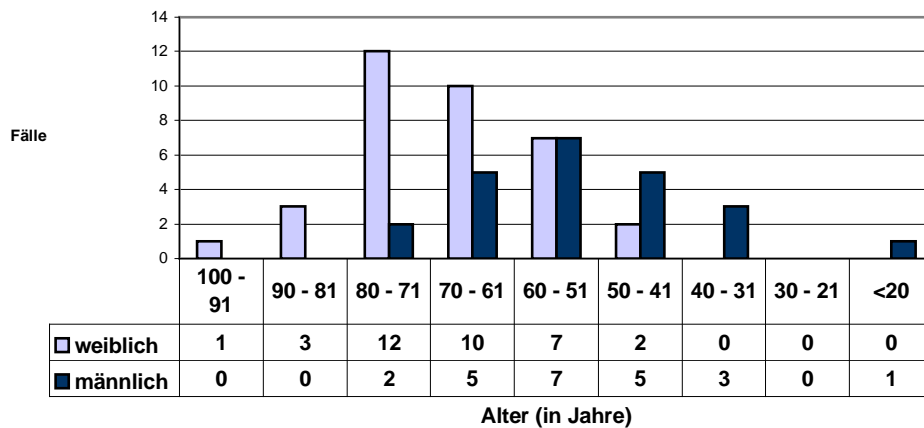


Abb. 2.4 Geschlechtsspezifische Altersverteilung

3.2 Aktenauswertung

3.2.1 Unfallursache

Die Unfallursache war im größten Teil der Fälle der Sturz auf den Arm. In 30 Fällen (53%) handelte es sich dabei um einen Sturz auf der Straße, in zwölf Fällen (21%) um einen häuslichen Sturz. Weitere zehn Fälle (17%) zogen sich die Verletzung im Rahmen eines Verkehrsunfalls zu. Zwei Unfälle (3%) ereigneten sich während Sportaktivitäten, zwei weitere (3%) im Rahmen eines Arbeitsunfalls. In zwei Fällen (3%) ist als Ursache eine pathologische Fraktur zu nennen.

In folgender Abbildung wird die Unfallursache innerhalb der Altersgruppen betrachtet und in Hoch- und Niederenergetrauma aufgeteilt. Sportunfälle, Verkehrsunfälle und Arbeitsunfälle werden hierbei als hochenergetisches Trauma gezählt. Ein einfacher Sturz auf der Straße oder in der Häuslichkeit sowie pathologische Frakturen werden als niederenergetisches Trauma angesehen.

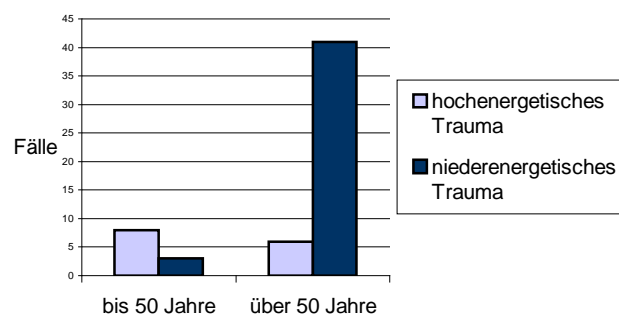


Abb. 2.5 Unfallursache im Altersvergleich

Dies verdeutlicht den weitaus höheren Anteil einer niederenergetischen Unfallursache im höheren Alter. Im jungen Lebensalter überwiegen höherenergetische Unfallursachen.

3.2.2 Begleitverletzungen

In zehn Fällen (17,2%) war die Humeruskopffraktur mit anderen Verletzungen vergesellschaftet. Davon handelte es sich in vier Fällen um Verletzungen im Rahmen eines Polytraumas, in sechs Fällen traten multiple Frakturen auf. Assoziierte Verletzungen im Bereich der betroffenen Extremität fanden sich bei fünf Patienten. In einem Fall war die Fraktur mit einem embolischen Verschuß der A. brachialis/ A. axillaris sowie einer Läsion des Plexus brachialis assoziiert.

Fall		assoziierte Verletzungen im Bereich des betroffenen Armes	Weitere Verletzungen
1	Polytrauma		Rippenserienfx., Fx. HWK/BWK, Sternumfx.
2	Polytrauma	Olecranonfx., Claviculafx, Bizepssehnenriß	Rippenserienfx., Beckenringfx., Tibiaschaftfx., Fibulakopffx., SHT
3	Polytrauma	Humerusschaftfx.	Scapulafx., Tibiakopffx., Metacarpalfx., SHT
4	Polytrauma	Claviculafx. bds.	distale Radiusfx., Scapulafx., Rippenserienfx., Fx.BWK
5	multiple Fx		Nasenbeinfx.
6	multiple Fx.	distale Humerusfx.	
7	multiple Fx.		Rippenserienfx.
8	multiple Fx.		Patellafx.
9	multiple Fx.	distale Radiusfx.	
10	multiple Fx.		Rippenserienfx.

Tab. 1 Begleitverletzungen

3.2.3 Zeitpunkt der Operation und Operationsdauer

Das Zeitintervall zwischen Unfall- und Operationszeitpunkt lag im Durchschnitt bei drei Tagen (Streubreite 0 – 27 Tage). Die durchschnittliche Operationsdauer betrug 132 Minuten bei Interventionen, in denen ausschließlich die Humeruskopffraktur versorgt wurde. Die kürzeste Operationszeit lag dabei bei 57 Minuten, die längste bei 239 Minuten. In vier Fällen wurden noch im selben Eingriff weitere Frakturen des Patienten versorgt, was die Operationszeit deutlich verlängerte (134 – 340 min).

Zeitpunkt der Operation	Anzahl der Fälle
am Unfalltag	13
am 1. bis 3. Tag	32
am 3. bis 7. Tag	7
zw. 1. und 2. Woche	4
späterer Zeitpunkt	2

Tab. 2 Zeitpunkt der operativen Versorgung

3.3 Verteilung der Frakturtypen

3.3.1 Klassifikation nach Neer [39]

Mit einem Anteil von 45% (n = 26) waren Frakturen mit zwei Frakturfragmenten (Zweipartfrakturen) in der Studienpopulation am häufigsten vertreten.

Dreipartfrakturen traten in 33% (n = 19) und Vierpartfrakturen in 22% (n = 13) der Fälle auf.

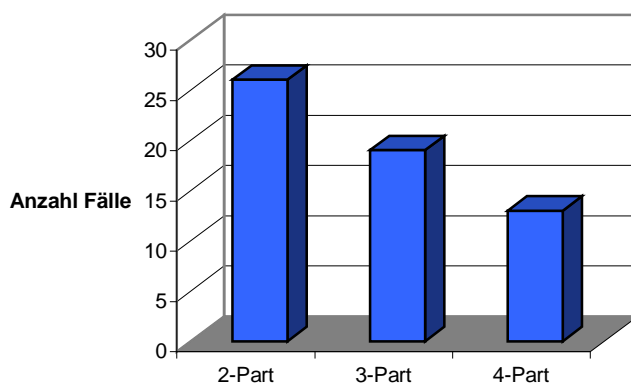


Abb. 2.6 Häufigkeit der Frakturtypen nach Neer-Klassifikation

Bei einer Fraktur mit nur zwei Fragmenten verlief die Frakturlinie zumeist durch das Collum chirurgicum (92%). Eine Zweifragmentfraktur mit isoliertem Bruch am Collum anatomicum sowie der solitäre Ausriss des Tuberculum majus kamen jeweils nur einmal vor. Als zweithäufigste Frakturvariante ist die Dreipartfraktur mit Abriss des Tuberculum majus zu nennen. Nur in einem Fall stellte sich das Tuberculum minus als drittes Frakturfragment dar. Vierpartfrakturen mit Ausriss beider Tuberkel sind der

drithäufigste im Patientengut auftretende Frakturtyp. In weiteren vier Fällen handelte es sich um eine Luxationsfraktur, wobei der Humeruskopf jeweils nach ventral luxiert war.

		2-Part	3-Part	4-Part
(Collum anatomicum) II		1	0	0
(Collum chirurgicum) III		24	0	0
(Tuberculum majus) IV		1	16	
(Tuberculum minus) V		0	1	11
(Luxationsfraktur) VI		0	2	2

Tab. 3 Frakturverteilung nach Neer

Innerhalb der jeweiligen Altersgruppen verteilen sich die Frakturtypen wie folgt:

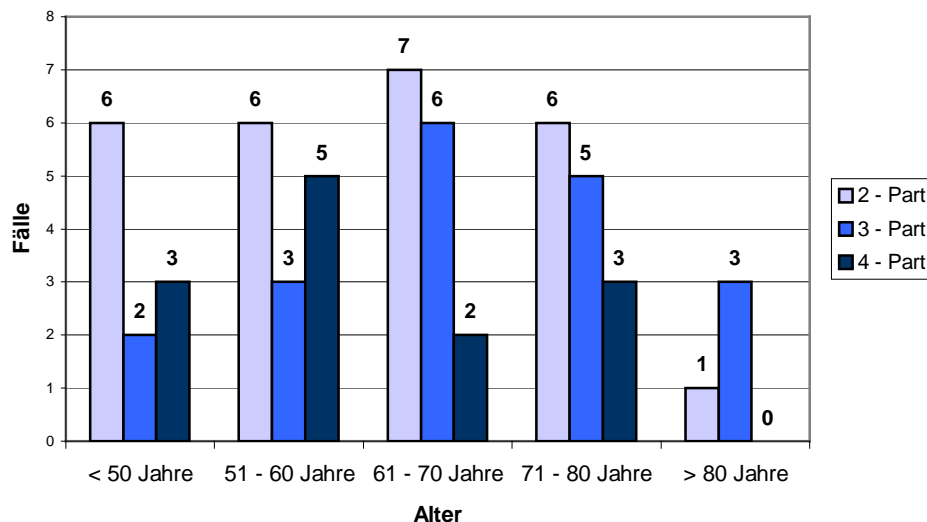


Abb. 2.7 Verteilung der Frakturtypen nach Neer nach Altersgruppen

3.3.2 Klassifikation nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)

Nach der AO-Klassifikation [95] lassen sich die Frakturen wie beschrieben in TypA -, TypB - sowie TypC - Frakturen einteilen. Im betrachteten Patientengut konnte man 20 Fälle der Gruppe der TypA - Frakturen und ebenso viele derer der TypB - Frakturen zurechnen. In 18 Fällen handelte es sich um TypC - Frakturen. Betrachtet man die einzelnen Frakturtypen innerhalb der jeweiligen Gruppe, sieht die Einteilung wie folgt aus:

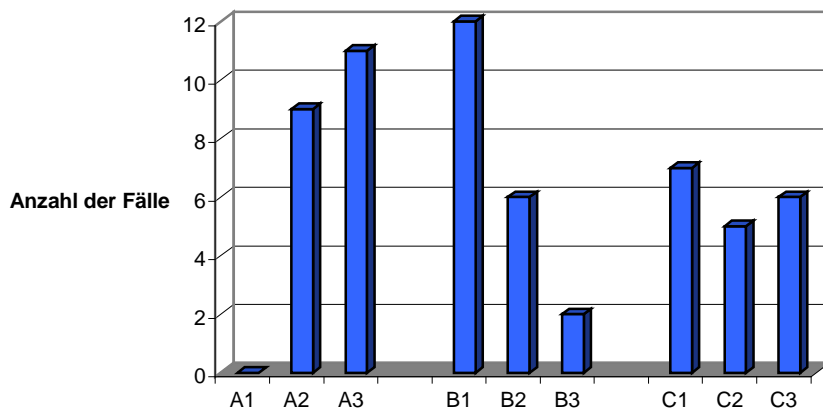


Abb. 2.8 Häufigkeit der Frakturtypen (AO-Klassifikation)

Prozentual gesehen ist somit die Typ B1 - Fraktur mit einem Anteil von 21% am häufigsten vertreten, gefolgt von Typ A3 - Frakturen (19%) und Typ A2 - Frakturen (16%).

Betrachtet man die Verteilung der Frakturtypen innerhalb der jeweiligen Altersgruppen, zeigt sich folgendes Muster:

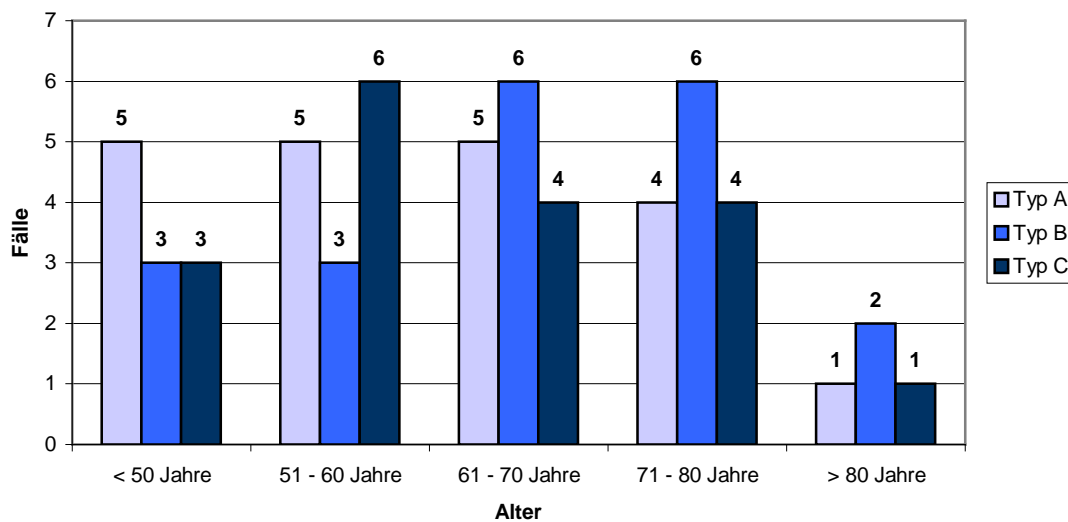


Abb. 2.9 AO – Frakturtypen nach Altersgruppen

3.4 Ergebnisse der Nachuntersuchungen

Das geplante erste Follow-Up drei Monate nach dem operativen Eingriff konnte in 70,7 % (n = 41) der Fälle durchgeführt werden, wobei die Nachuntersuchung im

Mittel nach 14,04 Wochen stattfand. Das sechs Monate postoperativ geplante Follow-Up wurde bei 65,5 % der Patienten (n = 38) durchgeführt. Der mittlere Untersuchungszeitpunkt lag bei 25,34 Wochen. Für die Untersuchung zwölf Monate postoperativ ergibt sich eine Follow-Up-Rate von 82,75 % (n = 48) sowie ein durchschnittlicher Untersuchungszeitpunkt nach 55,66 Wochen.

3.4.1 Ergebnisse des Constant Score

3.4.1.1 Follow-Up drei Monate postoperativ

Der im Patientenkollektiv ermittelte durchschnittliche Constant Score lag nach drei Monaten bei 39 Punkten (5 – 72, Standardabweichung 15,69). Nach dem vorgegebenen Bewertungsschema wurde somit in einem Fall (2%) ein „gutes“, in sechs Fällen (15%) ein „befriedigendes“ und in den restlichen Fällen (83%) ein „schlechtes“ Ergebnis erreicht.

3.4.1.2 Follow-Up 6 Monate postoperativ

Nach sechs Monaten findet sich im Patientengut ein durchschnittlicher Constant Score von 55 Punkten (22 – 93, Standardabweichung 17,77). Die Noten „sehr gut“ und „gut“ konnten jeweils in drei Fällen (16%), „befriedigend“ in dreizehn (34%) und die Note „schlecht“ in 19 Fällen (50%) verteilt werden.

3.4.1.3 Follow-Up 12 Monate postoperativ

Nach einem Jahr erreichte die Patienten im Mittel einen Constant Wert von 64 Punkten (26 – 93, Standardabweichung 19,43). In sieben Fällen (15%) lag ein „sehr gutes“, in vierzehn Fällen (29%) ein „gutes“ Resultat vor. Mit „befriedigend“ wurden neun Fälle (19%) bewertet. In achtzehn Fällen (37%) konnte das Ergebnis des Constant Score auch nach einem Jahr postoperativ nur mit „schlecht“ bewertet werden.

Das nachfolgende Diagramm veranschaulicht die Entwicklung des Constant Scores im Verlauf des Nachuntersuchungszeitraumes. Eine Steigerung des

durchschnittlichen Scores von 39 nach drei Monaten, 55 nach sechs Monaten und 64 nach zwölf Monaten ist deutlich erkennbar. Es liegt hierbei eine signifikante Verbesserung ($p < 0,001$) des Constant Scores innerhalb des Zeitraumes vor.

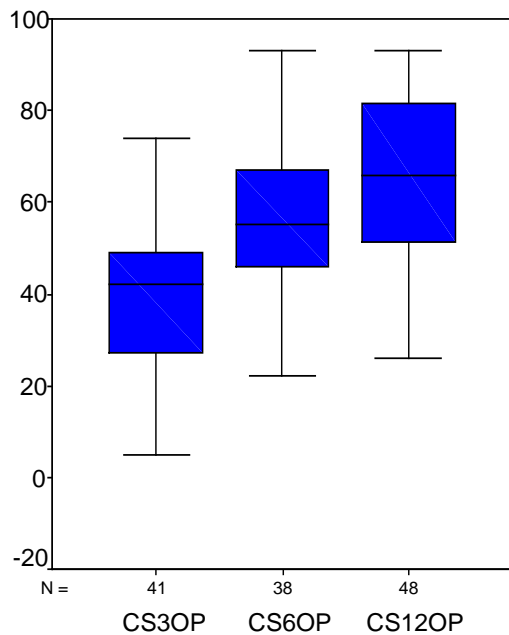


Abb. 3.1 Entwicklung des Constant Scores innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums
[3Mo = 3 Monate ; 6Mo = 6 Monate ; 12Mo = 12 Monate]

Nachfolgend sind die Ergebnisse des Constant Score im Vergleich zu kontralateralem Arm und adaptiert an Alter und Geschlecht dargestellt.

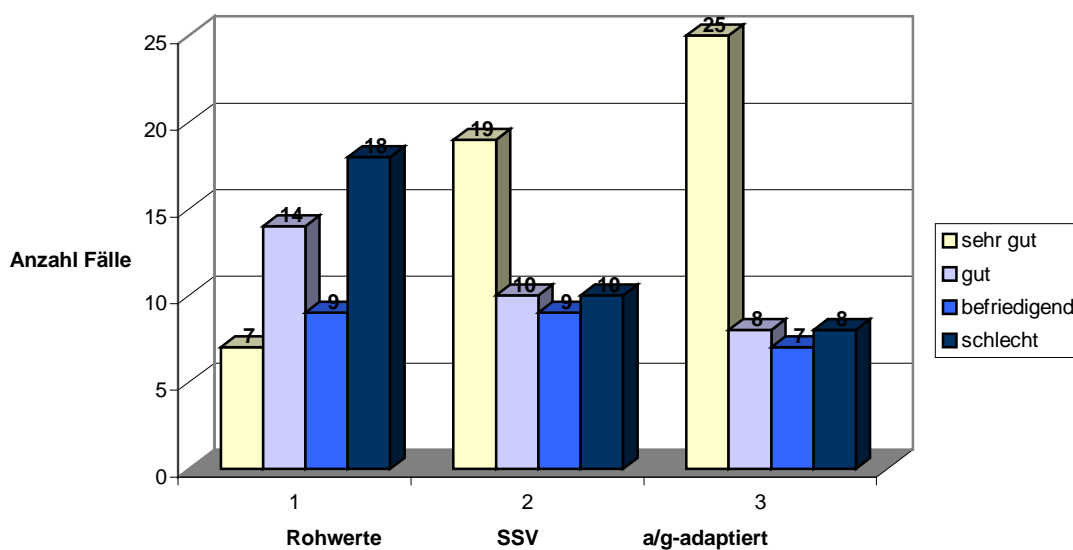


Abb. 3.2 Constant Score
[1 = Rohwert ; 2 = Subject Shoulder Value ; 3 = alters- und geschlechtsadaptiert]

Bei Auswertung der Rohwerte zwölf Monate postoperativ lassen sich in 44% der Fälle gute und sehr gute Ergebnisse finden. Durch die Alters- und Geschlechterkorrektur steigt der Wert auf 69% gutes und sehr gutes Ergebnis.

Bezüglich der einzelnen Kategorien ist jeweils ein Anstieg der Punktzahl im Verlauf des Untersuchungszeitraumes verzeichnen:

	nach 3 Monaten	nach 6 Monaten	nach 12 Monaten
Schmerz (max. 15)	7,4 (0-15)	8,7 (0-15)	10,8 (0-15)
ADL (max. 20)	11,6 (5-18)	14,4 (9-20)	16,8 (9-20)
Beweg.umfang (max. 40)	18,2 (0-36)	26,2 (8-40)	28,9 (6-40)
Kraft (max. 25)	2,2 (0-12)	6 (0-20)	7,7 (0-22)
Gesamt CS	39	55	64

Tab. 4 Ergebnisse der Kategorien des Constant Scores im Verlauf

Nach zwölf Monaten wurden in der Kategorie Schmerz durchschnittlich 72%, in der Kategorie ADL 84%, und beim Bewegungsumfang 72% des maximal möglichen Wertes erreicht. Beim Teilergebnis Kraft konnten nur 31% des Maximalwertes erreicht werden. Vergleicht man die Teilergebnisse mit denen der nicht operierten Schulter, so findet man in den Kategorien Schmerz (74%), ADL (85%) und Bewegungsumfang (74%) ähnliche Werte. Der Wert in der Kategorie Kraft steigt in dieser Betrachtung jedoch auf 56%, denn auch mit dem nicht betroffenen Arm konnten im Durchschnitt nur 55% des von Constant vorgegebenen Höchstwertes erreicht werden.

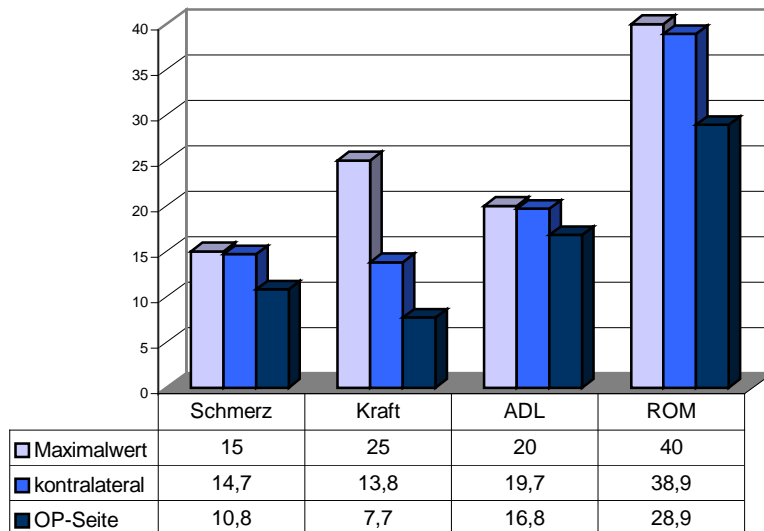


Abb. 3.3 Ergebnisse der Kategorien des Constant Scores nach 12 Monaten im Vergleich zum kontralateralen Arm und zum möglichen Maximalwert

Bezüglich des Schmerzes zeigt sich vom ersten bis zum letzten Follow-Up eine deutliche Abnahme der Schwere der Beschwerden. So berichteten 46,3% der Patienten drei Monate postoperativ über noch deutliche oder gravierende Schmerzen, nur 4,8% waren schmerzfrei. Nach zwölf Monaten hingegen waren 33,3% der Patienten schmerzfrei, 14,6% klagten weiterhin über deutliche und gravierende Schmerzen.

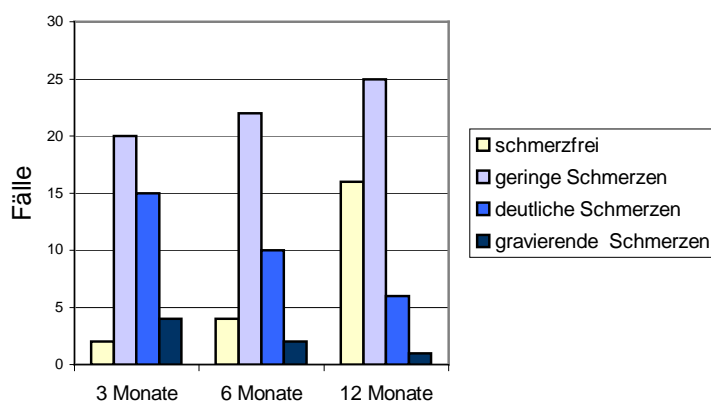


Abb. 3.4 durchschnittliches Schmerzempfinden im Verlauf

3.4.1.4 Constant Score in den jeweiligen Altersgruppen

Untersucht man die Ergebnisse des Constant Scores innerhalb der verschiedenen Altersklassen ist ein deutlicher Abfall des Wertes mit steigendem Alter erkennbar. So erreichen die unter 50-Jährigen nach zwölf Monaten im Durchschnitt 75 Punkte (51 - 93), die bis 60-jährigen 67 Punkte (48 - 85), bis 70-jährige 62 Punkte (29 - 86), bis 80-jährige 59 Punkte (26 - 90) und die über 80-jährigen nur 43 Punkte (32 - 53).

3.4.1.5 Constant Score abhängig vom Frakturtyp

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Entwicklung des Constant Scores im Laufe der Nachuntersuchung in Abhängigkeit vom Frakturtyp. Innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes ist eine Verbesserung des Wertes in allen drei Gruppen sichtbar:

	2-Part	3-Part	4-Part
3 Monate	41	35	41
6 Monate	57	48	61
12 Monate	71	53	67

Tab. 5 Constant Score der Frakturtypen im Verlauf

3.4.2 Ergebnisse der goniometrischen Messungen

Im Folgenden wird der postoperative Bewegungsumfang der Schulter detaillierter betrachtet. Die Auswertung beschränkt sich dabei auf die für den Constant Score erhobenen Bewegungen Abduktion, Anteversion, Innenrotation und Außenrotation. Um die zu erwartende natürliche Schulterfunktion der Studienpopulation zu erfassen, wurde der Wert der Gegenseite als Maximalwert angegeben.

Abduktion

Für die Abduktion am operierten Schultergelenk fand sich im Patientenkollektiv nach drei Monaten ein durchschnittlicher Wert von 78° ($0-160^{\circ}$), nach sechs Monaten 112° ($40-180^{\circ}$) und nach zwölf Monaten 124° ($50-180^{\circ}$). Im Vergleich dazu war die Abduktion an der nicht operierten Schulter im Mittel bis 167° möglich. Somit wurden bei der letzten Untersuchung 74% des Maximalwertes erreicht.

Anteversion

Die Anteversion des operierten Armes war nach drei Monaten durchschnittlich bis 94° ($0-160^{\circ}$), nach sechs Monaten bis 123° ($40-180^{\circ}$) und nach zwölf Monaten bis 132° ($70-180^{\circ}$) möglich. Der Vergleichswert der nicht operierten Schulter lag bei 169° . Entsprechend wurden nach zwölf Monaten 78 % des Maximalwertes erreicht.

Zur besseren Veranschaulichung wird der Verlauf der Messungen im Laufe der Nachuntersuchungsperiode im folgenden Diagramm grafisch dargestellt.

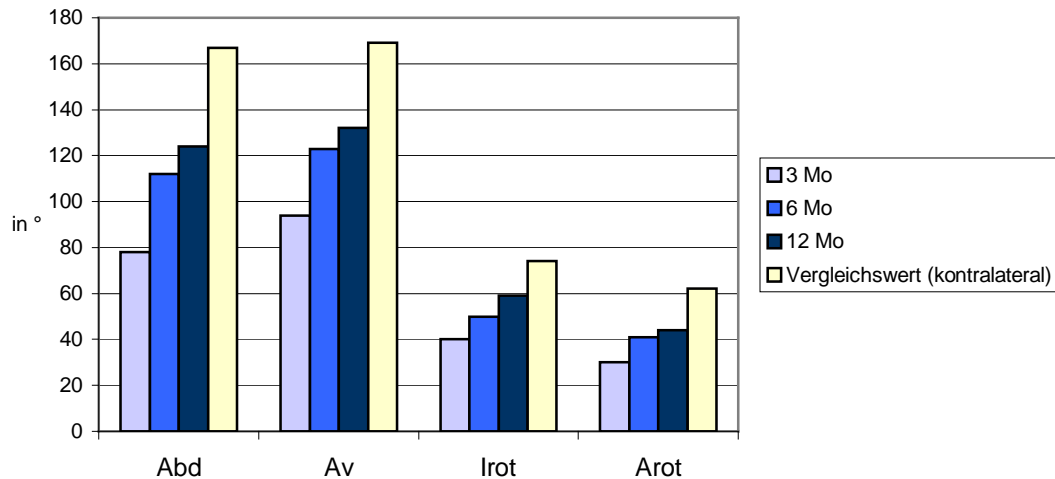


Abb. 3.5 Bewegungsumfang (in°) innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes im Vergleich zum kontralateralen Arm
 Abd = Abduktion ; Av = Anteversion ; Irot = Innenrotation , Arot = Außenrotation

Bei Innenrotation des operierten Armes wurden damit 77%, bei Außenrotation 68% des Vergleichswertes am kontralateralen Arm erreicht.

Vergleicht man die Werte der Messungen der ersten Untersuchung nach drei Monaten mit denen der letzten Untersuchung, so findet sich eine signifikante Verbesserung ($p < 0,001$) der Bewegungen (Abduktion um 59%, Anteversion um 40,4%, Innenrotation um 47,5%, Außenrotation um 46,7%)

3.4.3 Ergebnisse des Neer Scores

Der durchschnittliche Wert des zwölf Monate postoperativ erhobenen Neer Scores betrug 74 (Min. 30, Max. 100, Median 76, Standardabweichung 17,14). Beurteilt man die erreichten Punktzahlen nach der vorgegebenen Bewertungsskala kann in neun Fällen die Note „exzellent“ (19%), in dreizehn Fällen „zufriedenstellend“ (27%) vergeben werden. Acht Fälle werden mit der Note „unbefriedigend“ (17%) bewertet und in achtzehn Fällen handelt es sich um ein „schlechtes“ Ergebnis (37%).

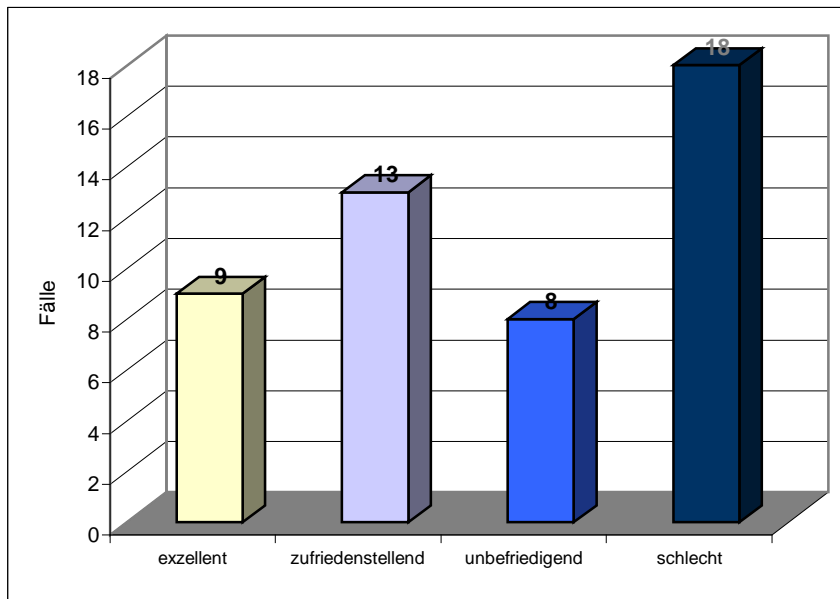


Abb. 3.6 Ergebnisse des Neer Scores nach 12 Monaten

3.4.3.1 Neer Score in Altersgruppen

Schlüsselt man die Ergebnisse des Neer Scores in die jeweiligen Altersgruppen auf, sieht man folgendes Bild:

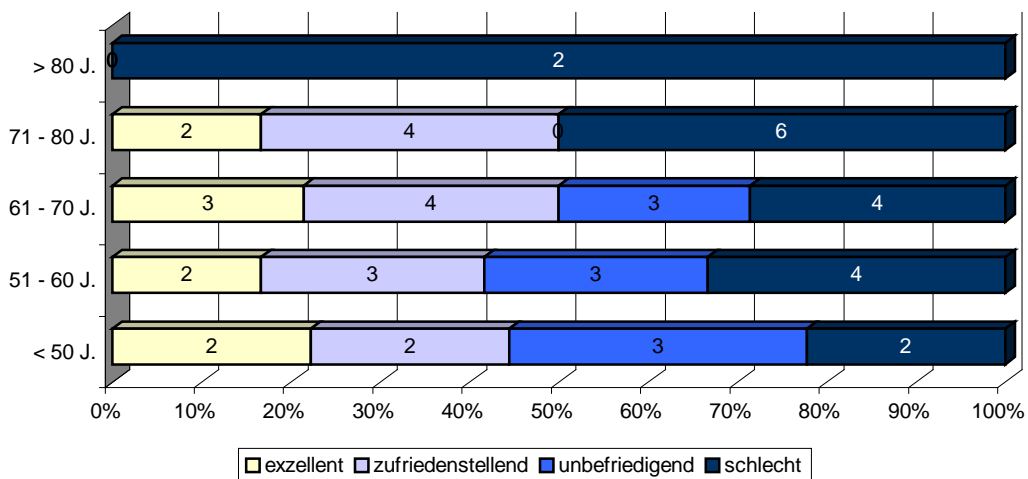


Abb. 3.7 Bewertung des Neer Scores in Altersgruppen

3.4.3.2 Neer Score abhängig vom Frakturtyp

Bei den Zweipartfrakturen wurde ein Neer Score von durchschnittlich 82 (47-100) erreicht. Die Gruppe der Dreipartfrakturen erreichte einen Score von 66 (39-93) und die der Vierpartfrakturen einen mittleren Wert von 72 (49-94).

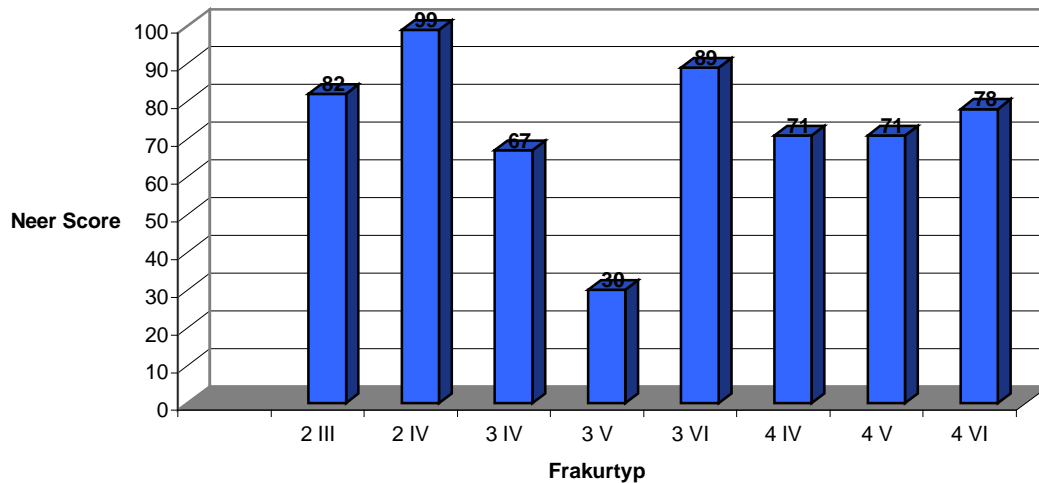


Abb. 3.8 Neer Score nach Neer – Frakturtyp

3.4.4 Ergebnisse des DASH Scores

Bei der Auswertung des ersten Fragebogens, der sich auf die letzten 7 Tage vor dem Unfall bezog, wurde ein mittlerer DASH Score von 2,48 ermittelt.

Für den beim Zwölf-Monats-Follow Up ermittelten DASH Score ergab sich ein Mittelwert von 16,06 (Standardabweichung: 12,79; Min. 0; Max. 64,17), was einen signifikanten Anstieg darstellt ($p < 0,05$), wobei daran zu erinnern ist, dass ein niedriger DASH Score einem guten, ein hoher DASH Score einem weniger guten Ergebnis entspricht.

Betrachtet man die Ergebnisse innerhalb der Altersklassen ist in allen ein Anstieg des DASH-Wertes, also eine Verschlechterung sichtbar. Es zeigt sich dabei in den Altersgruppen der < 50-jährigen bis 80-jährigen ein nur gering vom Gesamtmittelwert abweichender Score. In der Gruppe der 80–90-jährigen ist jedoch mit 46,67 ein auffällig hoher DASH-Wert zu verzeichnen, wobei zu beachten ist, dass der anfängliche DASH-Wert in dieser Gruppe mit 18,13 bereits weitaus höher liegt, als

der durchschnittliche Ausgangswert. Es findet sich jedoch auch ein signifikant höherer Anstieg des DASH Scores in dieser Gruppe.

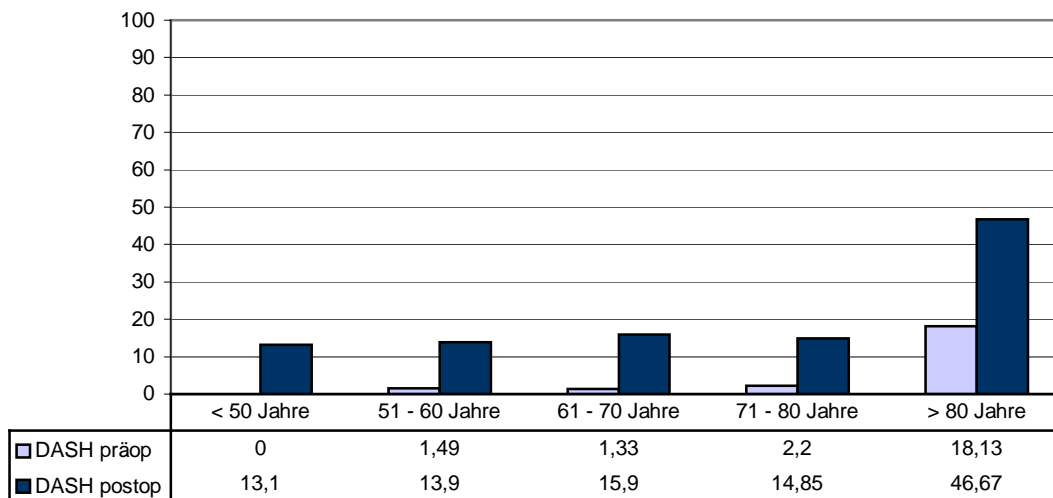


Abb. 3.9 Vergleich des DASH Scores nach Altersgruppen vor dem Unfall und 12 Monate postoperativ

Das Ergebnis des DASH Scores lässt sich in die einzelnen Gruppen der Frakturtypen aufschlüsseln. Die Zweisegmentfrakturen haben nach zwölf Monaten einen Anstieg von 9,7 Punkten zu verzeichnen. Einen weitaus höheren Anstieg des DASH Scores zeigen die Dreisegment- (16,6) und Viersegmentfrakturen (15,7).

In folgender Grafik wird der DASH Score nach AO - Frakturtypen aufgeteilt. Wie erkennbar ist, erreichte damit die Gruppe der TypA2- und TypB3- Frakturen den besten DASH Score. Das schlechteste Ergebnis fand sich in der Gruppe der TypB2- und TypC3- Frakturen.

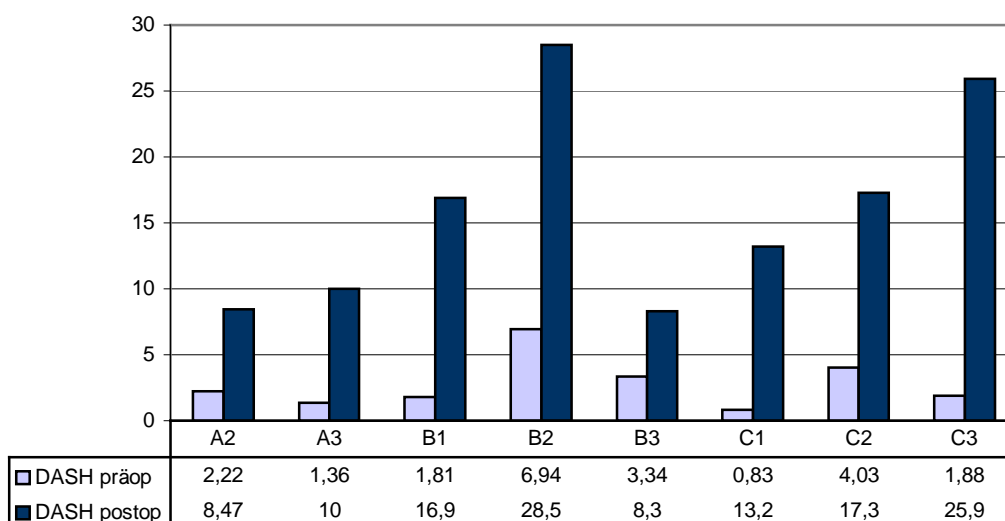


Abb 4.1 Vergleich des DASH Scores nach Frakturtypen vor dem Unfall und 12 Monate postoperativ

Im Teil A des DASH - Fragebogens werden hauptsächlich Fragen zur Funktion der Schulter gestellt. Hierbei ist ein Anstieg der anfänglich 25,43 Punkte auf eine zwölf Monate postoperativ ermittelte Punktzahl von 38,19 zu sehen, was einem Anstieg von 58% entspricht. Im Teil B, in dem Fragen zu den Symptomen beantwortet werden, zeigte sich eine Erhöhung der Punktzahl von 7,5 vor dem Unfall auf 11,08 beim letzten Follow Up, entsprechend einem Anstieg von 53%. Innerhalb der Gruppen der Frakturtypen mit dem höchsten Anstieg des DASH-Wertes postoperativ findet sich jedoch ein signifikant höherer Anstieg der Punktzahl im Teil A gegenüber dem des Teil B. In der Gruppe der Typ B2- Frakturen ist im Teil A ein Anstieg von 85%, im Teil B von 68% zu verzeichnen. In der Gruppe der C3- Frakturen steigt die Punktzahl von Teil A um 101%, die von Teil B um 86%. Das schlechtere DASH-Ergebnis ist in diesen beiden Gruppen demnach stärker auf die Einschränkung der Funktion der Schulter als auf einschränkende Symptome zurückzuführen.

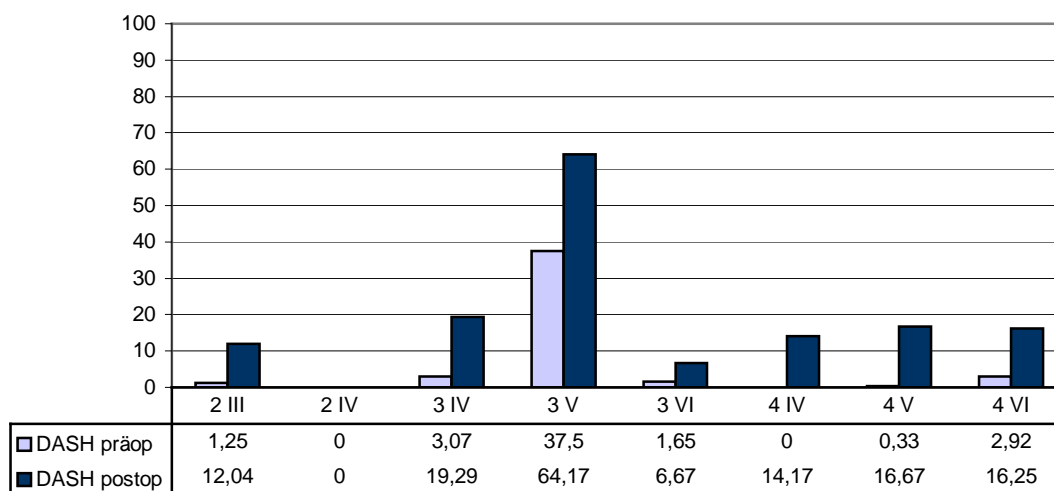


Abb. 4.2 Vergleich des DASH Scores nach AO –Frakturtypen vor dem Unfall und 12 Monate postoperativ

3.4.5 Beurteilung der Zufriedenheit

Auf der ihnen vorgelegten visuellen Analogskala schätzten die Patienten ihre Zufriedenheit in Bezug auf die Behandlung und deren Ergebnis mit einem mittleren Wert von sieben ein (0 = unzufrieden, 10 = sehr zufrieden), so dass man von einem im Durchschnitt zufriedenen Patientenkollektiv ausgehen kann.

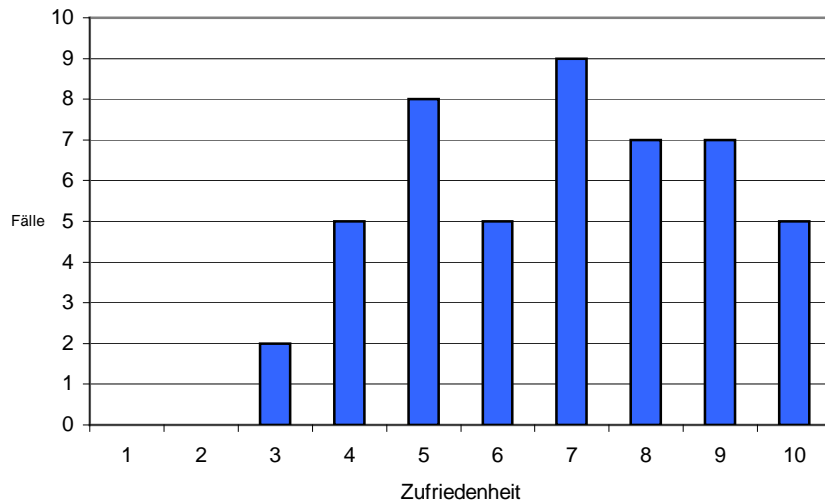


Abb. 4.3 Zufriedenheitsgrafik

Die Altersklasse der unter 50-jährigen gab im Durchschnitt acht Punkte an und stellt damit die zufriedenste Gruppe dar, während dessen die der 71–80-jährigen mit sechs Punkten die am wenigsten zufriedene Altersklasse ist. Die Patienten mit Zweipartfraktur waren mit einem Wert von acht im Durchschnitt zufriedener mit dem Ergebnis als die der Drei- und Vierpartfrakturen, die ihre Zufriedenheit mit jeweils sechs bewerteten. Die Gruppe der Patienten mit Komplikationen gab mit durchschnittlich fünf Punkten ein deutlich weniger zufriedenes Ergebnis an als das der Patienten ohne Komplikationen mit sieben Punkten.

Um den Zusammenhang zwischen Patientenzufriedenheit und den vier Kategorien des Constant Scores zu ermitteln wurde der Korrelationskoeffizient (nach Pearson) bestimmt. Am deutlichsten korreliert die Zufriedenheit dabei mit dem objektiven Parameter Bewegungsumfang ($k = 0,76$). Eine dezente Korrelation findet sich ebenfalls zum objektiven Parameter Kraft ($k = 0,56$) und dem subjektiven Parameter ADL ($k = 0,62$). Der Zusammenhang zwischen der Patientenzufriedenheit und dem subjektiven Schmerzgefühl ist mit $k = 0,34$ ($p < 0,05$) im Vergleich zu den anderen Parametern vernachlässigbar gering ausgeprägt.

3.5 Komplikationen

In unserer Studienpopulation zeigten sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes in insgesamt 14 Fällen (24,1%) Komplikationen. In acht Fällen waren Männer, in sechs Fällen Frauen betroffen. In sechs Fällen handelte es sich um Zweipartfrakturen, in weiteren sechs Fällen um Dreipartfrakturen und in zwei Fällen traten Komplikationen bei Vierpartfrakturen auf.

Komplikationen	Häufigkeit
Schraubenlockerung	n = 1 (1,7%)
Schraubenperforation in Gelenkspalt	n = 5 (8,6%)
Schraubenbruch	n = 2 (3,4%)
Implantatlockerung	n = 2 (3,4%)
Implantatausriss	n = 3 (5,2%)
Plattenbruch	n = 2 (3,4%)
Humeruskopfnekrose	n = 2 (3,4%)
Sekundäre Abkippung des Kopffragments	n = 4 (6,9%)
Pseudarthrose	n = 1 (1,7%)
Infekte	n = 0 (0%)

Tab. 6 Häufigkeit des Auftretens jeweiliger Komplikationen

In einem Fall kam es zu einer Lockerung einer im Humerusschaft eingebrachten Schraube. Es erfolgte hierbei kein Revisionseingriff.

In einem Fall zeigte sich drei Monate postoperativ ein Bruch einer der Schrauben und ein dadurch verursachtes Abheben der Platte vom Humerusschaft sowie eine Abkippung des Kalottenfragments. Die Patientin lehnte jedoch bis zur letzten Ein-Jahres-Nachuntersuchung einen Revisionseingriff ab. Ein weiterer Schraubenbruch ereignete sich bei einer polytraumatisierten Patientin. Das primär eingebrachte Osteosynthesematerial (LPHP) wurde fünf Monate postoperativ entfernt und durch eine andere winkelstabile Platte (Fa. Königsee) ersetzt.

Eine Lockerung der proximalen Humerusplatte, die zu einem Abheben der Platte vom Schaft führte, fand sich in zwei Fällen.

Bei zwei Patienten kam es sturzbedingt zu einem Ausriss des Implantates. Ein Patient stürzte noch während seiner Hospitalisationszeit, die zweite Patientin zwei Monate postoperativ. In beiden Fällen wurde bei der Revision die primär eingebrachten 5-Loch-LPHP durch eine 8-Loch-LPHP ersetzt. In einem der Fälle wurde aufgrund der fehlenden Konsolidation nach zwölf Monaten die Diagnose einer Pseudarthrose gestellt.

In zwei Fällen kam es zu einem Bruch der proximalen Humerusplatte auf Höhe des Frakturspaltes. Anamnestisch konnten in keinem der beiden Fälle ein für den Implantatbruch verantwortliches Trauma ermittelt werden. Bei beiden Patienten wurde der Bruch erstmals in den zwölf Wochen postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen entdeckt. Es erfolgte die Entfernung des defekten Osteosynthesematerials und die erneute Stabilisierung der Fraktur durch in einem Fall eine 4,5 mm Kondylenplatte und im anderen Fall durch eine 4,5 mm 8-Loch LCP.

Eine häufige Komplikation stellt die Perforation der Kopfschrauben in den Gelenkspalt dar, die sich in unserer Studie in fünf Fällen fand. In zwei dieser Fälle wurde die Schrauben bereits intraoperativ fehlplatziert. Bei einem dieser Patienten wurde aufgrund eines postoperativen Sturzes und konsekutivem Implantatausriss ein Implantataustausch durchgeführt. Im zweiten Fall wurden die betroffenen Schrauben aufgrund bestehender Schmerzsymptomatik nach zwei Monaten entfernt. Eine Patientin mit sekundärer Perforation verstarb noch vor dem geplanten Revisionseingriff. In einem weiteren Fall führte eine sekundäre Abkipfung des Kopffragments zur Dislokation der Schrauben in den Gelenkspalt. Die zwei Schrauben wurden sieben Monate postoperativ entfernt. Im fünften Fall führte die Entwicklung einer Humeruskopfnekrose zur sekundären Perforation der Schrauben. Es erfolgte die Materialentfernung und Implantation eines endoprothetischen Ersatzes

Bei zwei unserer Patienten entwickelte sich eine Humeruskopfnekrose, die jeweils erst in der Zwölf-Monats-Untersuchung radiologisch nachgewiesen wurde. Es handelte sich dabei zum einen um eine 70-jährige Patientin mit Dreifragmentfraktur mit präoperativ nachgewiesener Osteoporose, bei der gleichzeitig eine primäre Schraubenperforation vorlag. Die Patientin zog sich postoperativ außerdem bei

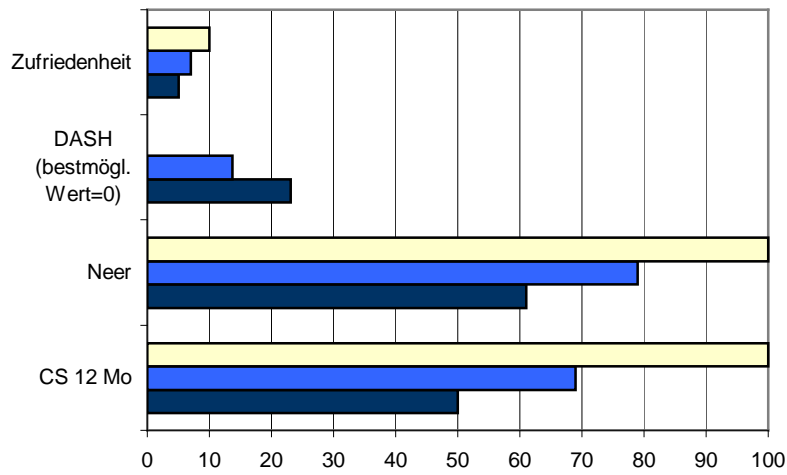
einem Sturz auf den betroffene Seite eine Mittelhandfraktur zu. Bei der Sechs-Monats-Untersuchung wurde ein M. Sudeck ipsilateral festgestellt. Die perforierten Schrauben wurden sieben Monate postoperativ entfernt. Ein weiterer Eingriff erfolgte innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes der Studie nicht.

Bei der zweiten Patientin, einer 53-jährigen Patientin mit Vierfragmentfraktur erfolgte nach zwölf Monaten im Folgeeingriff der endoprothetische Ersatz des Humeruskopfes. Postoperative Infekte kamen nicht vor.

Fall	Schraubenlockerung	Schraubenperforation	Schraubenbruch	Implantatlockerung	Implantat- ausriss	Plattenbruch	Kopf- nekrose	sekundäre Abkippung Kopfkalotte	Pseud- arthrose	Revisions- eingriff
K1								Ja		Implantation Kopfprothese
K2		Ja			Ja					Implantation 8-Loch-PHP
K3				Ja						abgelehnt
K4		Ja								Entfernung 2 Schrauben
K5					Ja					Implantation 8-Loch- PHP
K6						Ja				Implantation 4,5mm Kondylenplatte
K7						Ja			Ja	Implantation 8 - Loch LCP 4,5 mm
K8			Ja		Ja			Ja		abgelehnt
K9		Ja					Ja			Entfernung 2 Schrauben
K10			Ja	Ja						Implantation winkelstabile Platte (Königssee)
K11				Ja						nein
K12		Ja					Ja	Ja		Implantation Kopfprothese
K13		Ja						Ja		verstorben
K14	Ja									nein

Tab. 7 Komplikationsfälle und deren Komplikationsmanagement im Überblick

Vergleicht man die Ergebnisse des letzten Follow Ups der Fälle mit Komplikationen mit denen ohne Komplikationen ist ein deutlicher Unterschied in den jeweiligen Score- Ergebnissen erkennbar.



	CS 12 Mo	Neer	DASH (bestmög. Wert=0)	Zufriedenheit
□ maximal erreichbarer Wert	100	100	0	10
■ ohne Komplikation	69	79	13,7	7
■ mit Komplikation	50	61	23,13	5

Abb. 4.4 Vergleich der Score Ergebnisse der Patienten mit und ohne Komplikationen

4. Kasuistik

Fall 1

80-jährige Patientin mit Viersegmentfraktur, komplikationsloser Verlauf

A: Unfallbild a.p./ axial,

B: Z.n. Primärversorgung,

C: 12 Monate postoperativ mit funktionellem Ergebnis

Constant Score = 90 (90) [Angabe in (...) = CS mit Alters- und Geschlechtskorrektur]

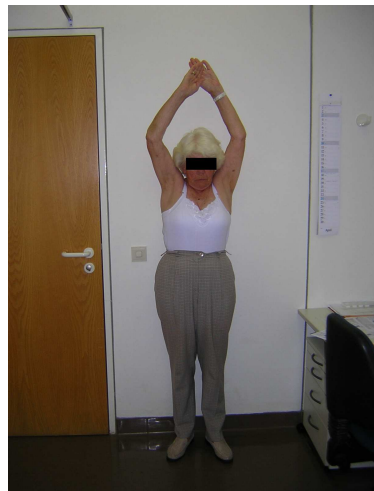
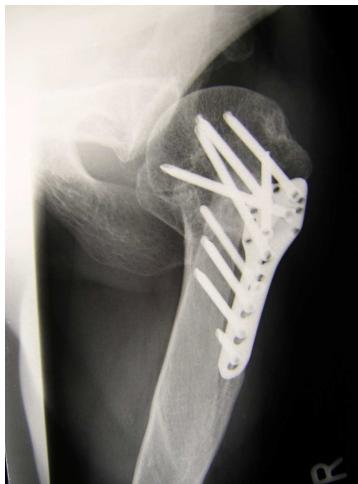
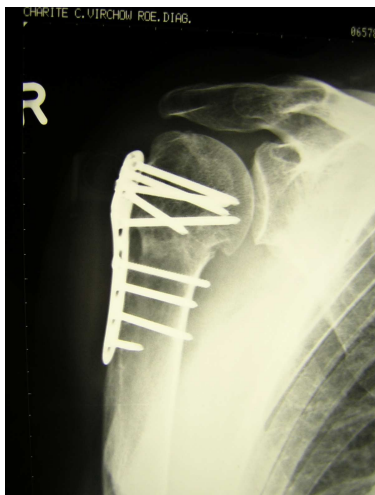
A



B



C



Fall 2

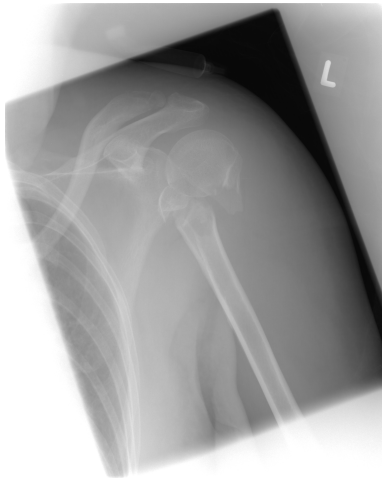
49-Jährige Patientin mit Viersegmentfraktur, komplikationsloser Verlauf

A: Unfallbild a.p./ y-Aufnahme,

B: Z.n. Primärversorgung

C: 12 Monate postoperativ mit funktionellem Ergebnis
Constant Score = 66 (92)

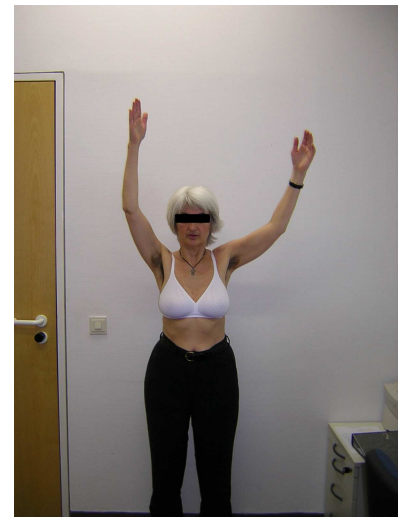
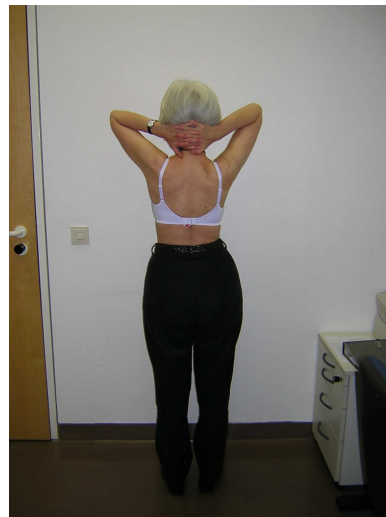
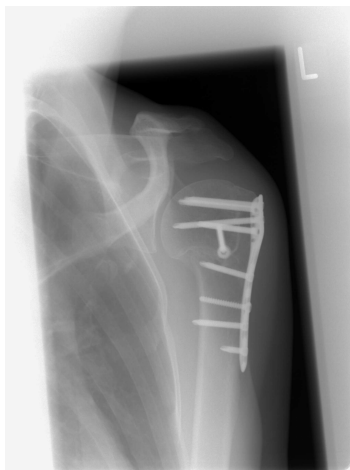
A



B



C



Fall 3

78-Jährige Patientin mit Dreisegmentfraktur, Implantatausriß nach Sturz sechs Wochen postoperativ, darauf folgender Revisionseingriff mit Entfernung der 5-Loch-PHP und Implantation einer 8-Loch-PHP

A: Unfallbild a.p./y-Aufnahme,

B: Z.n. Primärversorgung,

C: Implantatausriß 6 Wochen postoperativ,

D: 12 Monate nach Primärversorgung bzw. 10,5 Monate nach Revisionseingriff in 2 Ebenen
Constant Score = 59 (74)

A



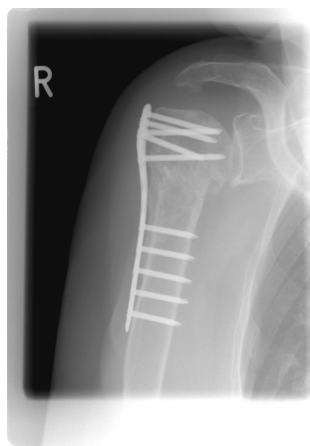
B



C



D



Fall 4

70-Jährige Patientin mit Dreisegmenttraktur,
Perforation zweier Kopfschrauben in den Gelenkspalt, daraufhin Revisionseingriff vier
Wochen postoperativ mit Entfernung der überstehenden Schrauben,
nach 12 Monaten Anzeichen einer Humerkopfnekrose

- A:** Schraubenperforation, Z.n. Primärversorgung,
- B:** Z.n. Entfernung der zwei Schrauben,
- C:** 12 Monate postoperativ mit Anzeichen einer Humerkopfnekrose
und funktionelles Ergebnis
Constant Score = 29 (32)

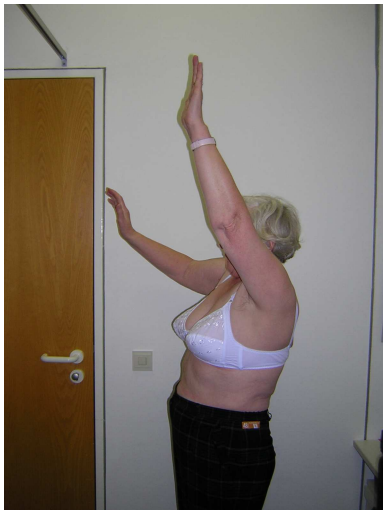
A



B



C



Fall 5

54-Jähriger männlicher Polytrauma-Patient mit Zweisegmentfraktur, Implantatbruch einen Monat postoperativ ohne erinnerliches Trauma, Revisionseingriff erst 8 Monate postoperativ aufgrund bevorzugter Therapie der Begleitverletzungen: Entfernung der PHP und Implantation einer 8-Loch LCP 4,5mm

A: Implantatbruch

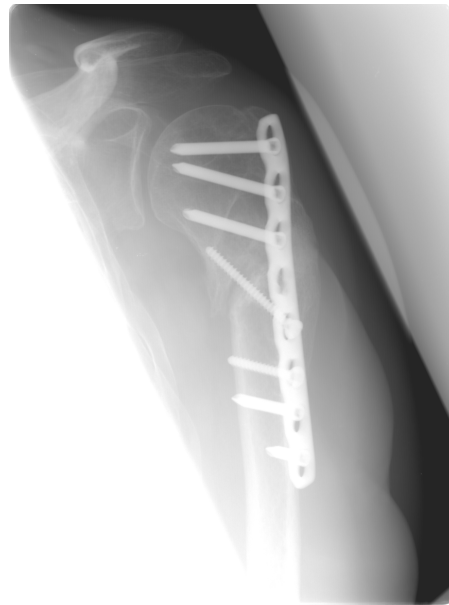
B: Z.n. nach Revisionseingriff

Constant Score (12 Mo) = 48 (51)

A



B



5. Diskussion

Um eine Aussage über Vor- und Nachteile der LPHP machen zu können, werden unsere Studienergebnisse im Folgenden mit Ergebnissen aus der Literatur verglichen. Dabei ist festzustellen, dass sich ein derartiger Vergleich mit anderen Publikationen allgemein schwierig gestaltet, da unterschiedliche Patientenkollektive vorliegen, andere Operationstechniken, Klassifikationssysteme und Bewertungsmaßstäbe angewandt werden. Oft fehlen Angaben über Frakturart, Begleitverletzungen oder Altersverteilung der Studienpopulation, welche jedoch wichtige Prognosefaktoren darstellen. In unsere Studie haben wir bewusst auch Patienten mit Zusatzverletzungen, polytraumatisierte Patienten, unabhängig von Zusatzerkrankungen oder Knochenqualität eingeschlossen, da gerade die Indikationsstellung unseres Implantats bei älteren Patienten untersucht werden sollte.

5.1 Patientendaten

Das Durchschnittsalter in der eigenen Studie liegt bei 62,3 Jahren. Dies deckt sich mit der in der Literatur angegebenen Werte [8, 57, 93, 104, 142, 152]. Aufgrund fehlender Information stellt sich der Vergleich der Altersverteilung als schwierig dar. Doch gerade die Altersverteilung stellt einen wichtigen Parameter in einer Studie über Plattenosteosynthesen dar. Die Fraktur des Humeruskopfes ist eindeutig eine Fraktur des älteren Menschen. Die Inzidenz nimmt ab dem 70. Lebensjahr vor allem beim weiblichen Geschlecht rasant zu [111]. Diese geschlechtsspezifische Differenz spiegelt sich auch in unserer Studienpopulation bei einem Frauenanteil von 88,9% der über 70-jährigen wider. Zurückzuführen ist dieses hauptsächlich auf die mit zunehmendem Alter steigenden Osteoporoseinzidenz und einer damit verbundenen verminderten Knochenqualität [15, 39, 84, 132].

Lill et al. [77] bestätigte in Knochendichtemessungen in vitro mittels peripherer quantitativer Computertomographie eine deutliche Abnahme der Knochenmineraldichte ab dem 70. Lebensjahr. Zudem bestehe ein signifikante Verminderung der Knochendichte beim weiblichen im Gegensatz zum männlichen Geschlecht. Ein osteoporotischer Knochen führt zu gehäuftem Auftreten von

Frakturen bei schon geringem Trauma [77, 80, 117] . Während die Humeruskopffraktur im jungen Alter eher Folge eines Hochrasanztraumas ist [19, 39, 67], sind die Ursache im höheren Alter vor allem niederenergetische Stürze auf die betroffene Extremität [39]. In unserer Studie verdeutlicht dieses die Grafik in Abb. 2.5. Bei den unter 50-jährigen war in 73% der Fälle ein hochenergetisches Trauma ursächlich für die Verletzung. Bei der Gruppe der über 70-jährigen hingegen war die Fraktur zu 87,5% Konsequenz eines Niederenergietraumas.

Eine verminderte Knochenqualität hat zum anderen komplexere Bruchformen zur Folge [19]. Lt. Hessler et al. [48] betreffen bis zu 70% der Drei- und Vierfragmentfrakturen Patienten jenseits des 60. Lebensjahres. In der eigenen Studie waren 61,1% der über 70-jährigen von komplexen Frakturen betroffen im Vergleich zu 45,5% der unter 50-jährigen. Über die allgemeine Inzidenz von Drei- und Vierfragmentfrakturen im Vergleich zu Zweipartfrakturen im Alter kann keine Aussage gemacht werden, da unsere Studie ausschließlich operativ versorgte Patienten betrachtet und somit ein großer Teil der einfachen Frakturen nicht mit eingeschlossen sind.

Ein weiterer Nachteil der Osteoporose ist die verminderte Festigkeit des Osteosynthesematerial im Knochen. Durch den geringeren Spongiosaanteil und zystische Veränderungen des osteoporotischen Knochens [48] kann ein ordentlicher Sitz der Schrauben im Humeruskopf oft nicht gewährleistet werden.

Nach einer proximalen Humerusfraktur sollte eine rasche Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse stattfinden, um einer Gefährdung der Vaskularisation des Humeruskopfes entgegenzuwirken [79]. Deshalb sollte die operative Versorgung der Fraktur innerhalb der ersten 48 Stunden nach dem Unfallereignis angestrebt werden [15, 79]. In unserer Studie wurden Patienten mit isolierter Humeruskopffraktur im Mittel nach 2,5 Tagen versorgt. Lagen Zusatzverletzungen bzw. ein Polytrauma vor, fand die operative Versorgung nach durchschnittlich 5,2 Tagen statt (Gesamtdurchschnitt: drei Tage). 67,2% der Patienten wurden innerhalb 48 Stunden nach dem Unfallereignis operiert. In der Literatur finden sich bei ähnlichen Studien Werte zwischen 2 und 7,5 Tagen [8, 36, 47, 62, 118].

5.2 Nachuntersuchungen

Die Nachuntersuchungsrate in der eigenen Studie lag bei 71% und ist damit vergleichbar mit ähnlichen Studien von Kettler et al. [61] mit 78% und Mückter et al. [93] mit 66%. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum von 12,5 Monaten ist vergleichbar mit dessen anderer Studien [4, 8, 36, 48, 61]. Die Anzahl der nachuntersuchten Patienten liegt mit 58 deutlich über derer vergleichbarer Studien wie von Hente et al. und Mückter et al. [93] mit jeweils 31 Patienten. Ein großer Teil der Studien über winkelstabile und nicht-winkelstabile Implantate am proximalen Humerus zeigt eine Anzahl von 28 und 46 nachuntersuchten Patienten [36, 93, 104, 143, 152]. Weitaus mehr Patienten konnten bei Björkenheim et al. [8] mit 72 und bei Kettler et al. [61] mit 174 gefunden werden. Insgesamt wirkt sich eine größere Studienpopulation positiv auf die statistische Aussagekraft der Studie aus.

Allgemein ist zu sagen, dass sich der Vergleich von Studienergebnissen schwierig gestaltet, da zum einen Patienten in einigen Studien aufgrund des Nichterfüllens bestimmter Einschlusskriterien von vorn herein nicht erfasst werden [8, 52, 110, 145] und der Statistik somit nicht zugänglich sind. Zum anderen ist es kompliziert, komplexe klinische Behandlungsergebnisse miteinander zu vergleichen. Um dieses zu vereinfachen haben wir mit zwei Scoresystemen, dem Constant Score und dem Neer Score gearbeitet, welche die in der Literatur bekanntesten und gebräuchlichsten Scores darstellen und die für die Beurteilung von Resultaten nach Frakturen am Humeruskopf inzwischen als Standard angesehen werden. Sie erfüllen weitestgehend die Kriterien eines gut anwendbaren Scores: Validität, klinische Relevanz und Reproduzierbarkeit [136]. Kritisiert wird die Aufwendigkeit der Erhebung der Scores, für die im klinischen Alltag oftmals keine Zeit vorhanden ist sowie auch die tlw. schwankende Interobserverreliabilität bei z.B. der Erhebung des Bewegungsausmaßes. So sollte im Constant Score die maximal „schmerzfrie“ Positionierung des Armes gemessen werden, was nicht immer eingehalten wird. In den letzten Jahren wurde zudem die Wichtigkeit der subjektiven Einschätzung des Patienten selbst in den Vordergrund gebracht. Die Schmerzfreiheit und Wiedererlangung seiner Lebensqualität gilt dabei als Hauptvoraussetzung für die Zufriedenheit des Patienten. Sowohl im Constant als auch im Neer Score werden jedoch zum größten Teil objektive Parameter gemessen. Um die subjektive Situation

des Patienten zu quantifizieren haben wir zusätzlich den DASH Score erhoben. Er spiegelt das Management des alltäglichen beruflichen und sozialen Lebens, die Symptomatik und die allgemeine Funktionsfähigkeit des Armes wider. Er kann zu 100% vom Patienten selbst ausgefüllt werden und reduziert somit den Zeitaufwand der Erhebung [58]. Derzeit wird der DASH Score jedoch nur in wenigen Studien über das Outcome proximaler Humerusfrakturen angewendet. Ein weiterer Nachteil ist die fehlende Skalierung, die eine Beurteilung im Sinne von gutem und schlechtem Ergebnis bisher nicht möglich macht.

In unserem Patientenkollektiv fand sich ein mittlerer Constant Score von 64 nach zwölf Monaten, was einem laut Definition befriedigendem Ergebnis entspricht. Es lassen sich zu 44% sehr gute und gute Ergebnisse finden. Betrachtet man den alters- und geschlechtsadaptierten Constant Score liegen zu 69% sehr gute und gute Resultate vor.

Im Literaturvergleich (Tab. 8) winkelstabiler Implantaten liegen unsere Resultate somit mindestens auf gleichem Niveau. In Anbetracht der Tatsache, dass es sich in unserer Studie um ein nicht-selektiertes Patientenkollektiv handelt, würden wir unsere Ergebnisse sogar im oberen Bereich einordnen. Nicht winkelstabile Verfahren scheinen laut dieser Übersicht oft schlechtere Resultate zu erreichen.

Winkelstabile Plattenosteosynthese

Studie	Constant Score - Resultate	Follow Up	Implantat
Hessler et al. 2006 [48]	57	18 Monate	winkelstabile Platte
Plecko et al. 2005 [104]	63	31 Monate	LPHP
eigene Studie 2008	64 (44% sehr gut + gut)	12 Monate	LPHP
Dietrich et al. 2008 [22]	71	12 Monate	Gruppe Philos
Hente et al. 2004 [47]	72 (64% sehr gut + gut)	12 Monate	Philos
Kettler et al. 2006 [61]	75 (47% sehr gut + gut)	14 Monate	Philos
Björkenheim et al. 2004 [8]	77	12 Monate	Philos
Bartsch et al. 2003 [3]	80	12 Monate	winkelstabile T-Platte
Mückter et al. 2001 [93]	83	6 Monate	winkelstabile Humerus-Fixateur-Platte

Nicht-winkelstabile Verfahren

Studie	Constant Score - Resultate	Follow Up	Operations-Methode
Dietrich et al. 2008 [22]	41	12 Monate	Gruppe Hemiprothese
Boss et al. 2004 [12]	48	16 Monate	Endoprothese
Schmal et al. 2004 [118]	52	24 Monate	Hemiprothese
Zyto et al. 1997 operativ [152]	60	50 Monate	tension-band
Zyto et al. 1997 konserv. [152]	65	50 Monate	konservativ
Hintermann et al. 2000 [52]	73 (73,1% sehr gut + gut)	41 Monate	Klingenplatte

Tab. 8 Vergleich der Ergebnisse des Constant Scores winkelstabiler und nicht winkelstabiler Verfahren

Im Laufe des Untersuchungszeitraumes fand sich, wie in Abb. 3.1 ersichtlich, eine signifikante Verbesserung ($p < 0.001$) der Resultate. Nach zwölf Monaten wurden in der Kategorie Schmerz durchschnittlich 72%, in der Kategorie ADL 84%, und beim Bewegungsumfang (ROM) 72% des maximal möglichen Wertes erreicht.

Vergleichbare Werte finden sich in anderen Publikationen:

Studie	CS gesamt	Schmerz	Kraft	ROM	ADL	Verfahren
Hintermann et al. 2000 [52]	73	13	11	32	17	Klingenplatte
Hente et al. 2004 [47]	72	11	22	26	13	Philos
Dietrich et al. 2008 [22]	71	15	10	30	18	Gruppe Philos
Zyto et al. 1997 konservativ [152]	65	12	8	29	16	konservativ
eigene Studie 2008	64	11	8	29	17	LPHP
Wachtl et al. 1999 [145]	63	11	8	29	13	intramed.Nagel
Zyto et al. 1997 operativ [152]	60	10	8	26	16	operativ
Dietrich et al. 2007 [22]	41	10	6	10	13	Gruppe Hemiprothese

Tab. 9 Vergleich der Resultate der Constant Score - Kategorien verschiedener Studien

Insgesamt waren in unserer Studie 33,3% der Patienten bei der Zwölf-Monats-Untersuchung schmerzfrei. Weitere 52,1% der Patienten gaben nur geringe Schmerzen an.

Auffällig ist das nach zwölf Monaten vorhandene deutliche Kraftdefizit in unserer Studie. Im Mittel wurde ein Wert von 7,7 von maximal möglichen 25 Punkten erreicht. Auch bei Patienten, bei denen in allen anderen Kategorien Maximalwerte vorliegen, werden in der Kategorie Kraft signifikant schlechtere Werte erreicht. Wie in Tab. 9 ersichtlich berichten andere Autoren über ähnliche Beobachtungen [10, 54, 145]. Hente et al. [47] wiederum zeigt annähernd Maximalwerte, obwohl in anderen Kategorie überwiegend vergleichsweise schlechte Resultate vorliegen. Dieses lässt

sich auf mehrere Faktoren zurückführen. So hängt es sehr von der Technik der Kraftmessung ab, welche Werte erreicht werden. So können Messungen an unterschiedlichen Stellen des Armes, sowie unterschiedliche Haltung des Armes in Schulterabduktion, -anteversion bzw. Flexion im Ellbogen zu deutlich divergierenden Werten führen. In unserer Studie wurden die Messungen durch nur einen Untersucher und stets in ein und derselben Position des Armes durchgeführt, was die Reliabilität der Messung auf hohem Niveau hält.

Beachtet man die Vorgabe von Constant [18], die Messung bei 90° abduziertem Arm durchzuführen, so erscheint es außerdem logisch, dass bei Patienten mit einer Abduktionsfähigkeit von weniger als 90° eine adäquate Messung laut Definition nicht durchgeführt werden kann. In unserer Studie wurde diese Situation mit Null Punkten bewertet, was sich wiederum negativ auf den Gesamt Constant Score auswirkte. Betrachtet man nur die Patienten, bei denen eine Kraftmessung möglich war, lässt sich ein mittlerer Wert von 9,9 (Gegenseite 13,8) finden.

Nichts desto trotz finden sich immer wieder Publikationen, in denen Patienten auch bei mangelnder Abduktionsfähigkeit Punkte in dieser Kategorie erhalten haben [152]. In mehreren Studien [25, 59, 77] wird auf die Abhängigkeit des Constant Scores von Alter und Geschlecht aufmerksam gemacht. Böhm et al. [10] stellten eine Studie vor, bei der selbst schultergesunde Patienten im Mittel nur 4,8 kg (10,56 Pounds) bei Frauen bzw. 9,2 kg (20,24 Pounds) bei Männern in der Kategorie Kraft erreichten. Wir konnten diese Werte in der eigenen Studie bestätigen. Der Durchschnittswert der schultergesunden Seite bei Frauen lag bei umgerechnet 4,5 kg (10 Pounds), bei Männern bei 8,7 kg (19,3 Pounds).

Wie auch in anderen Studien [48, 61, 94, 104, 148] wurde von uns deswegen der Constant Score mit Alters- und Geschlechterkorrektur angegeben.

Bei der Untersuchung des Bewegungsumfanges nach zwölf Monaten fanden sich im Vergleich zur Gegenseite die größten Defizite bei der Außenrotation, wobei unsere Studie jedoch mit 44° im Literaturvergleich einen eher hohen Wert vorweist [145, 33]. 54,1% der Patienten konnten die operierte Schulter über 120° abduzieren, weitere 16,7% erreichten Werte zwischen 90 – 120° Abduktion. Ähnliche Werte zeigen sich bei Hente et al. [47] (32% > 120°, weitere 39% > 90°) bei Verwendung einer winkelstabilen Klingenplatte und bei Wachtl et al. [145] mit durchschnittlich 129° Abduktion bei intramedullärer Schienung mittels multipler flexibler Nägel.

Im Vergleich dazu ist eine Abduktion über 90° nach endoprothetischen Ersatz oft nicht gewährleistet [11, 53, 92].

Im Neer Score wurden durchschnittlich 74 Punkte und damit ein definitionsgemäß unbefriedigendes Ergebnis erreicht. Lungershausen et al. [86] erreichte mit winkelstabiler Plattenosteosynthese einen vergleichbaren Wert (71,4 Punkte). Bei 46% unserer Patienten fanden sich exzellente und zufriedenstellende Resultate. Ein im Vergleich zu allen anderen Altersgruppen signifikant schlechteres Ergebnis lag bei den über 80-jährigen mit einem Mittelwert von 50 Punkten vor. Es fand sich weiterhin eine deutliche Abhängigkeit vom Frakturtyp, wobei die Zweisegmentfrakturen einen deutlich höheren Score von 82 und damit ein zufriedenstellendes Ergebnis aufwiesen. Sowohl beim Neer als auch beim Constant Score wiesen die Dreisegmentfrakturen die schlechtesten Resultate vor. Zugleich hat diese Gruppe die höchste Komplikationsrate mit 31,6% vorzuweisen. Dies lässt sich nach intensiver Untersuchung zum einen auf den unübersehbaren höheren Altersdurchschnitt von 68 Jahren im Vergleich zu dem der Zweisegmentfrakturen (59,5 Jahre) und dem der Viersegmentfrakturen (59,7 Jahre) zurückführen. Ein fast doppelt so hoher DASH Score präoperativ (4,74) im Vergleich zum Allgemeindurchschnitt (2,48) spiegelt schon vor dem Unfallereignis vorhandene Schulterprobleme in der Gruppe der Dreisegmentfrakturen wider. Zum anderen kam es in dieser Gruppe postoperativ in drei Fällen zu Stürzen. In zwei Fällen kam es aufgrund eines konsekutiven Implantatausrisses zum Revisionseingriff, im dritten Fall zur Fraktur eines Mittelhandknochens ipsilateral und danach zum Auftreten eines Morbus Sudeck. In allen drei Fällen wurde somit die Prognose verschlechtert, ohne dass dieses im direkten Zusammenhang mit dem vorher erlittenen Frakturtyp steht. Eine höhere Komplikationsrate der jeweiligen Frakturtypen ging allgemein mit einem niedrigeren Constant Score einher (Pearson-Korrelationskoeffizient: $-0,85$). In vielen anderen Studien konnte die Abhängigkeit des postoperativen Ergebnisses vom Frakturtyp nachgewiesen werden [8, 32, 39, 47, 66, 77, 85]. Die Anzahl von Frakturfragmente gilt dabei zusammen mit dem Patientenalter als einer der wichtigsten Prognosefaktoren [32, 66, 77, 148].

Nach Auswertungen der visuellen Analogskala zeigte sich ein insgesamt zufriedenes Patientenkollektiv. In der Korrelationsanalyse die den Zusammenhang der Zufriedenheit mit den jeweiligen Constant Score Kategorien beschreibt, ist erkennbar, dass vor allem der verminderte Bewegungsumfang und die dadurch vorhandene Einschränkung der Aktivitäten des täglichen Lebens für das Fehlen der vollen postoperativen Zufriedenheit verantwortlich sind ($p < 0,01$). Die größte Diskrepanz zwischen Zufriedenheit und klinischen Resultaten zeigt sich in der Gruppe der über 80-jährigen, die bei deutlich schlechteren Ergebnissen in allen Scores im Vergleich zu jüngeren Patienten annähernd gleich gute Werte auf der VAS - Skala angaben. Dies ist vermutlich auf die geringeren Ansprüche an die Schulterfunktion zurückzuführen. So ist die Fähigkeit zur Durchführung schulterbelastender Arbeiten und sportlicher Aktivitäten bei älteren Patienten von untergeordneter Bedeutung. Ein gewisser Funktionsverlust wird toleriert, solange dieser für die Bewältigung der täglichen Anforderungen nicht relevant ist und die Selbständigkeit des Patienten erhalten bleibt [136].

Im DASH Score konnten ähnliche Beobachtungen gemacht werden. Innerhalb der Gruppen der Frakturtypen mit dem höchsten Anstieg des DASH-Wertes postoperativ (B2, C3-Frakturen) fand sich ein signifikant höherer Anstieg der Punktzahl im Teil A gegenüber dem des Teil B des Fragebogens. Das schlechtere DASH-Ergebnis ist in diesen beiden Gruppen demnach stärker auf die eingeschränkte Funktion der Schulter als auf behindernde Symptome zurückzuführen.

Der durchschnittliche DASH Score von 16,06 ist mit dem von Plecko et al. [104] bei ähnlichem Patientengut ermittelten DASH Score von 18,0 Punkten vergleichbar. Die rein subjektiv ermittelten Resultate des DASH Scores korrelieren dabei mit denen des Neer Scores (- 0,75), welcher zu 65% aus subjektiven Parametern besteht und in annähernd gleichem Maße mit denen des Constant Scores (- 0,73), der im Gegensatz dazu überwiegend (65%) objektive Parameter untersucht ($p < 0,001$). Insgesamt finden sich bessere Ergebnisse im Neer und DASH Score, die hauptsächlich auf subjektiven Einschätzungen beruhen. Dahingegen korreliert die Patientenzufriedenheit stärker mit den objektiven Parametern, insbesondere denen des Constant Scores ($k=0,75$). Auch in anderen Studien fällt die subjektive Einschätzung häufig besser aus [11, 52, 136, 137].

5.3 Komplikationen

In nahezu allen Studien über Osteosynthesen am Humerus kommt es zu Früh- oder Spät komplikationen, die nicht selten eine Rate von 20 % überschreiten [77]. Diese sowie unfallbedingte Komplikationen wie Nerven- und Gefäßschädigungen, die vor allem bei Luxationsfrakturen auftreten, beeinflussen die Prognose und das klinische Outcome bedeutend. In unserer Studie traten in 24,1% der Fälle Komplikationen auf.

5.3.1 Humeruskopfnekrose

Die Nekroserate unserer Studie liegt bei 3,4% und ist damit vergleichsweise niedrig. Insbesondere im Vergleich zu nicht-winkelstabilen Implantaten schnitt unsere Studie, wie aus Tab. 10 ersichtlich, auffallend besser ab.

Winkelstabile Implantate

Studie	Nekroserate	Implantat
Mückter et al. 2001 [93]	0,0%	winkelstabile Humerus-Fixateur-Platte
Hessler et al. 2006 [48]	2,1%	winkelstabile Platte
eigene Studie 2008	3,4%	LPHP
Björkenheim et al. 2004 [8]	4,1%	Philos
Bartsch et al. 2003 [3]	6,6%	winkelstabile T-Platte
Kettler et al. 2006 [61]	8,0%	Philos
Plecko et al. 2005 [104]	8,3%	LPHP
Trapp et al. 2008 [139]	14,7%	winkelstabiler Marknagel
Hente et al. 2004 [47]	16,0%	Philos

Nicht-winkelstabile Verfahren

Studie	Nekroserate	Implantat
Zyto et al. 1997 [152]	2,6%	tension-band
Hessmann et al. 1999 [49]	4,1%	T-Platte
Müller et al. 2006 [53]	5,2%	intramed.Titanwedel
Hintermann et al. 2000 [52]	5,3%	Klingenplatte
Gorschewski et al. 2000 [36]	8,3%	intramed.Titanwedel
Lill et al. 1997 [76]	24,3%	T-Platte
Trapp et al. 2005 [139]	26,7%	intramed.Nagel

Tab. 10 Nekroseraten verschiedener Studien im Vergleich

Die Nekroserate von 0,0% in Mückter et al. [93] erklärt sich aus der relativ kurzen Nachuntersuchungszeit von sechs Monaten postoperativ, nach der eine konkrete Aussage über die Entwicklung einer Humeruskopfnekrose noch nicht gemacht werden konnte, da sich diese im deutlich sichtbaren Maße gewöhnlich erst nach zwölf Monaten zeigt [147].

In vielen Publikationen wird auf den Zusammenhang zwischen Frakturtyp und Nekroserate hingewiesen [15, 111, 141]. Laut einer Literaturübersicht von Tingart et al. [137] schwanken die Werte bei Drei- und Vierfragmentfrakturen zwischen 0% und 45%. Hintermann et al. [52] gibt Werte von 12% – 34% für Dreisegmentfrakturen und 41% – 59% für Viersegmentfrakturen an. In Boss et al. [12] werden Werte von 50% – 90% für Viersegmentfrakturen nach konventioneller Plattenosteosynthese angegeben. Hente et al. [47] fanden eine Nekroserate von 80% bei Luxationsfrakturen im Vergleich zu 4% bei nicht luxierten Frakturen. Kuner et al. [73] gibt bei 65 Plattenosteosynthesen eine Rate von 44,6% an, wobei sowohl der Dislokationsgrad als auch die Anzahl der Knochenfragmente entscheidend seien. Auch bei konservativer Therapie wurde bei Lill et al. [79] über deutlich höhere Nekroseraten bei Drei- und Viersegmentfrakturen berichtet. Brooks et al. [13] fanden in einer Literaturübersicht über konservative Therapie von Viersegmentfrakturen Werte zwischen 21% und 75%.

Aufgrund des Auftretens von nur zwei Fällen avaskulärer Nekrose lässt sich in unserer Studie keine signifikante Aussage über etwaige Korrelationen zu Frakturtyp oder Alter des Patienten machen. Zu beachten ist, dass der Untersuchungszeitraum nur zwölf Monate betrug, die Entwicklung einer Humeruskopfnekrose aber z.T. auch noch spät nach zwölf bis 24 Monaten möglich ist. In unserer Studie handelt es sich im ersten Fall um eine 53-jährige Patientin mit einer Vierfragmentfraktur, im zweiten Fall um eine 70-jährige Patientin mit einer Dreifragmentfraktur. Bei beiden Patienten fand sich ein auffällig schlechtes Ergebnis sowohl im Neer (1. Fall: 57, 2. Fall: 39) als auch im Constant Score (1. Fall: 49, 2. Fall: 29). Auch Hente et al. [47] berichtet über einen deutlich niedrigeren Constant Score bei Patienten mit Humeruskopfnekrose.

Sehr wohl lässt sich jedoch eine Aussage zur Abhängigkeit des Constant Scores vom Frakturtyp generell machen. So fanden sich bei den Zweifragmentfrakturen In 63,2 % der Fälle ein guter und sehr guter Constant Score und damit signifikant bessere Ergebnisse als bei den Dreifragment- (25%) und

Vierfragmentfrakturen (38,5%). Allgemein muß erwähnt werden, dass diese Trennung der Constant Ergebnisse nach Frakturtyp leider nur in wenigen publizierten Studien angegeben wird, da Zweifragmentfrakturen zumeist in Kombination mit höhergradigen Frakturen abgehandelt werden. In Tab. 11 werden Studien, bei denen dies dennoch der Fall war, im Vergleich dargestellt.

Studie	CS gesamt	CS bei 2-Partfx.	CS bei 3-Partfx.	CS bei 4-Partfx.	Verfahren
Hente et al. 2004 [47]	72	k.A.	74	70	Philos
Hintermann et al. 2000 [52]	73	k.A.	75	69	rigide Platte
eigene Studie 2008	64	71	53	67	LPHP
Björkenheim et al. 2004 [8]	77	84	78	60	Philos
Gorschewski et al. 2000 [36]	75	90	73	55	Intramedullärer Titanwedel
Wachtl et al. 1999 [145]	63	72	55	53	intramed.Nagel
Voigt et al. 2007 [144]	k.A.	85	87,5	64	LPHP

Tab. 11 Ergebnisse des Constant Score nach Frakturtyp in verschiedenen Studien

Bei der Analyse der Tab. 11 läßt sich ein Absinken des Constant Scores bei aufsteigender Frakturschwere in allen angegebenen Studien nachweisen. Weiterhin zeigen sich bei Versorgung der Vierpartfrakturen allgemein bessere Resultate bei plattenosteosynthetischen Verfahren gegenüber intramedullären Implantaten. Dies könnte mit dem in der Literatur beschriebenen erhöhten Risiko von sekundären Korrekturverlusten nach intramedullären Verfahren im osteoporotischen Knochen, der sich häufig bei Vierpartfrakturen findet, zusammenhängen [111, 139].

5.3.2 Implantatversagen, sekundäre Dislokationen

Zum Implantatversagen wurden Schraubenlockerungen, Schraubenbrüche, Plattenbrüche und Implantatausrisse gezählt. Wie in Tab. 6 aufgeführt kam es bei neun unserer Patienten (15,5%) zu derartigen Komplikationen. In insgesamt fünf dieser Fälle erfolgte daraufhin ein Revisionseingriff. Zwei Patienten lehnten eine erneute Operation ab. In zwei Fällen war ein postoperativer Sturz für das Ausreißen des Osteosynthesematerials aus dem Knochen verantwortlich. In den jeweils zwei Fällen von Schrauben- und Plattenbruch konnte jedoch kein ursächliches Trauma ermittelt werden. Auch bei Mückter et al. [93] und Plecko et al. [104] kam es bei Anwendung winkelstabiler Platten je einmal zum Implantatbruch. Einige Autoren [23,

47, 59] sehen die Dünne des Implantats als mögliche Ursache des Implantatbruchs bei der LPHP. Plecko et al. [104] verweist auf ein Risiko verstärkter Biegekräfte und somit des Implantatbruchs bei fehlender medialer Abstützung des Knochens im Falle des Vorhandenseins einer Trümmerzone bzw. eines Knochendefekt im medialen Bereich. Er empfiehlt in diesem Fall eine Überbrückungsosteosynthese mit einer längeren Platte (8-Loch-Platte). Eine längere schraubenfreie Zone über der Trümmerzone soll die auftretenden Biegekräfte über einen längeren Bereich abfedern. Zusätzlich sollte die medial ansetzende Supraspinatussehne über eine Fadenschlinge fixiert werden. Bei älteren Patienten mit osteoporotischem Knochen ist bei Fehlen der medialen Abstützung auch die Möglichkeit der Eintauchung des Schafts in den Humeruskopf gegeben. Hierdurch sollen auch stabile Verhältnisse und gute Ergebnisse erzielt werden können [104].

Die Tendenz zu Schraubenwanderungen und -lockerungen hängt zum einen von der jeweiligen Knochenqualität ab [33, 68]. Zum anderen spielen aber auch Faktoren eine Rolle, die im Nachhinein schwer nachzuvollziehen sind. So sind dies die Mitarbeit des Patienten bei der physiotherapeutischen Nachbehandlung unter Einhaltung der Teilbelastung [62, 84, 131] sowie die Erfahrung des Operateur beim Platzieren der Schrauben im Humeruskopf. Kääh et al. [59] konnten in biomechanischen Messungen winkelstabiler Systeme in vitro einen signifikanten Abfall der Festigkeit der Schrauben bei einem vom optimalen Insertionswinkel abweichenden Einführen der Schraube ins Plattenloch nachweisen, was zu vermehrtem Auftreten von Lockerung und Schraubenbrüchen führte.

Jene schwer quantifizierbare Faktoren sind zugleich verantwortlich für die sekundäre Abkippung von Frakturfragmenten, speziell dem Kopffragment, einem in der Literatur häufig beschriebenes Problem [49, 86]. Bei unseren Patienten wurde in vier Fällen eine sekundäre Fragmentdislokation nachgewiesen (6,8%). Ähnliche Werte zeigen Hessler et al. [48] mit 3,4% nach Versorgung mit winkelstabiler Platte und Trapp et al. [138] mit 6,6% und Khodadadyan et al. [62] mit 8,9% nach Anwendung intramedullärer Implantate. In der Literatur wird das Risiko sekundärer Dislokation bei winkelstabilen Verfahren im Vergleich zu nicht-winkelstabiler Systemen als eher geringer eingestuft [47, 86].

6.3.3 Schraubenperforation

Ein auch von anderen Autoren beschriebenes Problem winkelstabiler Plattenosteosynthesen ist die Perforation der Schraubenspitzen über die kortikale Lamelle des Humeruskopfes hinaus, was zur Arrosion der Gelenkpfanne und dementsprechender Schmerzsymptomatik führt [47, 81, 93, 143]. In unserer Studie war dies bei fünf Patienten der Fall (8,6%), was mit Raten von Mückter et al. [93] bei 8,5% und Hente et al. [47] bei 12,5% vergleichbar ist. In zwei Fällen fand sich schon in den radiologischen Kontrollen direkt postoperativ ein Übertreten der Schraubenspitzen in den Gelenkspalt. Dieses ist auf ungenaue Positionierung der Schrauben durch den Operateur zurückzuführen [48]. Winkelstabile Plattensysteme verlangen eine Verankerung der Kopfschrauben in der Gegenkortikalis. Diese direkt subchondrale Lage birgt natürlich die Gefahr einer Perforation. Sie trägt jedoch zur Optimierung der Stabilität des Systems bei und sollte trotz dessen stets angestrebt werden. Mit Hilfe sorgfältiger Bildwandlerkontrollen kann die Schraubenpositionierung intraoperativ optimiert werden [47, 61, 93]. Bei unseren Patienten wurden die überstehenden Schrauben in zwei Fällen im Revisionseingriff entfernt, in einem weiteren Fall verstarb die Patientin noch vor der geplanten Schraubenentfernung.

Die Perforation von Schrauben in den Gelenkspalt stellt für einige Autoren ein spezielles Problem winkelstabiler Plattensysteme dar [68]. Durch den festen Halt des Schraubengewindes im Plattenloch ist ein Zurückweichen der Schraube nicht möglich. So können wie auch in unserer Studie sekundäre Dislokationen von Frakturfragmenten besonders des Kopffragmentes oder sekundärer Knochensubstanzverlust wie bei der Humeruskopfnekrose zum Durchtreten der Schraubenspitze in den Gelenkspalt führen (je ein Fall). Mückter et al. [93] beschreibt die leichte Sinterung des Kopffragments, die allein im Rahmen der knöchernen Heilung stattfindet. Diese führe zu einer leichten Einstauchung und Varisierung des Humeruskopfes und erhöhe somit die Gefahr des Durchtretens der Kopfverriegelungsschrauben. Kettler et al. [61] berichtet über 14 von insgesamt 174 nachuntersuchten Fällen, bei denen es nach winkelstabiler Plattenosteosynthese zu postoperativer Sinterung des Kopffragments mit sekundärer Perforation von Schrauben in den Gelenkspalt kam.

Doch gerade der feste Halt der Schraube in der Platte ist erwünscht, um eine optimale Stabilität vor allem im osteoporotischen Knochen zu erreichen. Trotz der erhöhten Gefahr der Perforation stellt er einen wichtigen Vorteil gegenüber anderen Implantaten dar [68]. Dislokationen von Osteosynthesematerial in den Gelenkspalt kommen denn auch auch bei minimalosteosynthetische Verfahren und intramedullären Implantaten vor. Es werden ähnliche oder sogar höhere Komplikationsraten als für winkelstabile Plattensysteme angegeben [48, 80].

5.4 Diskussion der Vor- und Nachteile der winkelstabilen Implantate im Vergleich zu anderen Implantaten

Das Behandlungsspektrum proximaler Humerusfrakturen ist breit und reicht von konservativer über kopferhaltend operative Therapie bis hin zum endoprothetischen Ersatz [39, 53, 66, 73, 77, 79, 84, 91, 110, 111, 137]. Entscheidend für die Therapiewahl sind sowohl biologische Aspekte wie die Vaskularisierung der Kopffragmente sowie knöcherner Begleiterkrankungen wie Arthrose und subakromiale Einengungen, als auch die individuelle Situation des Patienten, sein Alter, die Compliance, d.h. die Bereitwilligkeit zur Mitarbeit bei der Nachbehandlung und sein persönlicher Anspruch [77, 111, 132]. Das Ziel sollte sein, Schmerzfreiheit zu erreichen und den Patienten in sein soziales und berufliches Umfeld wieder einzugliedern und ihm somit ein ausreichendes Maß an Lebensqualität zu erhalten [77].

Bei stabil impaktierten, gering dislozierten Frakturen ist eine konservative Behandlung mit ruhigstellenden Verbänden und frühzeitiger Beübung der Schulter weitgehend anerkannt und führt zu überwiegend guten Ergebnissen [79, 98, 137, 153].

Dislozierte Frakturen benötigen eine operative Wiederherstellung der Stabilität. Über die optimale Methode der Wahl bestehen weiterhin kontroverse Vorstellungen, was die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Implantate bestätigt [132, 137]. Primäre Operationsziele bei kopferhaltener Therapie sind die Schonung des Weichteilgewebes und der den Humeruskopf versorgenden Blutgefäße, die Rekonstruktion der Gelenkfläche sowie das Erreichen einer ausreichenden

Primärstabilität, um eine frühfunktionelle Übungsbehandlung zu ermöglichen und somit postoperativen Bewegungseinschränkungen entgegenzuwirken [50, 86, 93].

Von den in den letzten Jahren vermehrt angewendeten minimalinvasiven Verfahren erhoffte man sich eine Reduktion der Nekroserate nach Humeruskopffrakturen, welche vor allem nach konventioneller Plattenosteosynthese unberuhigend hoch waren [20, 73, 76, 137]. Vorteil der Minimalosteosynthese ist das weichteilschonende Operieren [147]. Kuner et al. [74] konnte in einer AO-Sammelstudie mit 167 Patienten eine Überlegenheit der Minimalosteosynthesen gegenüber konventionellen Platten hinsichtlich der Gefahr der Humeruskopfnekrose nachweisen. So traten in der Gruppe der minimalinvasiv versorgten Patienten 11,3% weniger Humeruskopfnekrosen auf. Viele Autoren bestätigen diese Reduktion der Nekroserate [2, 36, 57, 145]. Hente et al. [47] spricht von Raten zwischen 8% und 50% bei Minimalosteosynthesen und sieht daher keine eindeutige Überlegenheit. Vielmehr träten gehäuft zusätzliche Komplikationen in Form von Fragment- und Materialdislokationen auf [2, 62, 78, 109, 151]. Insbesondere bei Kirschner-Draht-Osteosynthesen kam es in mehreren Studie zu Drahtwanderung [65, 148], teils in den Gelenkspalt hinein, die zu entsprechender Schmerzsymptomatik und sekundärem Repositionsverlust führte. Kocialkowski et al. [65] berichten über Drahtwanderung in 41% der mit Kirschnerdraht versorgten Fälle und 69% schlechten Ergebnissen. Vor allem im osteoporotischen Knochen finden minimalinvasive Implantate oft keinen festen Halt und dislozieren sekundär [109, 145]. In Publikationen finden sich insgesamt gute bis zufriedenstellende postoperative Ergebnisse [36, 57, 62, 78]. Ein weiterer Nachteil der Minimalosteosynthesen liegt in der fehlenden postoperativen Primärstabilität, die eine initiale Ruhigstellung der Extremität erfordert und somit eine frühfunktionelle Nachbehandlung oft nicht zulässt [47, 131]. In biomechanischen Studien zeigte sich die Kirschner-Drahtosteosynthese gegenüber der Plattenosteosynthese und der intramedullären Nagelung hinsichtlich der Stabilität eindeutig unterlegen [51]

Intramedulläre Implantate wurden, nachdem ihre Indikationsstellung in der Vergangenheit auf den Schaftbereich begrenzt war, in den letzten Jahren vermehrt auch für Frakturen des proximalen Humerus eingesetzt [138, 148, 151]. Der Vorteil liegt in ihrer geringen Invasivität [51, 94]. Durch weichteilschonendes Operieren

können ebenfalls niedrigere Nekroseraten verzeichnet werden [36, 54, 94]. Neue Modelle besitzen winkelstabile Eigenschaften und spezielle Verriegelungstechniken, die eine feste Verankerung im Knochen ermöglichen und somit die gewünschte Primärstabilität gewährleisten [94, 138]. Die Komplikationsraten liegen jedoch ähnlich hoch wie bei anderen Implantaten [94, 138, 151]. Sie sind geprägt von sekundären Nageldislokationen mit Perforation der Kalotte sowie sekundärer Fragmentdislokation [54, 67, 128, 139, 151]. Ruchholtz et al. [111] spricht von erheblichem postoperativen Korrekturverlust bei Anwendung dünner flexibler Nägel im osteoporotischen Knochen sowie von unbefriedigenden Ergebnissen bei Drei- und Vierpartfrakturen mit Revisionsraten von bis zu 45%. Teilweise fehlende Befestigungsmöglichkeiten für Tuberkulumfragmente führen zur sekundären Dislokation und dementsprechenden Fehlstellungen [138]. In den letzten Jahren wurden spezielle Verriegelungstechniken der Nagelsysteme vorgestellt [9, 51]. Mit diesen erhofft man sich einen festeren Halt und somit bessere Resultate auch bei Drei- und Vierpartfrakturen. Insgesamt finden sich in der Literatur gute und zufriedenstellende Ergebnisse [62, 78, 138]. Nach dem Vergleich mit unseren und publizierten Ergebnisse scheinen intramedulläre Implantate bisher jedoch bei der Versorgung von höhergradigen Frakturen und bei osteoporotischem Knochen der winkelstabilen Plattenosteosynthese unterlegen zu sein.

Die Plattenosteosynthese wird heutzutage als eine effiziente Behandlungsmethode proximaler Humerusfrakturen angesehen. Implantateigenschaften wurden im Laufe der Jahre verbessert und erfüllen die Bedingungen einer biologischen Osteosynthese. So ist die Notwendigkeit des Anlegens der Platte an den Knochen mit entsprechender Haftreibung am Periost nicht mehr gegeben. Die Gefäßversorgung des Kalottenfragmentes wird somit geschont. Durch Anwendung indirekter Repositionstechniken ist eine exzessive Freilegung der Fraktur intraoperativ nicht mehr erforderlich, das Operationstrauma wird vermindert. Dies spiegeln wiederholt nachgewiesene verringerte Nekroseraten wider [8, 48, 61, 93]. Die Anwendung winkelstabiler Systeme ermöglicht einen festen Halt des Implantats im Knochen und erhöht die Ausreißkraft insbesondere im osteoporotischen Knochen [8, 45, 46, 85, 93, 120]. Eine hohe Primärstabilität erlaubt eine frühfunktionelle physiotherapeutische Behandlung und beugt so der Schultereinstellung vor [67, 71].

In biomechanischen Studien zeigen die heute hauptsächlich verwendeten winkelstabilen Platten eine deutliche Überlegenheit bei Axial- und Torsionsbelastung gegenüber herkömmlichen rigiden Platten [146]. Durch divergierende Schrauben im Kopfbereich und die Verriegelung der Schrauben im Plattenloch, wie bei unserem Implantat werden hinsichtlich der Festigkeit bessere Resultate als bei konventionellen Platten und intramedullären Systemen erreicht [27, 61, 143]. In zahlreichen klinischen Studien konnten gute Ergebnisse nach operativer Behandlung mit winkelstabilen Platten nachgewiesen werden [47, 48, 50, 61, 68, 81, 86, 93, 104, 129, 143]. Insgesamt scheinen sie minimalinvasiven und intramedullären Implantaten als auch konventionellen Platten bei der Versorgung osteoporotischer und höhergradiger Frakturen überlegen zu sein. In einer experimentellen Studie von Lill et al. [80] von 2003 wurde die Steifigkeit verschiedener Implantate und deren dynamisches Verhalten unter zyklischer Belastung untersucht. Er bestätigte dabei die Überlegenheit der proximalen Humerusplatte (LPHP) gegenüber intramedullären Nagelosteosynthesen, rigiden Platten und der gekreuzten Schraubenosteosynthese und folgerte daraus die besondere Eignung der winkelstabilen Implantate für die Versorgung osteoporotischer Frakturen.

Die Versorgung von Drei- und Vierpartfrakturen des Humeruskopfes stellt eine der größten Herausforderungen an den Unfallchirurgen dar und veranlasst immer wieder Diskussionen. Insbesondere beim alten Menschen wurde von vielen Autoren oftmals der primär endoprothetische Ersatz des Humeruskopfes favorisiert [53, 91, 98, 112, 126, 152]. Ruchholtz et al. [111] wie auch Lill et al. [79] sprechen von 75 – 80% Schmerzfreiheit nach prothetischem Ersatz.

Das Hauptproblem der Humeruskopfprothese zeigt sich jedoch in den überwiegend unbefriedigenden funktionellen Ergebnissen [11, 12, 92, 131, 153]. Die Abduktions- und Extensionsfähigkeit der Schulter ist stark eingeschränkt und kommt über einen Wert von 70° oft nicht hinaus [11, 40, 53, 112]. Weitaus bessere funktionellen Ergebnisse wurden in den letzten Jahren durch winkelstabilen Osteosynthesen nachgewiesen. In unserer Studie konnten 54% aller Patienten nach zwölf Monaten eine Abduktion von > 120° ausüben (83,3% > 90°). Ähnliche Werte finden sich bei Hente et al. [47] mit 32% > 120° (71% > 90°) und Ge rber et al. [33] mit einer durchschnittlichen Abduktionsfähigkeit von 152°. Zahlreiche Publikationen bestätigen gute und zufriedenstellende Ergebnisse winkelstabiler Implantate auch bei

höhergradigen Frakturen bei gleichzeitig reduzierten Komplikationsraten [8, 47, 68, 104]

Diese Ergebnisse haben dazu geführt, dass die Indikation zum primär prothetischen Ersatz heutzutage zurückhaltend gestellt wird [23, 137]. Als Therapiemethode erster Wahl gilt die Humeruskopfprothese dennoch weiterhin bei Frakturen mit ausgedehnten Spongiosaimpressionen und weitgehend hohlem Kalottenfragment, bei fortgeschrittener Osteoporose mit voraussichtlich unsicherem Implantathalt, bei Patienten im hohen Alter mit geringer Compliance hinsichtlich der physiotherapeutischen Nachbehandlung sowie bei fehlgeschlagener Osteosynthese bei kleinen Fragmenten und reduzierter Knochenqualität [77, 113]. Auch bei Kalottentrümmerfrakturen, sogenannten Head-Split-Frakturen, besteht die absolute Indikation zur primären Prothesenimplantation, da bei diesen auch nach operativer Versorgung eine schlechte Prognose besteht [15, 110].

Einige Unfallchirurgen entscheiden sich dennoch weiterhin für eine primärprothetische Versorgung [23, 117, 118] und argumentieren mit den allgemein guten subjektiven Ergebnissen bei vergleichbar geringen Komplikationsraten. So ist für viele Patienten im fortgeschrittenen Alter ein gewisser Verlust des Bewegungsumfangs nicht sonderlich einschränkend in den Aktivitäten ihres täglichen Lebens [12]. Zusammen mit der Schmerzfreiheit gilt der Erhalt der Selbständigkeit des Patienten als eine der wichtigsten Voraussetzungen für die subjektive Zufriedenheit [52, 77].

Weiterhin hängt es natürlich von der Erfahrung und des Könnens des Operateurs ab, welche Operationstechnik gewählt werden sollte, um ein optimales postoperatives Ergebnis zu erlangen [111].

Winkelstabile Platten haben die Therapie von Mehrfragmentfrakturen am proximalen Humerus optimiert, jedoch verbleiben implantatspezifische Probleme wie die Schraubenperforation in den Gelenkspalt, die durch sorgfältige intraoperative Bildwandlerkontrollen minimiert, aber nicht hundertprozentig verhindert werden kann. Auch sekundäre Perforationen lassen sich nicht immer vermeiden. Durch eine frühzeitige Entfernung der betroffenen Schraube sollte in diesem Fall einer nachhaltigen Schädigung des Glenoids entgegengewirkt werden.

Um der seltenen Komplikation der Schraubenlockerung vorzubeugen, empfiehlt sich bei unserer Platte die konsequente Verwendung des Zielblocks [59].

Die Nekroserate konnte durch das indirekte Repositionstechniken und minimale Operationszugänge zwar deutlich verringert werden, bleibt aber auch weiterhin eines der Hauptprobleme nach plattenosteosynthetischer Versorgung.

Die von uns vorgestellte LPHP ruft nur relativ geringe Weichteilirritationen hervor, da sie relativ schmal ist und nur einen kurzen Überstand aufweist. Die Gefahr eines Impingements ist somit gegenüber dicker auftragenden und rigiden Platten [4, 8, 49] deutlich vermindert. Die anatomische Vorformung der LPHP ermöglicht eine gute Adaptation ohne Kompression des Periosts. Durch zusätzliche Plattenöcher ist eine Reponierung und Fixierung der Tuberkula möglich, was auch bei Mehrfragmentfrakturen das Abfangen der Zugkräfte der Rotatoren ermöglicht und somit eine sekundäre Frakturdislokation verhindert [104, 144]. Durch Anwendung von Kopfverriegelungsschrauben und deren dreidimensionale Verspreizung im Humeruskopf besitzt sie eine hohe Ausreißkraft auch bei schlechter Knochenqualität.

Die winkelstabile Plattenosteosynthese ermöglicht eine effiziente operative Versorgung proximaler Humerusfrakturen. Auch bei Drei- und Vierfragmentfrakturen erweist sie sich als geeignetes Verfahren für eine sichere operative Versorgung. Im osteoporotischen Knochen ermöglicht sie durch verbesserte Ausreißkraft eine hohe Primär- und Sekundärstabilität und gestattet somit eine frühfunktionelle Übungsbehandlung der Schulter ohne Risiko einer Sekundärdislokation. So kann die proximale Humerusplatte (LPHP) auch bei Mehrfragmentfrakturen mit geminderter Knochenqualität empfohlen werden. Mit Komplikationen wie Schraubenperforation und einer wenn auch geringen Rate an Humeruskopfnekrosen ist auch weiterhin zu rechnen. Die Meinung anderer Autoren, die bei diesen Frakturtypen im hohen Alter grundsätzlich auf eine prothetische Versorgung verweisen, können wir aufgrund von ähnlichen subjektiven und verbesserten funktionellen Ergebnissen bei insgesamt geringer Komplikationsrate nicht teilen.

6. Zusammenfassung

Die osteosynthetische Versorgung proximaler Humerusfrakturen steht seit Jahrzehnten im Mittelpunkt kontroverser Diskussionen. Verminderte Knochenqualität und ein Patientengut im meist fortgeschrittenen Alter erschweren die Empfehlung für ein optimales Operationsverfahren. In der vorgelegten prospektiven Studie sollten Ergebnisse der operativen Versorgung proximaler Humerusfrakturen mit der proximalen Humerusplatte (LPHP) analysiert und mit publizierten Studien verglichen werden.

Im Zeitraum von August 2002 bis Mai 2004 wurden insgesamt 82 Patienten im Alter von durchschnittlich 62,3 Jahren (17–91 Jahre) mit Frakturen des proximalen Humerus operativ mit der proximalen Humerusplatte (LPHP) versorgt. In zehn Fällen war die Fraktur mit anderen Verletzungen assoziiert, in vier Fällen Bestandteil eines Polytraumas. Die Fraktуреinteilung erfolgte nach der Neer-Klassifikation: 26 Zwei-, 19 Drei- und 13 Vierfragmentfrakturen als auch nach der AO-Klassifikation: 20 Typ-A - (9 A2, 11 A3), 20 Typ-B - (12 B1, 6 B2, 2 B3) und 18 Typ-C - Frakturen (7 C1, 5 C2, 6 C3).

Von den Patienten konnten 58 Patienten (71%) drei, sechs sowie zwölf Monate postoperativ nachuntersucht werden. Es erfolgte jeweils eine klinische Untersuchung und radiologische Verlaufskontrollen. Weiterhin erfolgte die Erhebung des Constant Scores und zusätzlich bei der letzten Untersuchung des Neer Scores, DASH Scores sowie der Zufriedenheit per visueller Analogskala.

Nach drei Monaten fand sich ein durchschnittlicher Constant Score (Rohwert) von 39 (5 – 72), nach sechs Monaten 55 (22 – 93) nach zwölf Monaten 64 (26 – 93). In 44% der Fälle wurden nach zwölf Monaten sehr gute und gute Ergebnisse erreicht. Der mittlere Bewegungsumfang lag bei 124° Abduktion, 59° Innenrotation und 44° Außenrotation. 33,3% der Patienten waren nach zwölf Monaten schmerzfrei. Im Neer Score wurde ein durchschnittlicher Wert von 74 (30 – 100) ermittelt. Insgesamt konnte in 46% mit exzellent und zufriedenstellend bewertet werden. Der DASH Score lag im Mittel bei 16,06 (0 – 64). Insgesamt zeigte sich ein zufriedenes Patientenkollektiv (VAS-Skala = 7).

Bei Betrachtung der Altersgruppen fanden sich signifikant schlechtere Ergebnisse in allen Scores bei den über 80-jährigen. Die Gruppe der über 50-jährigen schnitt am

besten ab. Hinsichtlich des Frakturtyps lassen sich deutlich bessere Ergebnisse in allen Scores bei den Zweisegmentfrakturen (63,2% sehr gute und gute Resultate) finden. Dreisegmentfrakturen erreichten in nur 25%, Viersegmentfrakturen in 38,5% der Fälle sehr gute und gute Resultate im Constant Score.

Die Komplikationsrate unserer Studie lag bei 24,1% (14 Fälle). In zwei Fällen (3,4%) wurde radiologisch eine Humeruskopfnekrose nachgewiesen. Wir hatten neun Fälle (15,5%) von Implantatversagen in Form von Schraubenlockerung, Schrauben- und Implantatbruch und Implantatausriss nachzuweisen. In vier Fällen kam es zur sekundären Dislokation des Kopffragments, in fünf Fällen (8,6%) zu einer Schraubenperforation in den Gelenkspalt. Es entwickelte sich in einem Fall eine Pseudarthrose. Bei insgesamt neun der Patienten wurde ein Revisionseingriff vorgenommen, wovon bei zwei Patienten ein endoprothetischer Ersatz erfolgte.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die operative Versorgung von proximalen Humerusfrakturen mit einer winkelstabilen Platte eine zusätzliche gute Therapiemethode darstellt. Durch ihre Stabilität im auch osteoporotischen Knochen ermöglicht sie eine frühfunktionelle Übungsbehandlung, birgt jedoch die Gefahr der Schraubenperforation mit Sekundärdislokationen. Das Implantat zeigt sowohl bei Zweisegmentfrakturen als auch bei höhergradigen Frakturen gute und zufriedenstellende Ergebnisse.

Anhang 1 – Constant Score Fragebogen

Schmerz	kein	15 Punkte	Kraft	Maximum	25 Punkte
	gering	10			
	deutlich	5			
	gravierend	0			

Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL)

Beruf	0 – 4 Punkte	Arbeitshöhe	Überkopf	10 Punkte
Freizeit	0 – 4		Stirnhöhe	8
Schlaf	0 – 2		Nackenhöhe	6
			Brusthöhe	4
			Taillenhöhe	2

Bewegungsausmaß

Anteversion

0 – 30°	0 Punkte
31 – 60°	2
61 – 90°	4
91 – 120°	6
121 – 150°	8
151 – 180°	10

Abduktion

0 – 30°	0 Punkte
31 – 60°	2
61 – 90°	4
91 – 120°	6
121 – 150°	8
151 – 180°	10

Außenrotation

Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach vorne	2 Punkte
Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach hinten	2
Hand auf Scheitel, Ellenbogen nach vorne	2
Hand auf Scheitel, Ellenbogen nach hinten	2
Volle Elevation vom Scheitel ausgehend	2

Innenrotation

Handrücken auf Außenseite des Oberschenkels	0 Punkte
Handrücken auf Gesäß	2
Handrücken auf lumbosakralen Übergang	4
Handrücken auf L3	6
Handrücken auf Th12	8
Handrücken zwischen den Schulterblättern	10

Anhang 2 - Neer Score Fragebogen

Schmerz

Kein / ignoriert Schmerz	35 Punkte
geringer, gelegentlicher Schmerz	30
leichter, Schmerz; keine Auswirkung auf gewöhnliche Tätigkeiten	25
mäßiger, tolerierbarer Schmerz, nimmt Aspirin	15
deutlicher Schmerz, schwere Einschränkungen	5
gänzlich untauglich	0

Funktion

Kraft

Normal	10 Punkte
Gut	8
Mittelmäßig	6
Schwach	4
Schlecht	2
Null	0

Beweglichkeit

Oberseite des Kopfes	2 Punkte
Mund	2
Gürtelschnalle	2
Axilla kontralateral	2
BH - Verschluss	2

Stabilität

Heben	2
Werfen	2
Hämmern	2
Schieben, stoßen	2
Über Kopf halten	2

Anatomie

(Auftreten von Fehlstellungen, Rotation, Gelenkinkongruenz, Implantatfehler, fehlende Konsolidierung, Myositiden, avaskulärer Nekrose)

Kein	10 Punkte
Gering	8
Mäßig	4
Schwerwiegend	0 - 2

Bewegungsausmaß

Abduktion

180°	6 Punkte
170°	5
130°	4
100°	2
80°	1
< 80°	0

Anteversion

180°	6 Punkte
170°	5
140°	4
100°	2
80°	1
< 80°	0

Extension

45°	3 Punkte
30°	2
15°	1
< 15°	0

Außenrotation

60°	5 Punkte
30°	3
10°	1
< 10°	0

Innenrotation

90°(Th 6)	5 Punkte
70°(Th12)	4
50°(L5)	3
30°(gluteal)	1
< 30 °	0

Anhang 3 – DASH-Fragebogen

Teil A: Bitte beurteilen Sie Ihre Fähigkeiten, die folgenden Aktivitäten in der vergangenen Woche durchzuführen. Kreuzen Sie dabei die zutreffende Nummer an.

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein neues oder fest verschlossenes Konservenglas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schreiben	1	2	3	4	5
3. Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4. Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5. Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
6. Etwas in ein Regal über Kopfhöhe stellen	1	2	3	4	5
7. Schwere Hausarbeit (Boden putzen, Wände waschen)	1	2	3	4	5
8. Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9. Betten machen	1	2	3	4	5
10. Eine Einkaufstüte oder Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11. Schwere Gegenstände tragen (über 10 kg)	1	2	3	4	5
12. Eine Glühbirne über Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13. Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14. Den Rücken waschen	1	2	3	4	5
15. Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu benutzen	1	2	3	4	5
17. Freizeitaktivitäten durchführen, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen, Stricken usw.)	1	2	3	4	5
18. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm mit mehr oder weniger Anstrengung benutzen, wie z.B.: Tennis, Heimwerken, Golf	1	2	3	4	5
19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (Badminton, Frisbee, Squash)	1	2	3	4	5
20. Am Straßenverkehr teilnehmen oder öffentliche Verkehrsmittel benutzen, um von einem Platz zum anderen zu gelangen	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5
22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm-, oder Handprobleme Ihren sozialen Kontakt zu Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der letzten Woche beeinträchtigt?	Überhaupt nicht 1	Kaum 2	Mäßig 3	Deutlich 4	Extrem 5

23. Waren Sie in der letzten Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen täglichen Aktivitäten eingeschränkt?

Überhaupt nicht	Kaum	Mäßig	Deutlich	Extrem
1	2	3	4	5

Teil B: *Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein.*

	Keine	Wenig	Mäßig	Erheblich	Extrem
24. Schmerzen in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
25. Schmerzen in Schulter, Arm, Hand, nachdem Sie eine bestimmte Tätigkeit ausgeführt haben	1	2	3	4	5
26. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
27. Schwächegefühl in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
28. Steifheit in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
29. Hatten Sie in der letzten Woche Schlafstörungen wegen der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand?					

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	So viele Schwierigkeiten, dass ich nicht schlafen konnte
1	2	3	4	5

30. Durch meine Probleme in Schulter, Arm oder Hand fühle ich mich weniger fähig, mein Selbstvertrauen ist eingeschränkt, und ich kann mich weniger nützlich machen.

Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung. Weiß nicht	Stimme zu	Stimme sehr zu
1	2	3	4	5

Teil C: *Hatten Sie in der letzten Woche irgend welche Schwierigkeiten:*

	Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten, aber machbar	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
31. In üblicher Weise Ihr Musikinstrument zu spielen, Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
32. Wegen Schmerzen in in Schulter, Arm, Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
33. So gut wie Sie wollen Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
34. Ihre gewohnte Zeit mit Sporttreiben oder Instrument Spielen zu verbringen?	1	2	3	4	5

Abkürzungsverzeichnis

A.	= Arterie
Aa.	= Arterien
Abb.	= Abbildung
ADL	= Aktivitäten des täglichen Lebens
AO	= Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.p.	= anterior-posterior
bds.	= beidseits
BWK	= Brustwirbelkörper
bzw.	= beziehungsweise
CS	= Constant Score
DCP	= Dynamic Compression Plate
d.h.	= das heißt
Fx.	= Fraktur
ggf.	= gegebenenfalls
HWK	= Halswirbelkörper
LC-DCP	= Limited Contact Dynamic Compression Plate
LPHP	= Locking proximal humeral plate = proximale Humerusplatte
M.	= Musculus
Mo	= Monate
N.	= Nervus
PC – Fix	= Point Contact Fix
präop	= präoperativ
postop	= postoperativ
ROM	= range of motion = Bewegungsumfang
Rr.	= Rami
SHT	= Schädel-Hirn-Trauma
SSV	= Subject Shoulder Value
VAS	= visuelle Analogskala
Z.n.	= Zustand nach
z.T.	= zum Teil
zw.	= zwischen
2-Part	= Zweipartfraktur
3-Part	= Dreipartfraktur
4-Part	= Vierpartfraktur

7. Literaturverzeichnis

1. Allgöwer, M., Perren, S. und Matter, P., "A new plate for internal fixation--the dynamic compression plate (DCP)," *Injury*, 1970, 40-7.
2. Bächli, H., Tingart, M., Bouillon, B. und Tilling, T., "Die operative Therapie der proximalen Humerusfraktur. Ist die T-Platte noch ein zeitgemäßes Osteosyntheseverfahren?" *Zentralbl Chir*, 2001, 211-6.
3. Bartsch S., Hullmann S., Hillrichs B., Giers R., Echtermeyer V. : Die Osteosynthese der dislozierten Humeruskopffrakturen der winkelstabilen proximalen Oberarm-Platte *Akt. Traumatol* 31:64-71, 2001
4. Baumgaertel, F., Perren, S. M. und Rahn, B., "Tierexperimentelle Untersuchungen zur 'biologischen' Plattenosteosynthese von Mehrfragmentfrakturen des Femurs," *Unfallchirurg*, 1994, 19-27.
5. Baumgaertel, F., Buhl, M. und Rahn, B. A., "Fracture healing in biological plate osteosynthesis," *Injury*, 1998, C3-6.
6. Berchtold, R., Bruch, H.-P. und Trentz, O., *Chirurgie- mit 224 Tabellen, 120 Praxisfragen und Antworten ; [kommentierte Examensfragen]*, München [u.a.]: Urban und Fischer, 2000.
7. Bigliani, L.U., Flatow, E.L., Pollock, R.G., "Fractures of the proximal humerus," in C. M. F. Rookwood, Hg., *The Shoulder*, Saunders: Philadelphia, 1998, 337-389.
8. 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*, 2004, 741-5.
9. Blum, J., Hessmann, M.H., Rommens, P.M., "Behandlung proximaler metaphysärer Humerusfrakturen mit Verriegelungsmarknagelung und Spiralklinge - erste Erfahrungen mit einem neuen Implantat," *Aktuelle Traumatologie*, 2003, 7-13.
10. Böhm TD, Mueller T, Rehwald C, Gohlke F, Barthel T, Eulert J, "Age and Sex related Constant Murley Score," *J Shoulder and Elbow Surg.* 6(2), 1997, 194.
11. Bosch, U., Skutek, M., Fremerey, R. W. und Tscherne, H., "Outcome after primary and secondary hemiarthroplasty in elderly patients with fractures of the proximal humerus," *J Shoulder Elbow Surg*, 1998, 479-84.
12. Boss, A. und Hintermann, B., "Primäre Versorgung der Humeruskopfrümmmerfraktur beim älteren Patienten mit einer Kopfprothese," *Unfallchirurg*, 1997, 867-73.

13. Brooks, C. H., Revell, W. J. und Heatley, F. W., "Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. An anatomical cadaver study," *J Bone Joint Surg Br*, 1993, 132-6.
14. Brorson, Stig und Hrobjartsson, Asbjorn, "Training improves agreement among doctors using the Neer system for proximal humeral fractures in a systematic review," *J Clin Epidemiol*, 2008, 7-16.
15. Brunner, U., Schweiberer, L., "Humeruskopffraktur," in S. Habermeyer, Hg., *Schulterchirurgie*, Urban & Schwarzenberg: 1996, 239 - 259.
16. Codman EA: Rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa. *The Shoulder* , ed by T Thomas, Boston,1934
17. Conboy, V. B., Morris, R. W., Kiss, J. und Carr, A. J., "An evaluation of the Constant Murley shoulder assessment," *J Bone Joint Surg Br*, 1996, 229-32.
18. Constant, C. R. und Murley, A. H., "A clinical method of functional assessment of the shoulder," *Clin Orthop Relat Res*, 1987, 160-4.
19. Court-Brown, C. M., Garg, A. und McQueen, M. M., "The epidemiology of proximal humeral fractures," *Acta Orthop Scand*, 2001, 365-71.
20. Damanakis, K., Schaal, O., Mann, J. und Müller, K. H., "Ein modifiziertes Behandlungskonzept bei Humeruskopffrakturen des älteren Menschen," *Unfallchirurg*, 1996, 561-8.
21. Debrunner, Hans U. und Hepp, Wolfgang Rüdiger, "Orthopädisches Diagnostikum," Thieme: Stuttgart [u.a.],1994, XIV, 258.
22. Dietrich, M., Meier, C., Lattmann, T. et al., "Komplexe proximale Humerusfraktur beim alten Menschen. Winkelstabile Plattenosteosynthese vs. Hemiarthroplastik," *Chirurg*, 2008, 231-40.
23. Esser, R. D., "Open reduction and internal fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus," *Clin Orthop Relat Res*, 1994, 244-51.
24. Fankhauser, F., Boldin, Ch., Schippinger, G., Haunschmid, Ch. und Szyszkowitz,R., "A new locking plate for unstable fractures of the proximal humerus," *Clin Orthop Relat Res*, 2005, 176-81.
25. Frank Gohlke, Achim Hedtmann, *Orthopädie und orthopädische Chirurgie -Schulter-97 Tabellen*, Stuttgart [u.a.]: Thieme, 2002.
26. Frigg, R., "Locking Compression Plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the Dynamic Compression Plate and the Point Contact Fixator (PC-Fix)," *Injury*, 2001, 63-6.

27. Frigg, Robert, "Development of the Locking Compression Plate," *Injury*, 2003, B610.
28. Gautier, E. und Ganz, R., "Die biologische Plattenosteosynthese," *Zentralbl Chir*, 1994, 564-72.
29. Gautier, E. und Sommer, Ch, "Biologische Osteosynthese--was bedeutet das für den Hausarzt?" *Ther Umsch*, 2003, 729-35.
30. Gautier, Emanuel und Sommer, Christoph, "Guidelines for the clinical application of the LCP," *Injury*, 2003, B63-76.
31. Gerber, C., Schneeberger, A. G. und Vinh, T. S., "The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study," *J Bone Joint Surg Am*, 1990, 1486-94.
32. Gerber, C., Hersche, O. und Berberat, C., "The clinical relevance of posttraumatic avascular necrosis of the humeral head," *J Shoulder Elbow Surg*, 1998, 586-90.
33. Gerber, C., Werner, C. M. L. und Vienne, P., "Internal fixation of complex fractures of the proximal humerus," *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 848-55.
34. Germann, G., Wind, G. und Harth, A., "Der DASH-Fragebogen--Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität," *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 1999, 149-52.
35. Gohlke, F., Hedtman, A., *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie- Schulter*, Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2002.
36. Gorschewski, O., Labler, L., Krause, F., Schweizer, A., "Minimalosteosynthesen proximaler Humerusfrakturen mit intramedullären Titanwedeln," *Aktuelle Traumatologie*, 2002, 8/15.
37. Gummesson, Christina, Atroshi, Isam und Ekdahl, Charlotte, "The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and measuring self-rated health change after surgery," *BMC Musculoskelet Disord*, 2003,11
38. Haas, N., Hauke, C., Schütz, M., Kääb, M. und Perren, S. M., "Treatment of diaphyseal fractures of the forearm using the Point Contact Fixator (PC-Fix): results of 387 fractures of a prospective multicentric study (PC-Fix II)," *Injury*, 2001, B51-62.
39. Habermeyer, P., "Die Humeruskopffraktur," *Unfallchirurg*, 1997, 820-37.
40. Hackethal, K. H., "Bundle nailing. A method of marrow nailing of long tubular bones," *Langenbecks Arch Klin Chir Ver Dtsch Z Chir*, 1961, 1001-3.

41. Hartsock, L. A., Estes, W. J., Murray, C. A. Friedman, R. J., "Shoulder hemiarthroplasty for proximal humeral fractures," *Orthop Clin North Am*, 1998, 467-75.
42. Hawkins, R. J. und Kiefer, G. N., "Internal fixation techniques for proximal humeral fractures," *Clin Orthop Relat Res*, 1987, 77-85.
43. Heers, G. und Torchia, M. E., "Schulterhemiarthroplastik bei proximalen Humerusfrakturen," *Orthopade*, 2001, 386-94.
44. Heitemeyer, U., Claes, L. und Hierholzer, G., "Die Bedeutung der postoperativen Stabilität für die ossäre Reparatur einer Mehrfragmentfraktur. Tierexperimentelle Untersuchungen," *Unfallchirurg*, 1990, 49-55.
45. Heitemeyer, U., Claes, L., Hierholzer, G. und Korber, M., "Significance of postoperative stability for bony reparation of comminuted fractures. An experimental study," *Arch Orthop Trauma Surg*, 1990, 144-9.
46. Helmy, Naeder und Hintermann, Beat, "New trends in the treatment of proximal humerus fractures," *Clin Orthop Relat Res*, 2006, 100-8.
47. Hente, R., Kampshoff, J., Kinner, B., Fuchtmeier, B. und Nerlich, M., "Die Versorgung dislozierter 3- und 4-Fragmentfrakturen des proximalen Humerus mit einem winkelstabilen Plattenfixateur," *Unfallchirurg*, 2004, 769-82.
48. Hessler, C., Schmucker, U., Matthes, G. et al., "Ergebnisse nach Versorgung instabiler proximaler Humerusfrakturen mittels winkelstabiler Platte," *Unfallchirurg*, 2006, 867-70, 872-4.
49. Hessmann, M., Baumgaertel, F., Gehling, H., Klingelhoefter, I. und Gotzen, L., "Plate fixation of proximal humeral fractures with indirect reduction: surgical technique and results utilizing three shoulder scores," *Injury*, 1999, 453-62.
50. Hessmann, M. H. und Rommens, P. M., "Osteosynthesetechniken bei proximalen Humerusfrakturen," *Chirurg*, 2001, 1235-45.
51. Hessmann, Martin H. und Rommens, Pol M., *Das biomechanische Verhalten winkelstabiler Implantatsysteme am proximalen Humerus*, Bern [u.a.]: Huber, 2003.
52. Hintermann, B., Trouillier, H. H. und Schafer, D., "Rigid internal fixation of fractures of the proximal humerus in older patients," *J Bone Joint Surg Br*, 2000, 1107-12.
53. Hoellen, I. P., Bauer, G. und Holbein, O., "Der prothetische Humeruskopfersatz bei der dislozierten Humerusmehrfragmentfraktur des alten Menschen--Eine Alternative zur Minimalosteosynthese?" *Zentralbl Chir*, 1997, 994-1001.

54. Hoffmann, R., Khodadadyan, C., Raschke, M. et al., "Die retrograde Markdrahtung bei proximaler Humerusfraktur des alten Patienten. Ergebnisse eines minimal-invasiven Versorgungskonzeptes," *Zentralbl Chir*, 1998, 1232-8.
55. Horak, J. und Nilsson, B. E., "Epidemiology of fracture of the upper end of the humerus," *Clin Orthop Relat Res*, 1975, 250-3.
56. Hudak, P. L., Amadio, P. C. und Bombardier, C., "Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG)," *Am J Ind Med*, 1996, 602-8.
57. Jaberg, H., Warner, J. J. und Jakob, R. P., "Percutaneous stabilization of unstable fractures of the humerus," *J Bone Joint Surg Am*, 1992, 508-15.
58. Jester, A., Harth, A., Germann, G., "Disability of Arm, Shoulder and Hand"-Fragebogen" Trauma und Berufskrankheit, 2008, Suppl 3, S.381-383
59. Kääh, M. J., Frenk, A., Schmeling, A. et al., "Locked internal fixator: sensitivity of screw/plate stability to the correct insertion angle of the screw," *J Orthop Trauma*, 2004, 483-7.
60. Kannus, P., Palvanen, M., Niemi, S. et al., "Osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly Finnish persons: sharp increase in 1970-1998 and alarming projections for the new millennium," *Acta Orthop Scand*, 2000, 465-70.
61. Kettler, M., Biberthaler, P., Braunstein, V. et al., "Die winkelstabile Osteosynthese am proximalen Humerus mit der PHILOS-Platte. Darstellung von 225 dislozierten Frakturen," *Unfallchirurg*, 2006, 1032-40.
62. Khodadadyan-Klostermann, C., Raschke, M., Fontes, Roger et al., "Treatment of complex proximal humeral fractures with minimally invasive fixation of the humeral head combined with flexible intramedullary wire fixation - introduction of a new treatment concept," *Langenbecks Arch Surg*, 2002, 153-60.
63. Kirkley, A., Griffin, S. und Dainty, K., "Scoring systems for the functional assessment of the shoulder," *Arthroscopy*, 2003, 1109-20.
64. Kleining, R., Hax, P.M., "Die interne Überbrückungsosteosynthese ohne Reposition des Stückbruchbereiches als Alternative zur internen Fixation von Stückbrüchen nach anatomischer Reposition," *Unfallheilkunde*, 1981, 213-223.
65. Kocialkowski, A. und Wallace, W. A., "Closed percutaneous K-wire stabilization for displaced fractures of the surgical neck of the humerus," *Injury*, 1990, 209-12.
66. Kollig, E., Kutscha-Lissberg, F., Roetman, B., Dielenschneider, D. und Muhr, G., "Komplexe Brüche des Oberarmkopfes: Welche Langzeitresultate sind zu erwarten?" *Zentralbl Chir*, 2003, 111-8.

67. Köstler, W., Strohm, P. C. und Südkamp, N. P., "Neue Osteosyntheseverfahren am Humerus," *Chirurg*, 2002, 969-77.
68. Köstler, W., Strohm, P. C. und Südkamp, N. P., "Die proximale Humerusfraktur im hohen Lebensalter. Versorgung mit der winkelstabilen Plattenosteosynthese," *Chirurg*, 2003, 985-9.
69. Koval, K. J., Gallagher, M. A., Marsicano, J. G. et al., "Functional outcome after minimally displaced fractures of the proximal part of the humerus," *J Bone Joint Surg Am*, 1997, 203-7.
70. Kristiansen, B. und Christensen, S. W., "Plate fixation of proximal humeral fractures," *Acta Orthop Scand*, 1986, 320-3.
71. Kristiansen, B., Andersen, U. L., Olsen, C. A. und Varmarken, J. E., "The Neerclassification of fractures of the proximal humerus. An assessment of interobserver variation," *Skeletal Radiol*, 1988, 420-2.
72. Küchle, R., Hofmann, A., Hessmann, M. und Rommens, P. M., "Die Kleeblattplatte zur Versorgung der Humeruskopffraktur. Eine Standortbestimmung," *Unfallchirurg*, 2006, 1017-24.
73. Kuner, E. H. und Siebler, G., "Luxationsfrakturen des proximalen Humerus-Ergebnisse nach operativer Behandlung. Eine AO-Studie über 167 Fälle," *Unfallchirurgie*, 1987, 64-71.
74. Kuner, E. H., "Die Frakturen des proximalen Humerus. Einteilung und Behandlungsprinzipien," *Z Unfallchir Versicherungsmed*, 1992, 156-62.
75. Laing, P. G., "The arterial supply of the adult humerus," *J Bone Joint Surg Am*, 1956, 1105-16.
76. Lill, H., Lange, K., Prasse-Badde, J. et al., "Die T-Platten-Osteosynthese bei dislozierten proximalen Humerusfrakturen," *Unfallchirurgie*, 1997, 183-90; discussion 191-2.
77. Lill, H. und Josten, C., "Proximale und distale Humerusfrakturen im hohen Alter," *Orthopade*, 2000, 327-41.
78. Lill, H., Korner, J., Glasmacher, S. et al., "Die gekreuzte Schraubenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen," *Unfallchirurg*, 2001, 852-9.
79. Lill, H. und Josten, C., "Konservative oder operative Versorgung der Humeruskopffraktur beim alten Menschen?" *Chirurg*, 2001, 1224-34.
80. Lill, H., Hepp, P., Korner, J. et al., "Proximal humeral fractures: how stiff should an implant be? A comparative mechanical study with new implants in human specimens," *Arch Orthop Trauma Surg*, 2003, 74-81.

81. Lill, H., Hepp, P., Rose, T., König, K. und Josten, C., "Die winkelstabile Plattenosteosynthese (LPHP) proximaler Humerusfrakturen über den kleinen anterolateralen Delta-Splitting-Zugang - Technik und erste Ergebnisse," *Zentralbl Chir*, 2004, 43-8.
82. Lind, T., Kroner, K. und Jensen, J., "The epidemiology of fractures of the proximal humerus," *Arch Orthop Trauma Surg*, 1989, 285-7.
83. Lippert, H., *Lehrbuch Anatomie* Urban & Schwarzenberg, 1993.
84. Loitz, D. und Reilmann, H., "Frakturen des Humeruskopfes," *Chirurg*, 2001, 1514 27;quiz 1528-9.
85. Lungershausen, W. und Ullrich, P., "Biologische Osteosynthesen," *Zentralbl Chir*, 1997, 954-61.
86. Lungershausen, W., Bach, O. und Lorenz, C. O., "Humeruskopffrakturen-winkelstabile Plattenosteosynthese," *Zentralbl Chir*, 2003, 28-33.
87. Lutz, K.-C., *Einstelltechniken in der Traumatologie*, Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 1992.
88. Maatz, R. und Haasch, K., "Wesen und Technik der Nagelung pertrochänterer Oberschenkelfrakturen mit geradem Küntscher-Nagel," *Chirurg*, 1959, 177-82.
89. Matter, P. und Burch, H. B., "Clinical experience with titanium implants, especially with the limited contact dynamic compression plate system," *Arch Orthop Trauma Surg*, 1990, 311-3.
90. Matter, P., Schütz, M., Buhler, M., Ungersbock, A. und Perren, S., "Klinische Ergebnisse mit der Limited Contact DCP-Platte aus Titan--eine prospektive Studie mit 504 Fällen," *Z Unfallchir Versicherungsmed*, 1994, 6-13.
91. Misra, A., Kapur, R. und Maffulli, N., "Complex proximal humeral fractures in adults--a systematic review of management," *Injury*, 2001, 363-72.
92. Movin, T., Sjoden, G. O. und Ahrengart, L., "Poor function after shoulder replacement in fracture patients. A retrospective evaluation of 29 patients followed for 2-12 years," *Acta Orthop Scand*, 1998, 392-6.
93. Mückter, H., Herzog, L., Becker, M. et al., "Die winkel- und rotationsstabile Osteosynthese proximaler Humerusfrakturen mit der Humerus-Fixateurplatte. Erste klinische Erfahrungen mit einem neu entwickelten Spezialimplantat," *Chirurg*, 2001, 1327-35.
94. Müller, F., Voithenleitner, R., Schuster, C., Angele, P. und Weigel, B., "Operative Versorgung proximaler Humerusfrakturen mit Titanwendel," *Unfallchirurg*, 2006, 1041-7; discussion 1048-9.

95. Müller, ME., Nazarian, S., Koch, P., Schatzker, J., *The comprehensive classification of fractures of long bones*, New York: Springer Verlag, 1990.
96. Müller, ME, Allgöwer, M., Schneider, R., Willberger, H., *Manual der Osteosynthese*, Heidelberg, New York: Springer, 1992.
97. Neer, C. S. 2nd, "Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation," *J Bone Joint Surg Am*, 1970, 1077-89.
98. Neer, C. S. 2nd, "Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement," *J Bone Joint Surg Am*, 1970, 1090-103.
99. Neer, Charles S. 2nd, "Four-segment classification of proximal humeral fractures: purpose and reliable use," *J Shoulder Elbow Surg*, 2002, 389-400.
100. Perren, S. M., "The concept of biological plating using the limited contact-dynamic compression plate (LC-DCP). Scientific background, design and application," *Injury*, 1991, 1-41
101. Perren, S. M., "Biomechanische Reaktion des Knochens auf intra- und extramedulläre Krafttrager: Die Bedeutung des Implantatkontakts," *Orthopäde*, 1995, 402-8.
102. Perren, Stephan M., "Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology," *J Bone Joint Surg Br*, 2002, 1093-110.
103. Perren, S. M., Perren, Th und Schneider, E., "Biologie und osteosynthese—ein Widerspruch? Prof. B.G. Weber posthum gewidmet," *Ther Umsch*, 2003, 713-21.
104. Plecko, Michael und Kraus, Aurel, "Internal fixation of proximal humerus fractures using the locking proximal humerus plate," *Oper Orthop Traumatol*, 2005, 25-50.
105. Putz, R., "Topographie und funktionelle Anatomie des Schultergürtels und des Schultergelenks," in S. Habermeyer, Hg., *Schulterchirurgie*, Urban & Schwarzenberg: 1996, 1 - 19.
106. Rasmussen, S., Hvass, I., Dalsgaard, J., Christensen, B. S. und Holstad, E., "Displaced proximal humeral fractures: results of conservative treatment," *Injury*, 1992, 41-3.
107. Resch, H., Beck, E. und Bayley, I., "Reconstruction of the valgus-impacted humeral head fracture," *J Shoulder Elbow Surg*, 1995, 73-80.
108. Resch, H., Povacz, P., Frohlich, R. und Wambacher, M., "Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus," *J Bone Joint Surg Br*, 1997, 295-300.

109. Resch, H., Hubner, C. und Schwaiger, R., "Minimally invasive reduction and osteosynthesis of articular fractures of the humeral head," *Injury*, 2001, SA25-32.
110. Resch, H., "Die Humeruskopffraktur," *Unfallchirurg*, 2003, 602-17.
111. Ruchholtz, S. und Nast-Kolb, D., "Die Oberarmkopffraktur," *Unfallchirurg*, 2003, 498-512; quiz 512-3.
112. Rush, J., "Closed nailing of the humerus--from down under," *Aust N Z J Surg*, 1987, 723-5.
113. Rüter, A., "Indikation und Technik der Schulterendoprothese bei der Frakturversorgung," *Chirurg*, 2001, 1246-52.
114. Sallay, P. I., Pedowitz, R. A., Mallon, W. J. et al., *Reliability and reproducibility of radiographic interpretation of proximal humeral fracture pathoanatomy* 1997.
115. Schai, P., Imhoff, A. und Preiss, S., "Comminuted humeral head fractures: a multicenter analysis," *J Shoulder Elbow Surg*, 1995, 319-30.
116. Schiebler, Theodor H. und Arnold, Gottfried, *Anatomie- Zytologie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen ; mit 119 Tabellen*, Berlin [u.a.]: Springer, 1999.
117. Schittko, A. und Ruter, A., "Die proximale Humerusfraktur im hohen Lebensalter. Der primäre Humeruskopfersatz-doch eine Alternative?" *Chirurg*, 2003, 990-3.
118. Schmal, H., Klemt, C. und Südkamp, N. P., "Stellenwert der Schulterprothese bei der Behandlung der 4-Fragment-Fraktur des Oberarmkopfes," *Unfallchirurg*, 2004, 575-82.
119. Schütz, M. und Südkamp, N.P., "Revolution in plate osteosynthesis: new internal fixator systems," *J Orthop Sci*, 2003, 252-8.
120. Schütz, M. und Matter, P., "Osteosynthesen mit der Limited Contact DCP-Platte aus Titan," *Z Unfallchir Versicherungsmed*, 1993, 167-73.
121. Sidor, M. L., Zuckerman, J. D., Lyon, T. et al., "The Neer classification system for proximal humeral fractures. An assessment of interobserver reliability and intraobserver reproducibility," *J Bone Joint Surg Am*, 1993, 1745-50.
122. Siebenrock, K. A. und Gerber, C., "The reproducibility of classification of fractures of the proximal end of the humerus," *J Bone Joint Surg Am*, 1993, 1751-5.
123. Skutek, M., Zeichen, J., Fremerey, R. W. und Bosch, U., "Outcomeanalyse nach offener Rekonstruktion von Rotatorenmanschettenrupturen. Eine vergleichende Beurteilung neuer Bewertungsverfahren," *Unfallchirurg*, 2001, 480-7.

124. Sobotta, J., *Atlas der Anatomie des Menschen- Band 1 Kopf, Hals, obere Extremität*, München, Jena: Urban & Fischer, 2000.
125. Sommer, Ch., Gautier, E., Müller, M., Helfet, D.L., Wagner, M., "First clinical results of the Locking Compression Plate (LCP)," *Injury*, 2003, B43-54.
126. Speck, M., Lang, F. J. und Regazzoni, P., "Proximale Humerusmehrfragmentfrakturen--Misserfolge nach T-Platten-Osteosynthesen," *Swiss Surg*, 1996, 51-6.
127. Speck, M. und Regazzoni, P., "4-Fragment-Frakturen des proximalen Humerus. Alternative Strategien der chirurgischen Behandlung," *Unfallchirurg*, 1997, 349-53.
128. Stedtfeld, H-W, Attmanspacher, W., Thaler, K. und Frosch, B., "Fixation von Humeruskopffrakturen mit anterograder Marknagelung," *Zentralbl Chir*, 2003, 6-11.
129. Stürmer, K. M., "Die elastische Plattenosteosynthese, ihre Biomechanik, Indikation und Technik im Vergleich zur rigiden Osteosynthese," *Unfallchirurg*, 1996, 816-29.
130. Sturzenegger, M., Fornaro, E. und Jakob, R. P., "Results of surgical treatment of multifragmented fractures of the humeral head," *Arch Orthop Trauma Surg*, 1982, 249-59.
131. Szyszkowitz, R., Seggl, W., Schleifer, P. und Cundy, P. J., "Proximal humeral fractures. Management techniques and expected results," *Clin Orthop Relat Res*, 1993, 13-25.
132. Szyszkowitz, R. und Schippinger, G., "Die Frakturen des proximalen Humerus," *Unfallchirurg*, 1999, 422-8.
133. Tepic, S., Predieri, M. und Plavlanic, M und et al, "Internal fixation with minimal plate-to-one contact," 1992, 54.
134. Tepic, S. und Perren, S. M. (1995): "The biomechanics of the PC-Fix internal fixator", *Injury* (Band 26 Suppl 2), Seite 5-10.
135. T. Rüedi.; Murphy W.,, *AO-Prinzipien des Frakturmanagements- inkl. AO-Lehrvideos auf CD-ROM*, Stuttgart [u.a.]: Thieme, 2003.
136. Tingart, M., Bächli, H., Lefering, R., Bouillon, B. und Tiling, T., "Constant-Score und Neer-Score. Ein Vergleich von Scoreergebnis und subjektiver Patientenzufriedenheit," *Unfallchirurg*, 2001, 1048-54.
137. Tingart, M., Bächli, H., Bouillon, B. und Tiling, T., "Die dislozierte proximale Humerusfraktur: Gibt es gesicherte Therapiekonzepte?" *Chirurg*, 2001, 1284-91.
138. Trapp, O.M., Beickert, R., Bühren, V., "Proximaler Humerusnagel bei körpernahen Oberarmbrüchen," *Trauma und Berufskrankheit*, 2005, 89-96.

139. Trapp, O.M., Bühren, V. "Winkelstabile Marknagelosteosynthese bei proximalen Humerusfrakturen" *Trauma und Berufskrankheit*, 2008, Suppl. 1 32-38
140. Trentz, O., Ertel, W., "Verletzungen des Bewegungsapparates – proximaler Humerus," *Berchthold Chirurgie*, Urban & Fischer: 2001,.
141. Trupka, A., Wiedemann, E., Ruchholtz, S. et al., "Dislozierte Mehrfragmentfrakturen des Humeruskopfes. Bedeutet die Luxation des Kopffragments eine Prognoseverschlechterung?" *Unfallchirurg*, 1997, 105-10.
142. Tscherne, Harald, Gotzen, Leonhard und Berger, Alfred, *Fraktur und Weichteilschaden*, Berlin [u.a.]: Springer, 1983.
143. Voigt, C., Lill, H., "Winkelstabile Plattenosteosynthesen proximaler Humerusfrakturen," *Trauma und Berufskrankheit*, 2005, S10-S14.
144. Voigt, C., Lill, H., "Versorgung proximaler Humerusfrakturen – Fortschritte in der Plattenosteosynthese" *Trauma und Berufskrankheit*, 2007, S43-47
145. Wachtl, S. W., Marti, C. B., Hoogewoud, H. M., Jakob, R. P. und Gautier, E., "Treatment of proximal humerus fracture using multiple intramedullary flexible nails," *Arch Orthop Trauma Surg*, 2000, 171-5.
146. Walsh, St., Reindl, R., Harvey, E. et al., "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)*, 2006, 1027-31.
147. Weber, E. und Matter, P., "Operative Behandlung proximaler Humerusfrakturen-Internationale Multizenterstudie," *Swiss Surg*, 1998, 95-100.
148. Werner, A., Böhm, D., Ilg, A. und Gohlke, F., "Die intramedullare Drahtosteosynthese nach Kapandji bei der proximalen Humerusfraktur," *Unfallchirurg*, 2002, 332-7.
149. Wülker, N., Kohn, D., Grimm, C., "Bewertung der Schulterfunktion nach unterschiedlichen Scores," *Orthop. Praxis*, 1991, 750-754.
150. Yian, E.H., Ramappa, A.J., Arneberg, O., Gerber, C. "The Constant score in normal shoulders," *J Shoulder Elbow Surg*, 2005, 128-33.
151. Zifko, B., Poigenfurst, J. und Pezzei, C., "Die Markdrahtung unstabiler proximaler Humerusfrakturen," *Orthopade*, 1992, 115-20.
152. Zyto, K., Ahrengart, L., Sperber, A. und Tornkvist, H., "Treatment of displaced proximal humeral fractures in elderly patients," *J Bone Joint Surg Br*, 1997, 412-7.
153. Zyto, K., "Non-operative treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients," *Injury*, 1998, 349-52.

8. Danksagung

Mein Dank geht zunächst an Herrn Univ.-Prof. Dr. N. P. Haas, Direktor des Centrums für Musculoskeletale Chirurgie der Charité, mit dieser Arbeit an seiner Klinik promovieren zu dürfen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv. Doz. Dr. Dr. M. J. Kääh für die Bereitstellung des Dissertationsthemas, die Betreuung der Arbeit sowie die weitreichende und anhaltende Unterstützung während der Durchführung der klinischen Studien. Weiterhin danke ich Herrn Priv. Doz. Dr. Dr. M. J. Kääh für die zahlreichen Ratschläge und Verbesserungsvorschläge sowie für die mir entgegengebrachte Geduld in der Phase der Fertigstellung der Arbeit.

Des Weiteren danke ich den Mitarbeitern des AO-Forschungs- und Entwicklungszentrums für die gute Zusammenarbeit, im besonderen Herrn Dr. Mathias Müller, der mir in der gesamten Zeit eine große Hilfe war.

Ich danke im weiteren Herrn Prof. Dr. med. M. Schütz, PD Dr. med. A. Gerber, PD Dr. med. K. Schaser, Dr. med. I. Melcher, PD Dr. med. G. Schmidtmaier, PD Dr. med. H. Bail, Dr. med. M. Scheible und Dr. med. S. Greiner für die Hilfsbereitschaft und kompetente Unterstützung im Laufe der klinischen Studien. Natürlich geht mein Dank an das gesamte Team der Unfallchirurgischen Poliklinik für die freundliche und kollegiale Zusammenarbeit.

Ebenso geht mein Dank an Dr. Souska Zandi, Modesta Bednarek, Cindy Stoklossa, Rüdiger Krupp und Antje Spranger, die mir im Laufe der Studienarbeit eine große Hilfe waren und mit deren Unterstützung mir die Lösung des einen oder anderen Problems doch sehr erleichtert wurde.

Meinen Kommilitonen und Freunden danke ich für das gemeinsame Durchleben aller Phasen des Doktorandendaseins, für die gegenseitige Hilfe und Motivation.

Mein herzlicher Dank geht an dieser Stelle an meine Familie, im Besonderen an meine Eltern, die mir den Weg bis zu diesem heutigen Tag geebnet haben, mir stets zur Seite standen, mich seelisch und moralisch sowie finanziell unterstützt haben und ohne die die Fertigstellung dieser Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen wäre.

9. Curriculum vitae

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version nicht veröffentlicht.

10. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Susanne Eschenbach, dass die vorliegende Dissertationsarbeit von mir selbst ohne die unzulässige Hilfe Dritter verfasst wurde und auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten darstellt. Die benutzten Hilfsmittel sowie die Literatur sind vollständig angegeben.

Berlin, den 30.08.2008