

Aus der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
der Klinikum Dortmund gGmbH
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Münster
(Direktor: Prof. Dr. med. H.-U. Langendorff)

**Stellenwert der winkelstabilen plattenosteosynthetischen Versorgung
dislozierter proximaler Humerusfrakturen**

- Eine retrospektive Studie über 281 von 524 Fällen -

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf

vorgelegt von
Hubert Isermann
aus Paderborn

Hamburg 2008

Angenommen von der Medizinischen Fakultät

der Universität Hamburg am: 15.10.2008

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen

Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss: der Vorsitzende: Prof. Dr. H.-U. Langendorff

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter: Prof. Dr. J. V. Wening

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter: Prof. Dr. N. M. Meenen

Geheimnisvoll am lichten Tag
lässt sich Natur des Schleiers nicht berauben,
und was sie Deinem Geist nicht offenbaren mag,
das zwingst Du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben.

Johann Wolfgang von Goethe
(1749-1832)

In Dankbarkeit gewidmet:

Meiner Frau Gaby
und meinen Kindern
Ivonne, Michel und Dennis

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Gegenwartsproblematik proximaler Humerusfrakturen	1
1.2 Prinzipien operativer Frakturversorgung	4
1.2.1 Historie und Aspekte der osteosynthetischen Frakturversorgung	5
1.3 Anatomie des Schultergelenkes	10
1.3.1 Historie und entwicklungsgeschichtliche Aspekte der Anatomie	10
1.3.2 Anatomie des Schultergürtels und Schultergelenkes	12
1.3.3 Schultergelenksführung und Biomechanik	16
1.3.4 Neuromuskuläre Kontrolle.....	17
1.3.5 Gefäßversorgung und Nerven	19
1.3.5.1 Arterielle Versorgung	19
1.3.5.2 Nervale Versorgung	22
1.3.6 Besonderheiten der Muskulatur des Humeruskopfes	25
1.3.7 Knochenmorphologie.....	27
1.3.8 Anatomie des proximalen Humerus.....	29
1.4 Frakturdiagnostik	31
1.5 Frakturklassifizierung	33
1.5.1 Neer-Klassifikation	34
1.5.2 AO-Klassifikation	38
1.6 Schulterfunktionsbewertung	40
1.6.1 Constant-Murley-Score.....	41
1.6.2 Neer-Score	44
1.6.3 Einschätzung der subjektiven Patientenzufriedenheit	47
1.6.3.1 VAS 1-6 (visuelle Analogskala)	48
1.6.3.2 Visuelle Constant-Schmerzskala (VAS CS 0-15).....	48
1.7 Ziele dieser Arbeit (Arbeitshypothese).....	49
2 Material und Methoden.....	51
2.1 Analyse Patientengut allgemein.....	51
2.2 Studiendesign und statistische Auswertung.....	52
2.2.1 Statistische Verfahren	54
2.3 Winkelstabile Implantate	57
2.3.1 Winkelstabile Großfragmentplatte „Königsee“	58
2.3.2 Winkelstabile Kleinfragmentplatte „Stryker“	59
2.4 Operationsmethode und Technik	60
2.4.1 Deskriptive statistische Daten.....	60
2.4.2 Operationstechnik	61
2.5 Nachbehandlung	65
3 Ergebnisse.....	67
3.1 Nachuntersuchung epidemiologisch	67
3.2 Unfallanalyse	70
3.3 Klassifikation der Frakturen nach AO	72
3.4 Klassifikation der Frakturen nach Neer	73
3.5 Score-Ergebnisse gesamt	74

3.5.1	Neer-Score absolut / korrigiert zur gesunden Seite	74
3.5.2	Constant-Score absolut / alters- und geschlechtsadaptiert.....	76
3.6	Scoreergebnisse speziell	79
3.6.1	Scores Fragment- und A-B-C- sowie altersabhängig (Neer vs. AO)....	79
3.6.2	Scoreergebnisse Großfragment- vs. Kleinfragment-Implantat	82
3.6.3	subjektive Patientenzufriedenheit	84
3.6.3.1	visuelle Analogskala (VAS 1-6)	84
3.6.3.2	Patientenzufriedenheit Schmerzscore Constant-VAS (0-15).....	86
3.7	Einfluß poststationärer Krankengymnastik und Rehabilitation.....	87
4	Komplikationen und Radiologische Auswertung	90
4.1	Komplikationsraten allgemein	90
4.1.1	Frühkomplikationen	91
4.1.2	Spät- und implantatbedingte Komplikationen	92
4.1.3	Radiologische Auswertung und Spätkomplikationen	92
5	Diskussion der Ergebnisse.....	95
5.1	Vergleich der frühfunktionellen Übungsstabilität zwischen alternativen und winkelstabilen Operationsverfahren	95
5.1.1	Vergleich verfahrensspezifischer Komplikationen (sekundärer Korrekturverlust).....	98
5.1.2	Vergleich Humeruskopfnekrose	100
5.1.3	Vergleich Cutting-out (Sinterung u. sekundäre Dislokation)	101
5.1.4	Vergleich funktionelles Outcome und subjektives Benefit	105
5.1.5	Vergleich mit Prothesenimplantation	110
5.1.6	Kritische Anmerkungen und Fehlerquellen	114
6	Fazit.....	116
6.1	Schlussfolgerung und Ausschau	118
7	Zusammenfassung.....	122
8	Literaturverzeichnis	124
9	Curriculum vitae	139
10	Veröffentlichungen / Vorträge.....	141
11	Danksagung	142
12	Eidesstattliche Versicherung.....	144

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
a.-p.	anterior-posterior
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
AC-	Acromioclavicular-
AK	Allgemeines Krankenhaus
ANOVA	Analysis of Variance
ant.	anterior
AO	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
Art.	Arteria
ASIF	Association for the Study of Internal Fixation
BG	Berufsgenossenschaft
BGSW	Berufsgenossenschaftliche stationäre Weiterbehandlung
BMP	Bone morphogenetic protein
BWK	Brustwirbelkörper
bzw.	beziehungsweise
C2	cervical Segment 2
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CRPF	Closed reduction and percutaneous fixation
CS	Constant Score
CT	Computertomogramm
DAS	digitale Substraktionsangiographie
DCP	Dynamic compression plate
DCU	Dynamic Compression Unit
d.h.	das heißt
DGOOC	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie
EAP	erweiterte ambulante Physiotherapie
EbM	evidenzbasierte Medizin
EPOCA C.O.S. ®	Schulterhemiprothesen-Typ, anatomische Form
et al.	und andere
F	Frontalebene

gGmbH	gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HEP	Hemiendoprothese
HS	Head split
iMedOne	digitalisiertes Krankenhaus-Informationssystem TietoEnator, eine elektronische Patientenakte
ISBN	Internationale Standardbuchnummer
K-	Kirschner-
KCI	Kinetic Concepts Incorporated
KD	Kirschnerdraht
KG	Krankengymnastik
KHK	coronare Herzerkrankung
L2	lumbal Segment 2
LC-DCP	Limited Contact-Dynamic Compression Plate
LCP	Locking Compression Plate
li.	links
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
LISS	Less Invasive Stabilisation System
LP	Locking Plate
LPHP	Locking Proximal Humerus Plate
LWK	Lendenwirbelkörper
M.	Musculus
maj.	majus
MDE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
ME	Metallentfernung
MHK	Mittelhandknochen
min.	minor
mm.	musculi
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomogramm
N.	Nervus
n	Anzahl, Fälle
NCB-PH	Non contact bridging-proximal Humerus (plate)
Nn.	Nervi

NS	Neer Score
OP	Operation
ORIF	Open Reduction Internal Fixation
PACS	Picture Archiving and Communication System
PC-Fix	Point Contact Fixator
PDS	Polydioxanone-Faden (Ethicon)
PHN	Proximal humeral nailing system
prox.	proximal
R	Rotation
R	A Language and Environment for Statistical Computing
	R Foundation for Statistical Computing
RCT	Randomisierte kontrollierte Studie
re.	rechts
Reha	Rehabilitation
RM	Rotatorenmanschette
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
S	Sagittalebene
SD	Standardabweichung
sec.	Sekunden
SHA	Schulterhemiarthroplastik
SHT	Schädelhirntrauma
SPSS	Superior Performing Software System
	Statistical Package for the Social Sciences
T	Transversalebene
Th1	thoracal Segment 1
UHN	Unreamed humerus nail
V.a.	Verdacht auf
VAS	Visuelle Analog-Skala
vs.	versus
vv.	Venae
WSPOS	winkelstabile Plattenosteosynthese
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Gegenwartsproblematik proximaler Humerusfrakturen

Die proximale Humerusfraktur ist mit einer Inzidenz (100 / 100.000) von circa 4-5% neben der distalen Radiusfraktur und Frakturen des coxalen Femur eine der häufigsten Frakturen insbesondere des älteren Menschen mit häufig schlechter osteoporotischer Knochenqualität.

Die Inzidenz steigt bei Frauen über 70 Jahre auf 400 / 100.000 in der gesamten Bevölkerung an [45]. Aufgrund der mit zunehmendem Alter steigenden Häufigkeit einer Osteoporose nimmt nicht nur die Frakturhäufigkeit, sondern auch die Frakturkomplexität zu, was eine geeignete Behandlung der Frakturen zur Wiedererlangung der vollständigen Schulterfunktion erschwert. Diese ist aber gerade beim älteren Menschen von entscheidender Wichtigkeit, um die Bewältigung des Alltags und den Erhalt der Selbständigkeit zu gewährleisten [111, 121].

Statistisch können etwa 75-80% der proximalen Humerusfrakturen konservativ behandelt werden, da sie nur geringe oder keine Dislokationen aufweisen und weitestgehend als stabile Frakturen bezeichnet werden können [43, 50, 72, 81, 103, 125].

Die operativen Versorgungsmöglichkeiten erstrecken sich unter Berücksichtigung der einschlägigen Literatur und in Kenntnis des traumatologischen Wandels der letzten Dekaden von minimal-invasiven Verfahren, wie percutaner Kirschnerdrahtspickung und Schraubenosteosynthesen, nebst Zuggurtungsverfahren über gedeckten intramedullären retro- und antegraden Nagelungen (siehe Abb. 1 und 2) zum Teil mit proximaler winkelstabiler Verriegelungsmöglichkeit, offenen Rekonstruktionsverfahren mit herkömmlichen Plattensystemen bis hin zum aufwendigen endoprothetischen Ersatz des Schultergelenkes. Das therapeutisch vielfältige Spektrum ist ein Indiz für die kontrovers geführte Diskussion optimaler Behandlungsregime im Sinne eines fragment- bzw. frakturabhängigen einheitlichen Konzeptes [64, 70, 71, 89, 99, 114, 115, 126, 127, 130, 136].

Viele dieser Verfahren besitzen eine begrenzte Indikation, lassen nicht immer eine anatomische Rekonstruktion zu, können mit einer erhöhten Zugangsmorbidität verbunden sein oder erweisen sich nur in der Hand einzelner Experten als erfolgreich. Die richtige

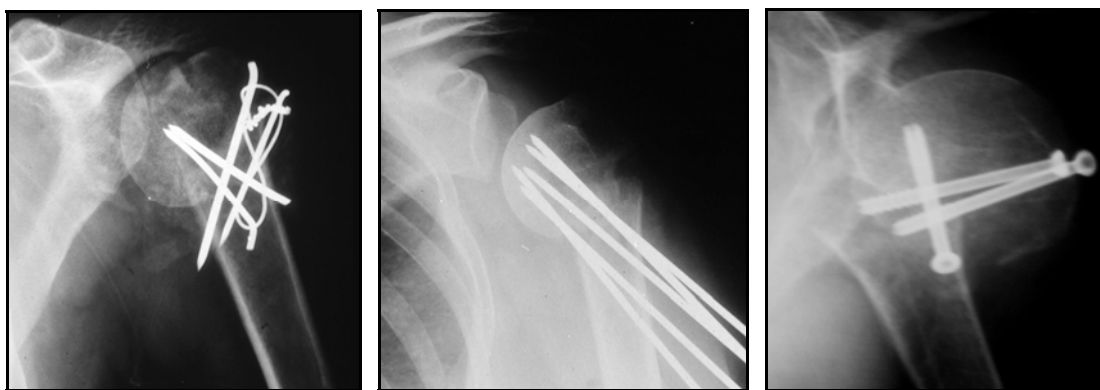
Wahl der Operationsmethode und die Wahl des Implantates stellen somit unverändert im Rahmen der Versorgung operationsbedürftiger proximaler (instabiler) Oberarmmehrfragmentfrakturen eine große Herausforderung an jeden traumatologisch tätigen Chirurgen. Allen kopferhaltenden Operationen gemeinsam ist, dass beim osteoporotischen Knochen eine sichere und verlässliche Stabilisierung nicht immer gewährleistet werden kann und Lockerungen der Implantate keine Seltenheit sind. Ein dem jeweiligen Frakturtyp, der Durchblutungssituation und der Biomechanik des Schultergelenkes nicht adäquat Rechnung tragendes Verfahren kann zu schweren irreparablen Funktionseinbußen des Schultergelenkes bis hin zur Schultersteife führen, wobei eine dann notwendiger- oder möglicherweise gestellte Indikation zur sekundären Schulterendoprothetik nach einem stattgehabten Fehlschlag nachweislich zu signifikant schlechteren funktionellen Ergebnissen führt als die primäre Prothesenimplantation [18]. Neben der Osteoporose begünstigt auch der Gefäßschaden das Auftreten und das Ausmaß von Humeruskopfnekrosen [66, 115].

Kritisch sind vor allem Frakturen im Bereich des Collum anatomicum mit Dislokationen im Bereich der unteren Medialseite des Kopfes. Da weder die vorliegende Osteoporose bzw. die Beschaffenheit der Knochendichte noch der initiale frakturbedingte Gefäßschaden beeinflusst werden können, müssen sich operative Verfahren auf eine anatomische Reposition und eine sichere Stabilisierung der Fraktur beschränken, um damit die Voraussetzung einer uneingeschränkten Übungsstabilität zu schaffen. Diese Anforderungen müssen somit an die Wahl eines geeigneten Implantates gestellt werden. Auch nach Einführung der viel versprechenden winkelstabilen Implantate findet man in der Literatur unter dem Aspekt biologischer Osteosynthesen für die Versorgung der proximalen dislozierten Humerusmehrfragmentfraktur nach wie vor kein einheitliches Therapiekonzept, abgesehen vom aufgezeigten konservativen, bedingt frühfunktionellem Regime bei den nicht dislozierten und stabil impaktierten Frakturen [122].

Da durch die Verankerung der Schrauben in der Platte selbst ein in sich stabiles (winkelstabiles) Implantat im Sinne eines inneren Fixateurs vorliegt, kommt der Schraubenverankerung im Humeruskopf zur Wahrung der Stabilität zwar nur noch eine untergeordnete Bedeutung zu, trotzdem müssen die Kopffragmente ausreichend fest gefasst werden, wenn aufgrund der Winkelstabilität auch im osteoporotischen Knochen die geforderte postoperative Übungsstabilität erzielt und garantiert werden soll. Aber gerade auch in Anbetracht dieses rigiden Implantatkonstruktes resultieren bei sekundärem

Korrekturverlust und Fragmentsinterung nicht selten mögliche Schraubenperforationen durch das Kopffragment ins Gelenk hinein, die Revisionseingriffe und schmerzhafte Funktionseinbußen nach sich ziehen können. Ebenso scheint das Problem des Auftretens posttraumatischer Humeruskopfnekrosen durch den Einsatz winkelstabiler Implantate zwar minimiert, jedoch noch keineswegs gelöst.

Dies trifft insbesondere für die Mehrfragment- und Trümmerfrakturen mit und ohne Impaktierung, ebenso wie für die Luxationsfrakturen des proximalen Humerus und der Humeruskopffrakturen selbst zu.

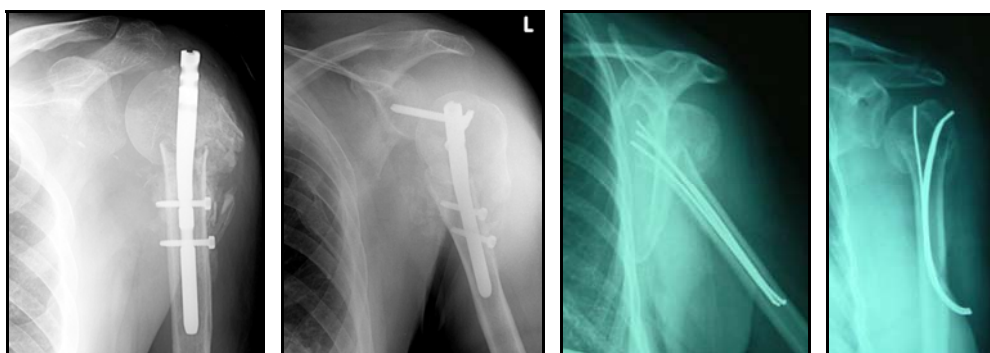


A

B

C

Abb. 1 A-C: Beispiele (eigenes Patientenarchiv) ungenügender Fixation und Retention mittels kombinierter Zuggurtungs- und KD-Osteosynthese (**A**), reiner KD- (**B**) und Schraubenosteosynthese (**C**).



A

B

C

D

Abb. 2 A-D: Beispiel (auswärtig zugewiesener Patient) ungenügender Fixation und Retention mittels intramedullärer antegrader proximaler Humerus-Verriegelungsnagel-Osteosynthese mit sekundärer Kopffragmentdislokation (**A**) nach Entfernung der Kopfverriegelungsschrauben bei cut-out einer Schraube ins Gelenk (**B**). Die Röntgen-

Aufnahmen in **C** und **D** zeigen einen sekundär dislozierten (abgekippten) Humeruskopf nach auswärts mittels intramedullärer KD-Fixation versorgter subcapitaler Oberarmfraktur einer 70-jährigen Patientin.

Ungelöste Probleme und Komplikationen der herkömmlichen Osteosyntheseverfahren waren und sind in erster Linie die ungenügende Fraktur- und Fragmentfixation bzw. Retention, die sekundäre Dislokation der Implantate unter Einbeziehung von Schrauben und Kirschnerdrähten mit und ohne Gewinde, ein frühzeitiges Cut-out und das Implantatversagen sowie nicht zuletzt eine zu hohe Oberarmkopfnekroserate und insbesondere auch eine vielen Verfahren anhaftende ungenügende primäre Übungs- und Bewegungsstabilität der jeweiligen Osteosynthese. Die frühzeitige Gelenkmobilisierung verbunden mit frühfunktioneller Physio-, Ergo- und Balneotherapie bilden aber gemeinsam das so wichtige Glied zwischen Frakturversorgung und tatsächlichem Therapieerfolg.

1.2 Prinzipien operativer Frakturversorgung

Für die osteosynthetische Versorgung von Frakturen kann und muss uneingeschränkt im Sinne der Gründungsmitglieder der AO auch heute noch, im Zeitalter des demographischen Wandels hin zur Alterstraumatologie, eine anatomisch weitestgehend korrekte Reposition und Retention der Fragmente insbesondere bei intraartikulären Frakturen gefordert werden. An die Operationstechnik sind im Sinne einer *conditio sine qua non* die Prämisse der Erhaltung der Blutversorgung des Knochens und der Weichteile und insbesondere eine atraumatische Präparation zu knüpfen. Erst die stabile innere Fixation und Retention mit, wo immer möglich und geboten, interfragmentärer Kompression der Fragmente, um den lokalen biomechanischen Ansprüchen gerecht zu werden, hat eine ungestörte primäre Frakturkonsolidierung zur Folge. Gerade die mit einer übungs- und bewegungsstabilen ggf. auch belastungsstabilen Osteosynthese verbundene frühfunktionelle aktive wie passive Mobilisation von Gelenken und Extremitäten trägt ganz wesentlich mit zum Erhalt der so wichtigen Funktionalität unseres muskuloskelettalen Systems bei [84, 83, 15, 16].

1.2.1 Historie und Aspekte der osteosynthetischen Frakturversorgung

Bereits 1886 entwickelte und veröffentlichte Carl Hansmann aus dem AK Hamburg St. Georg eine neue Methode der Fragmentfixierung bei komplizierten Frakturen in Form einer Platte mit Stiftschrauben. Bei genauer Betrachtung (siehe Abb. 3A) der Form und Gestaltung der Stiftschrauben auf der Originalzeichnung fällt eine breite scheibenförmige Verankerung der Stiftschraube (vernickelte Stahlschrauben) selbst mit der Plattenoberfläche (Stahlblech) auf. Die Idee der „Winkelstabilität“ war damit geboren. Auffällig ist auch, dass Hansmann bei seiner extramedullären Plattenosteosynthese (noch) monokortikale Schrauben verwandte [132, 133, 135].

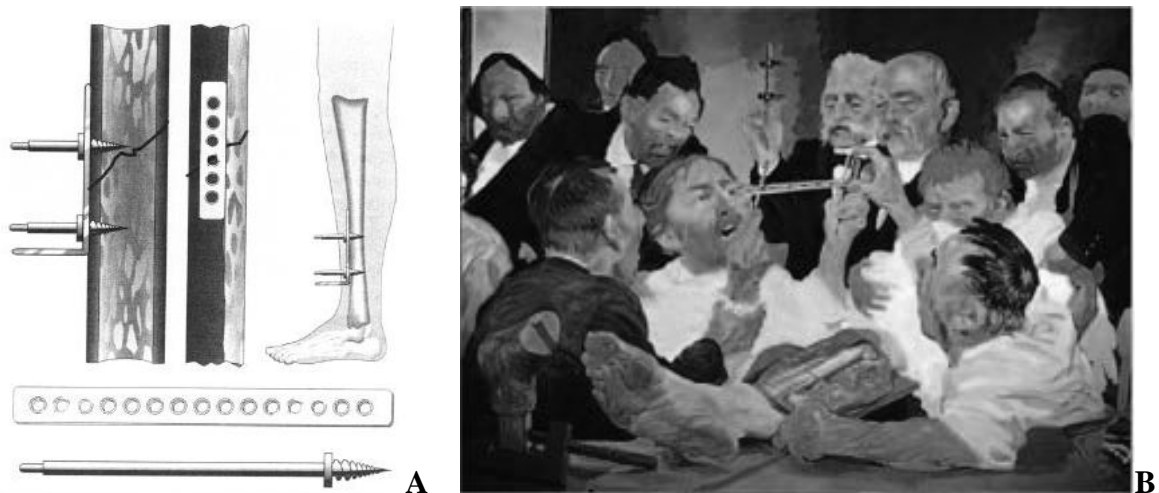


Abb. 3 A, B: Die Abbildungen (A) stellen die flächenhafte Gestaltung zwischen Schraubenkopf und Platte mit Instrumentation einer Unterschenkelfraktur dar und zeigen (B) den Pionier Carl Hansmann auf einem Gemäldeausschnitt von Johannes Grützke (Das Wandbild, Merlin Verlag, ISBN 3-87536-208-X). Das Gemälde (Original in Farbe) hängt im Hörsaal des Berufsgenossenschaftlichen Krankenhauses in Hamburg [132].

Doch erst 45 Jahre später ließ Paul Reinhold in Paris Hansmanns vollendete Idee patentieren.

Reinholds Patent (siehe Abb. 4) für eine winkelstabile unidirektionale Platten-Schrauben-Verbindung nach dem Prinzip „Gewinde im Gewinde“ lies auch damals schon die heute geforderte und gerade erst umgesetzte Multidirektionalität erahnen, die ein ziel- und passgenauerer Verankern und Fixieren von bzw. der (Kopf-) Fragmente erlaubt.

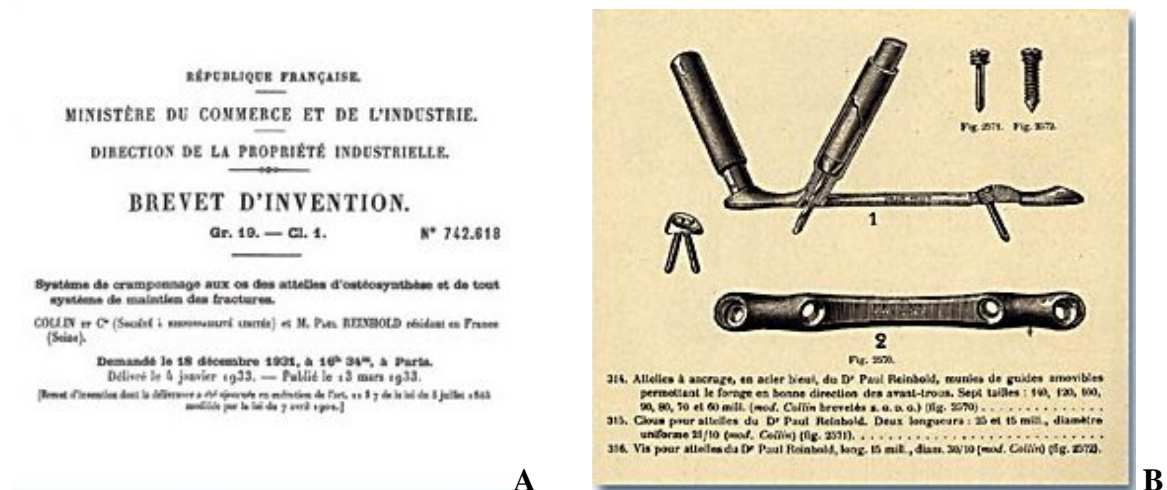


Abb. 4 A, B Ausschnitt (A) aus der Patentschrift von 1931 und (B) Darstellung des winkelstabilen Implantates von Paul Reinhold, Fotokopien vom Original [134, 20].

Aufbauend auf den Erkenntnissen von Danis, die er 1947 in seiner Arbeit „Theorie und Praxis der Internen Fixation“ in Verbindung mit den Vorteilen einer Kompressionsplattenosteosynthese veröffentlichte [27], wurde 1963 durch die AO die erste dynamische Platte eingeführt (AO-Kompressionsplatte). Perren et al. und Allgöwer et al. entwickelten daraus die so genannte Dynamic Compression Plate (DCP). Klinische Studien brachten neben der damit verbundenen, ohne eine sichtbare peri- und endostale Kallusbildung einhergehende nachweisliche Frakturheilung aber auch plattenkompressionsbedingte Komplikationen zu Tage. So konnte die druckbedingte Störung der periostalen Durchblutung ebenso nachgewiesen werden wie die temporär erzeugte Osteopenie bzw. osteoporoseähnliche Knochenabbauphänomene bedingt durch die gewollte Kompression. Der Verlust an Knochenmasse wurde lange Zeit als so genannte „stress protection“ der mittels Kompression verplatteten Fraktur gewertet. Aus der gestörten Durchblutung unter der Platte und den damit verbundenen Osteonekrosen resultierte nämlich gleichzeitig nicht selten auch eine gestörte Immunabwehr, ein erhöhtes Infektrisiko, bis hin zu einer möglichen Störung der Bruchheilung (Pseudarthrosebildung) [84, 91, 92].

Um die biomechanisch ausgelöste iatrogene Durchblutungsstörung durch eine zu große Plattenaufgabe bzw. auf das Knochenperiost liegende zu große Plattenfläche zu minimieren und um werkstoffabhängige Gewebetoxizitäten auszuschalten, führte man konsequenterweise danach die Limited Contact - Dynamic Compression Plate (LC-DCP) aus Titan ein. Diese bis heute unverzichtbaren Osteosyntheseplatten weisen den aufgezeigten Erkenntnissen Rechnung tragend nicht mehr einen rechteckigen sondern

einen trapezoiden Querschnitt auf, der eine zusätzliche Reduktion bzw. Minimierung der Plattenauflagefläche zur Folge hat. In mannigfachen Studien konnten die Vorteile dieses neuen Konzeptes bestätigt werden. Gleichwohl bezeichnet man auch die LC-DCP noch als konventionelles Plattensystem, da aufgrund der Kompression die Stabilität am sogenannten Platten-Knochen-Berührungspunkt durch die Reibungskraft erzeugt wird. Diese Reibungskraft resultiert aus der Kraftübertragung durch den hohen Plattenanpressdruck, der wiederum von der Größe der axialen Schraubenkräfte der bicortical eingebrachten Schrauben abhängig ist. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die Fortentwicklung dieser Plattensysteme nebst einer (biologischen) Plattenosteosynthese am Beispiel einer Radius-Schaft-Fraktur.

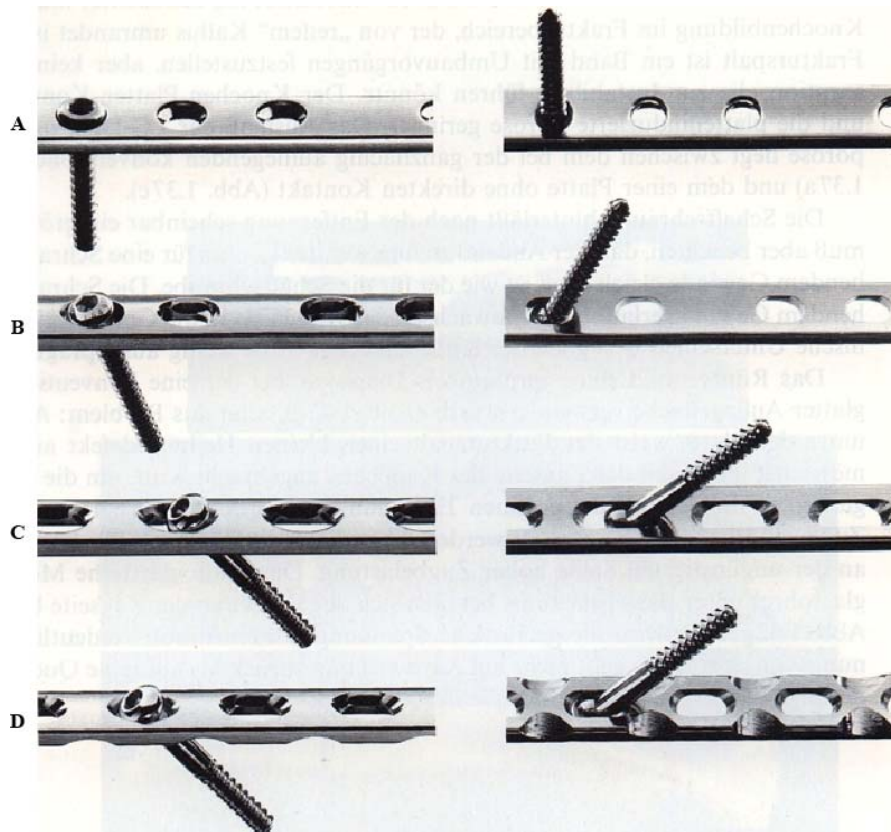


Abb. 5 A-D: Entwicklung der AO- Osteosyntheseplatten (A-D) mit ihren Veränderungen und (biologischen) Innovationen, links ist jeweils die Aufsicht und rechts die dem Periost zugewandte Unterfläche der Platten dargestellt. In **A** ist die klassische so genannte Rundlochplatte [83], in **B** die (DCP) dynamische Kompressionsplatte [84], in **C** die so genannte (DCU) dynamische Kompressionseinheit [58] und in **D** die (LC-DCP) dynamische Kompressionsplatte mit limitiertem Kontakt dargestellt.

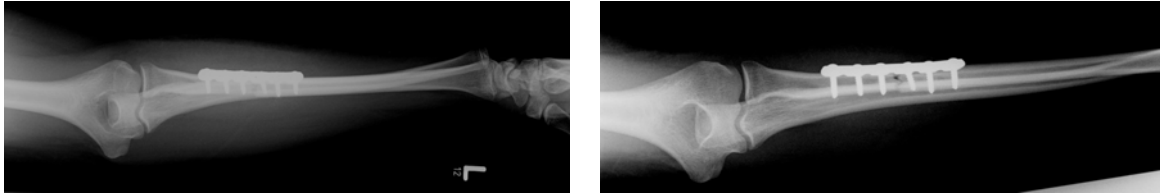


Abb. 6 Beispiel einer mittels LC-DCP plattenosteosynthetisch versorgten isolierten proximalen Radiuschaftfraktur in achsensgerechter Stellung mit noch soeben erkennbarem Bruchspalt aufgrund einer kleinen Defektzone, Plattenlöcher besetzt mit Corticalisschrauben mit nicht selbstschneidendem Gewinde.

Anders verhält es sich bei dem Prinzip eines Fixateurs. Hier werden für die Stabilisierung der Fraktur im Gegensatz zu herkömmlichen Platten keine Kompressionskräfte mehr benötigt. Die Stabilität eines Fixateur-Systems resultiert aus der winkelstabilen Verbindung und der Axialstabilität zwischen den in den Knochen bzw. Frakturfragmenten eingebrachten Pins oder (Schanz'schen) Schrauben und den extern wie intern angebrachten Verbindungsgestängen, Plattenverbindungen und/oder verschiedenartigen Modulen zur Kallusdistraktion oder Fraktur- bzw. Fragmentkompression. Gleichzeitig minimiert die Form der Applikation auch entscheidend die Zugangsmorbidität der Weichteile (operatives Trauma) und der äußere wie innere Spanner erfüllen durch die daraus resultierende Schonung und Aufrechterhaltung der periostalen Knochendurchblutung weitestgehend die Kriterien einer so genannten biologischen Osteosynthese. Die Nachteile der Kompressionskräfte vor Augen entwickelte die AO mit dem Point Contact Fixateur (PC-Fix) ein eben solches System und Konzept, wobei es nunmehr aufgrund der Winkelstabilität möglich war, monokortikale selbstschneidende und selbst bohrende Schrauben einzusetzen. Mittlerweile weist die konische Kopf-Verriegelungsschraube ebenfalls ein mit dem Gewinde des Plattenlochs korrespondierendes Gewinde auf, um gerade durch diese Form der Verankerung eine hohe Winkelstabilität zu gewährleisten. Mit dem Less Invasive Stabilisation System (LISS) und auch mit der Locking Compression Plate (LCP) setzten sich weitere Implantate mit gleichen Konstruktionsprinzipien durch. Insbesondere die LCP scheint jedoch durch ein ganz speziell konstruiertes Plattenloch, das dem Operator beide Optionen bietet, die Vorteile sowohl der Kompressions-Platte als auch die des Fixateur-Prinzips zu vereinigen [91, 35, 36], wie in Abbildung 7 bildlich und skizziert aufgezeigt.

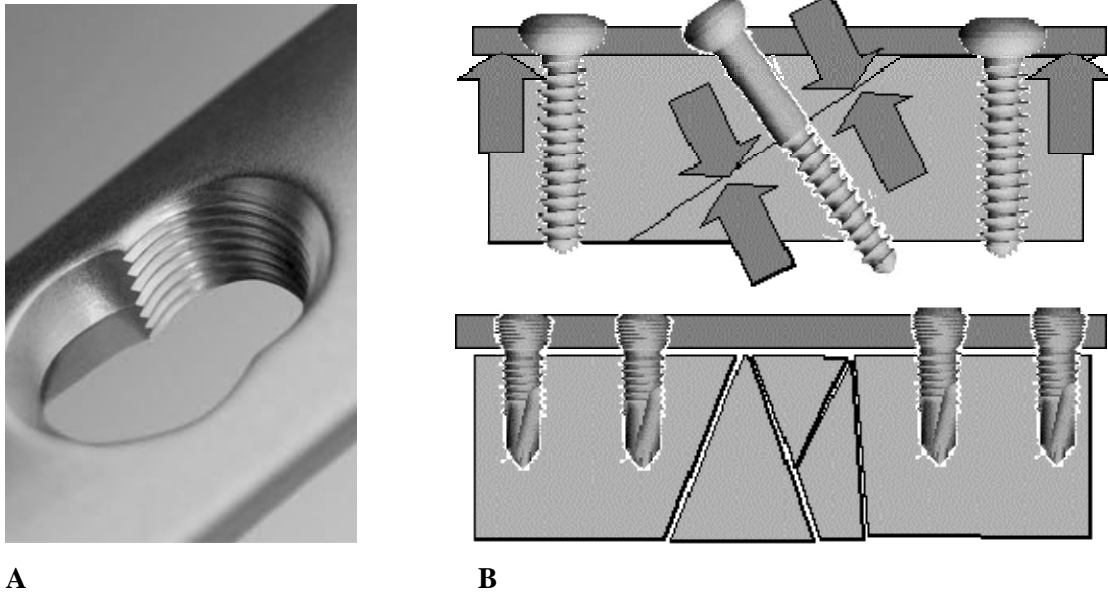


Abb. 7 A, B Aufnahme (A) der Plattenlochbeschaffenheit einer LCP mit den beiden Möglichkeiten sowohl zur Erzielung von Kompression als auch von Winkelstabilität. (B): Im Vergleich oben re. nochmals schematisch skizziert das Prinzip der herkömmlichen (DCP) Kompressionsplatten-Osteosynthese (bicortikale Schrauben) mit zusätzlicher interfragmentärer Zugschraube in der Mitte (Schraubengewinde fasst hinter dem Bruchspalt nur die Gegencortikalis). Unten re das gebräuchliche Prinzip der Winkelstabilität mit monocortikalen Schrauben, die im Plattenlochgewinde fest (winkelstabil) verankert sind. Deutlich zu erkennen die Kompression des Periostes (B re. oben) und die Schonung der periostalen Gefäße (B re. unten), modifiziert [35, 36, 53].

Trotz der aufgezeigten Prinzipien operativer Frakturversorgung mit all seinen technischen Innovationen bleibt die Behandlung der proximalen Humerusmehrfragmentfraktur insbesondere des älteren Menschen bis heute mit Problemen und Komplikationen behaftet. Dies umso mehr, als für die Versorgung der dislozierten 3- und 4-Fragmentfrakturen unter Einbeziehung der Luxationsfrakturen und der head splits immer noch kein einheitliches Therapiekonzept existiert und derzeit in der Literatur der minimal-invasiven Vorgehensweise eher wieder der Vorzug gegeben wird [43].

Gleichwohl unterstreichen einige Autoren die besondere Bedeutung der exakten anatomischen Wiederherstellung unabhängig von der Art des Implantates bzw. der verwandten Osteosynthesemittel und verzeichnen auch ohne Winkelstabilität unter der zusätzlichen Prämisse einer weichteilschonenden und die Durchblutung respektierenden Operationstaktik gute Ergebnisse mit etwa auf gleicher Höhe liegenden Komplikationen wie zum Beispiel die gefürchtete Oberarmkopfnekrose oder das Versagen des gewählten Implantates [33, 66].

1.3 Anatomie des Schultergelenkes

1.3.1 Historie und entwicklungsgeschichtliche Aspekte der Anatomie

Die Gelenke des Menschen sind das Ergebnis einer über viele Millionen Jahre dauernden phylogenetischen Entwicklung, der Umgang mit ihnen erfordert daher Respekt und Sorgfalt.

Durch die Evolution hat sich mit der Entwicklung des aufrechten Ganges die Funktion der vorderen (unserer oberen) Extremität gewandelt. Die Hand (manus) wurde zu einem genialen Halte-, Tast- und Greifwerkzeug umgebaut, morphologisch und anatomisch mit Sinnen und präzisen Funktionen ausgestattet, die ihr nahezu unbegrenzte Möglichkeiten eröffnen. Mit Beginn des Zeitalters der Primaten taucht sie in dieser grundlegenden Form auf dem Weg bis hin zum modernen Menschen (*Homo sapiens*) erstmalig auf. Die obere Extremität dient vor allem auch der Positionierung der Hand im Raum mit beinahe uneingeschränkten Freiheitsgraden (Abb. 8-10), die insbesondere aus dem von Muskeln, Bändern und Sehnen geführten Kugelgelenk der Schulter und seiner anatomisch-morphologischen Einbettung im Schultergürtel resultieren.

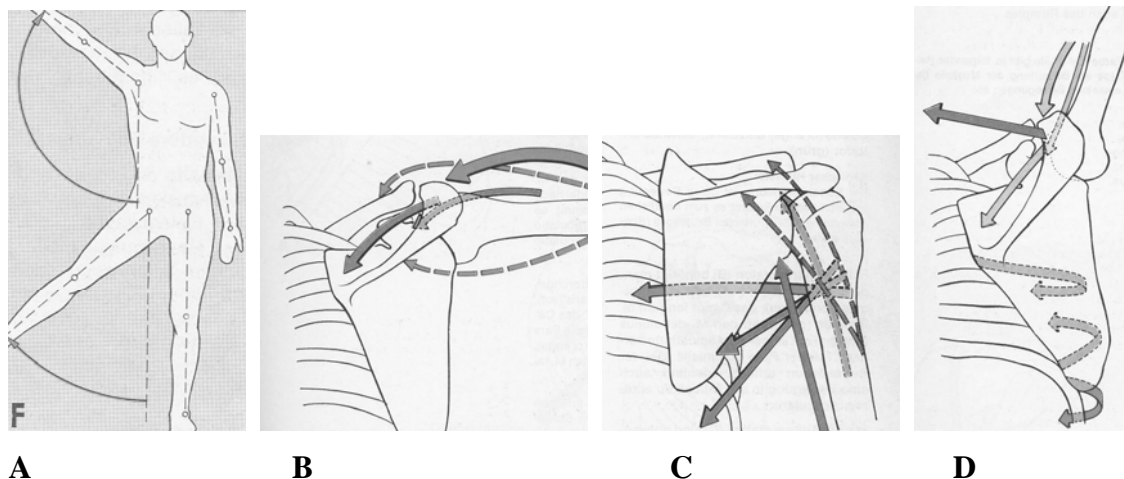


Abb. 8 A: Frontalebene mit **B:** Abduktion, **C:** Adduktion, **D:** Elevation [93]

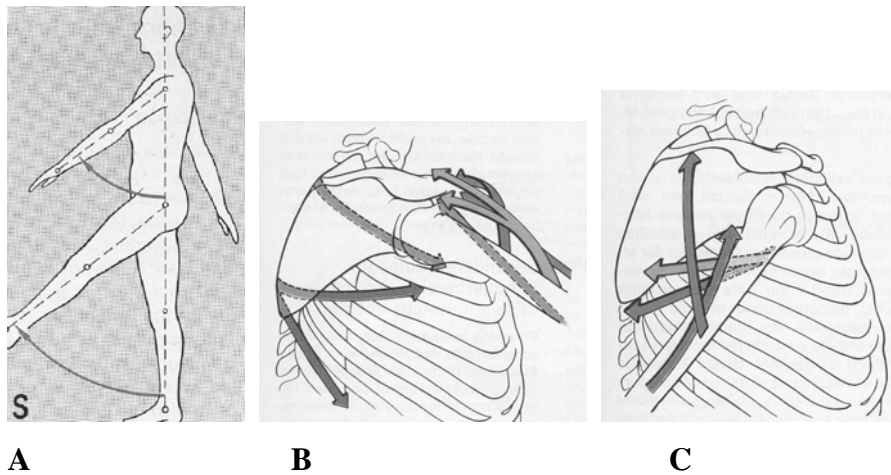


Abb. 9 A: Sagittalebene mit **B:** Anteversion und **C:** Retroversion [93]

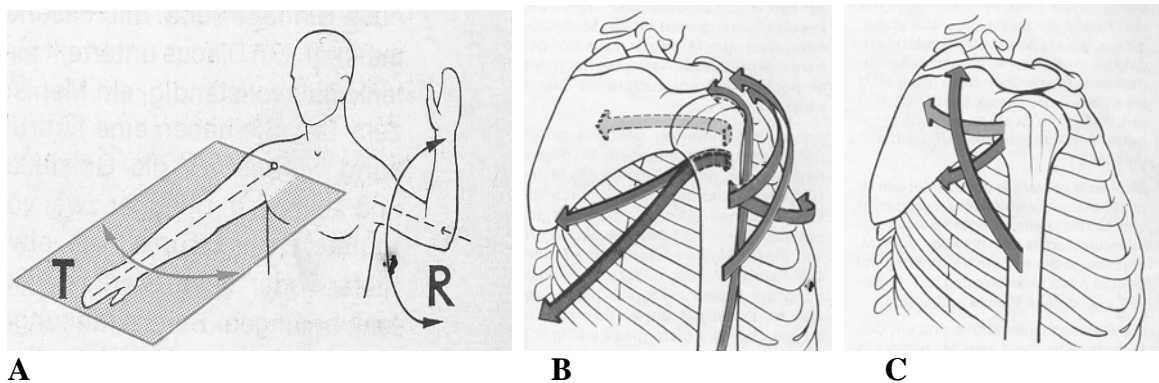


Abb. 10 A: Transversalebene mit **R:** Innenrotation und **C:** Außenrotation [93]

In den Abbildungen 8 - 10 sind die drei Hauptbewegungsebenen (Achsen) dargestellt: Die Frontal- (F), die Sagittal- (S) und die Transversal- (T) Ebene sowie die Innen- und Außenrotationsbewegungen des Armes (R) bei 90° abduziertem Arm im Schultergelenk und 90° flektiertem Ellbogengelenk in der Frontalebene, in der sich die Abduktion, die Elevation und die Adduktion des Armes im Schultergelenk vollziehen. In der Sagittalen laufen die Ante- und Retroversion, während in allen Ebenen die Innen- und Außenrotation des Armes im Schultergelenk aufgrund des muskuloskelettalen Zusammenspiels aller beteiligten anatomisch-morphologischen Strukturen des gesamten Schultergürtels ausgeführt werden können. Die Pfeile symbolisieren die muskuläre Vielfalt mit Ansatz und Ursprung der einzelnen noch näher zu beschreibenden Muskeln des Schultergürtels als funktionelle Einheiten mit ihren hauptsächlichen Zug- und Richtungsvektoren der an den jeweiligen Bewegungsrichtungen des Armes beteiligten Muskeln.

Mit dem Einzug der Sektionspraxis gelang es aber erst im 16. Jahrhundert dem wohl bedeutendsten Anatomen dieser Zeit, Andreas Vesalius, mit seinem darauf beruhendem Werk „De Humani Corporis Fabrica“ den Menschen der Neuzeit die tatsächlichen anatomischen Gegebenheiten des menschlichen Körpers eindrucksvoll näher zu bringen. Die uns zum Teil noch heute begeisternden Illustrationen von Skelett- und Muskeldarstellungen vor dem Hintergrund von Landschaften verleihen dem abgebildeten muskuloskelettalen System (siehe Abb. 11) eben jene faszinierende Funktionalität, Dynamik und Bewegung im Raum, die es gilt, dem Schultergelenk u.a. bei dislozierten proximalen Humerusmehrfragmentfrakturen durch eine adäquate Frakturversorgung zu bewahren [96, 55, 30].



Abb. 11 A-C “Muskelmensch” in voller Dynamik (A) vor stürmischer (lebendiger) Landschaft. Skelettdarstellung (C) vor karger (vergänglicher) Natur von (B) Andreas Vesalius (1514-1564). [Aus: De Humani Corporis Fabrica, Libri septem (1543)]

1.3.2 Anatomie des Schultergürtels und Schultergelenkes

Der menschliche Schultergürtel (Cingulum membri superioris) besteht anatomisch-funktionell aus fünf zusammenwirkenden Einzelgelenken: Drei anatomische

Hauptgelenke, das Glenohumergelenk, das Acromioclaviculargelenk und das Sternoclaviculargelenk (siehe Abb. 12) sowie zwei Nebengelenken in Form eines wichtigen muskulären Verschiebegelenkes zwischen dem dorso-lateralen Thorax und der Scapula und der nicht minder wichtigen subacromialen Verschiebeschicht der Rotatorenmanschette mit der Bursa subacromialis, die unter dem eigentlichen Schulterdach liegt (siehe Abb. 13). Das Glenohumergelenk, das eigentliche Schultergelenk (Oberarm und Glenoidanteil des Schulterblattes) im engeren Sinne, ist als Kugelgelenk charakterisiert durch ein Größen-Miss-Verhältnis von Oberarmkopf und der cavitas glenoidalis, der Schultergelenkspfanne, sowie durch eine weite, dehnfähige, fibröse Gelenkkapsel für den benötigten Bewegungsspielraum [93].

Auch der Recessus axillaris ist eine weitere notwendige anatomische Variante zur Erweiterung und Ermöglichung des nahezu uneingeschränkten Bewegungsausmaßes des artikulierenden Oberarmkopfes im Schultergelenk und ein weiterer Beweis für die innige Verflechtung des gesamten Schultergürtels in funktioneller Hinsicht.

Das Missverhältnis der unterschiedlich großen Gelenkflächen zwischen Pfanne und artikulierendem Kopf von etwa 4 zu 1 führt dazu, dass ständig nur etwa ein Drittel der articulatio humeri capitis bedeckt ist.

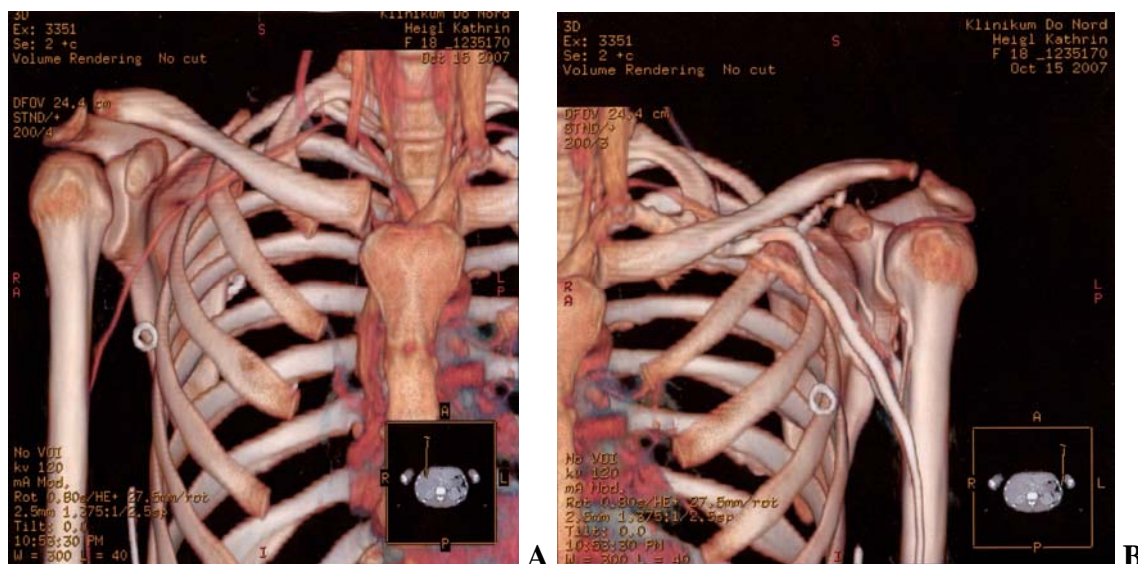


Abb. 12 A, B 3-dimensionale CT-Rekonstruktion der rechten und linken oberen Thoraxapertur mit Darstellung der knöchernen Anteile des Schulterhauptgelenkes, des Acromioclavicular- und des Sternoclaviculargelenkes. Die linke Abbildung (**A**) zeigt zusätzlich partiell die arterielle und die rechte Abbildung (**B**) partiell die venöse Phase im Rahmen einer Angiographie bei V.a. thoracic outlet Syndrom, (eigenes Patientengut).

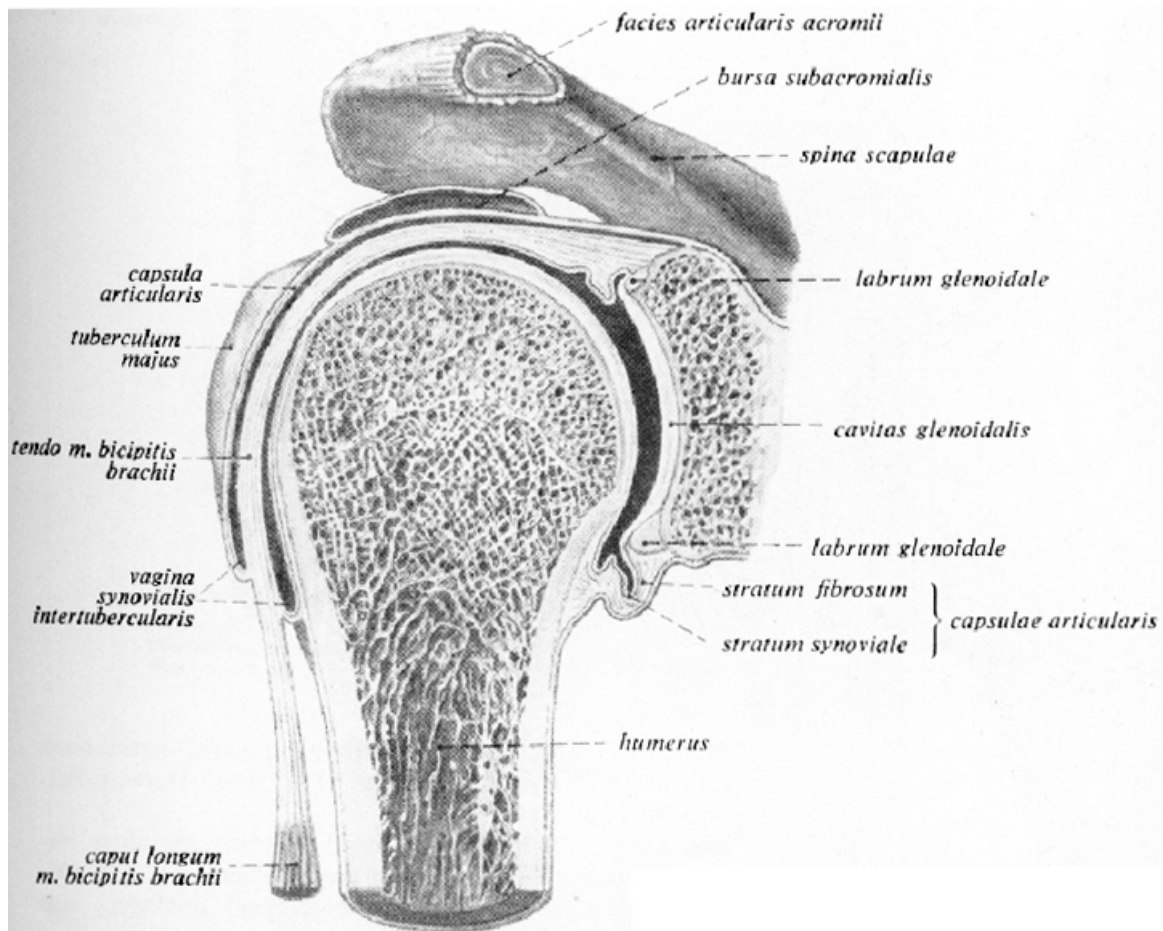


Abb. 13 Frontalschnitt durch das rechte Schultergelenk auf Höhe des Sulcus bicipitis (Landmarke: lange Bizepssehne), articulatio humeri. Ansicht der dorsalen Hälfte. Die capsulae articularis repräsentiert gleichzeitig den Recessus axillaris, der die maximalen Bewegungsauslässe des Humeruskopfes mit ermöglicht [112].

Das die Gelenkfläche des Glenoids der Scapula geringfügig vergrößernde und stabilisierende Labrum glenoidale (Pfannenlippe) dient der Gelenkkapsel, die den halbkugeligen, mit hyalinem Knorpel überzogenen, gelenkflächigen Anteil des Oberarmkopfes umspannt, als Ursprung. Das Labrumgewebe gleicht einem Dichtungsring am oberen und unteren Pfannenrand, der aber gleichzeitig die Auflagefläche des Kopfes erweitert und die Kraftübertragung puffert ähnlich der artikulierenden Knorpelschichten von Pfanne und Kopf.

Die Scapula und die Clavicula bilden als knöcherne Bestandteile des menschlichen Skeletts zusammen mit dem Humerus das eigentliche Schulterhauptgelenk. Ergänzt wird dieses durch die articulatio acromioclavicularis (Schulterreckgelenk) und durch die

articulatio sternoclavicularis (Brust-Schlüsselbeingelenk), welche durch Bänder gelenkig mit einander verbunden sind.

Dieses Konstrukt (siehe Abb. 14 - 15) spannt sich in der Horizontalebene wie ein Bogen um den knöchernen Thorax, gehalten von kräftigen Bändern des medialen Claviculaendes und der dazugehörigen Gelenkfläche des Brustbeines sowie dem Ligamentum coracoacromiale und den Ligg. coracohumerale und glenohumeralia, die bei hoher Dehnbarkeit ebenfalls zur Stabilisierung und Verstärkung beitragen.

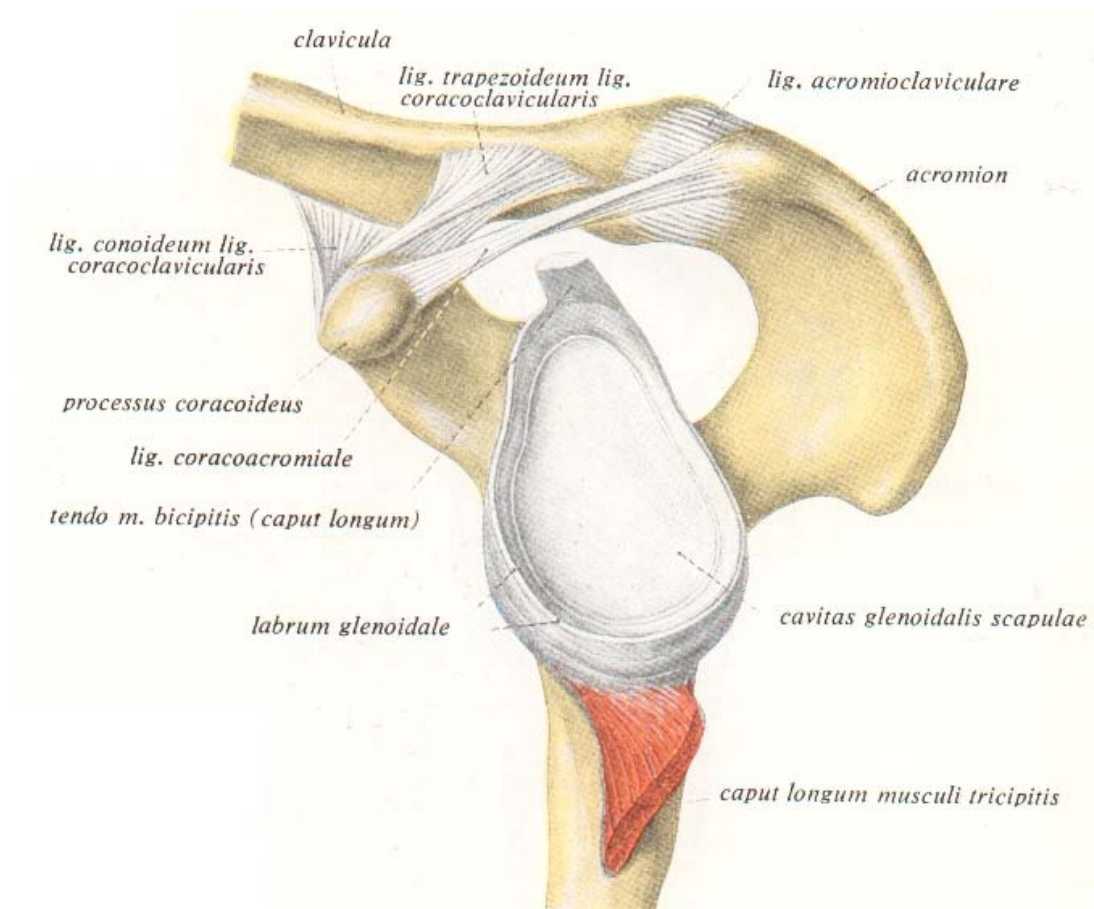


Abb. 14 Gelenkpfanne des linken Schultergelenkes mit AC-Gelenk und deren Bandverbindungen, Cavitas glenoidalis. Die Gelenkkapsel ist am labrum glenoidale abgetragen; der Ursprung des caput longum m. tricipitis ist erhalten, ebenso das Ursprungsstück der Sehne des langen Bizepskopfes. Ansicht von cranial-ventral mit 90° gedrehtem Schultergelenk in die Gelenkpfanne hinein [112].

1.3.3 Schultergelenksführung und Biomechanik

Die wesentliche Stabilisierung des gegen Subluxationen und Luxationen anfälligen Schultergelenkes aber erfolgt aktiv durch die mit allen fünf Gelenken des Schultergürtels in Beziehung tretende Muskulatur, die zum Teil auch in die Gelenkkapsel einstrahlt und diese zu spannen vermag. Vor allem die Muskeln der Rotatorenmanschette sind dafür verantwortlich, dass der Humeruskopf in der Gelenkpfanne konzentriert wird; ebenso kommt auch der langen Bizepssehne in ihrem Verlauf vom oberen Pfannenrand ausgehend, intraartikulär in den Sulcus intertubercularis hineinziehend, als aktiver Leitschiene eine gewichtige stabilisierende Wirkung zu. Erst dieses fein abgestimmte synergistische Zusammenspiel garantiert eine ausreichend stabile Kontrolle über die Roll- und Gleitbewegungen des Kopfes in seiner glenoidalen Pfanne. Denn in jeder Position des Gelenkes steht immer nur ein kleiner Anteil der artikulierenden Kopfelenkfläche in Kontakt mit der Gelenkpfanne selbst. Rotatorenmanschette und der charakteristische Verlauf der langen Bizepssehne gewährleisten folglich in allen Bewegungsachsen des Schultergelenkes und denen unserer oberen Extremität eine ständige Fixierung des Humeruskopfdrehpunktes im Gelenk.

So kann sich die abduzierende Kraft des das Glenohumeralgelenk weit umspannenden Musculus deltoideus nur bei intakter Funktion der Rotatorenmanschette auswirken bzw. entfalten. Bei einem Ausfall z.B. der Supraspinatussehne glitte sonst der Oberarmkopf aufgrund der gestörten Drehpunktfixierung des Gelenkes nach proximal unter das Schulterdach und könnte aber so im Zuge der weiteren Abduktion die subacromiale Enge nicht passieren, womit keine Elevation mehr ausgeführt werden könnte.

Die thoracoscapuläre Gleitschicht, als eines der beiden funktionellen Nebengelenke des Schultergürtels, ermöglicht gerade durch eine Kombination aus Lateralverkipfung und Horizontalverschiebung die Abduktion des Armes über die Horizontale in die Elevation über 90° hinaus.

Die vielgestaltigen Ansätze und Ursprünge des Musculus trapezius, als funktionelle muskuläre Einheit, bewirken mit ihren cranialen Muskelanteilen das Horizontalgleiten des Schulterblattes bei gleichzeitiger Lateralbewegung des Angulus inferior scapulae, während die caudalen Anteile des Trapezius die Schulter senken und den inferioren Angulus gleichzeitig nach medial drehen. Auch der Musculus latissimus dorsi als weiterer wichtiger zu nennender platter Rückenmuskel wirkt zusammen mit den übrigen Schulter- und Brustmuskeln in Synergie, indem er in Folge seines Ursprunges und Ansatzes den

Arm im Schultergelenk adduzieren, den erhobenen Arm senken und dorsalwärts ziehen und ihn nach innen rotieren kann. Ferner wird der Trapezius noch vom Musculus levator scapulae, der den oberen Winkel der Scapula kranial- und medianwärts zieht, unterstützt. Zusammen mit dem Musculus serratus anterior fixieren die Mm. Rhomboidei major et minor die Scapula am Rumpf, indem sie das Schulterblatt zur Wirbelsäule und geringgradig auch nach kranialwärts ziehen [60, 108].

1.3.4 Neuromuskuläre Kontrolle

Die neuromuskuläre Kontrolle, die für die Gelenkstabilität benötigt wird, ist auf proprioceptive Informationen angewiesen. Bei Zunahme der Kapsel- und Bänderspannung im Bereich von Gelenken werden Rezeptoren stimuliert, die diese Information aufnehmen und zum Rückenmark weiterleiten. Hierdurch wird ein spinaler Reflex ausgelöst, der die Muskeln, die zur Stabilisation des Gelenkes benötigt werden, unwillkürlich aktiviert. Im Schultergelenk arbeiten, wie aufgezeigt, die Bänder und Muskeln synergistisch, um es zu stabilisieren. Untersuchungen haben gezeigt, dass der N. axillaris afferente Informationen aus der Gelenkkapsel aufnimmt, welche wiederum zur Aktivierung der Rotatorenmanschette führen. Wenn der Nerv zum Beispiel geschädigt oder durchtrennt wird, reagiert die Rotatorenmanschette nicht auf Stimulation [42, 95]. Dies wiederum zeigt auch, wie wichtig die Unversehrtheit unserer Nerven ist und wie wichtig die Wahl eines die Topographie der anatomischen Strukturen sowie den Verlauf des Nervus axillaris respektierenden Zugangsweges im Rahmen der Versorgung proximaler Humerusfrakturen ist.

Gohlke et al. konnten mit Hilfe einer spezifischen Immunfluoreszenz an histomorphologisch untersuchten Schulterpräparaten von Leichen die Existenz von vier verschiedenen Rezeptortypen mit jeweils unterschiedlichen Verteilungsmustern nachweisen. Während Ruffini-Körperchen in der Rotatorenmanschette und im Ligamentum coracoacromiale am häufigsten vorkamen, wiesen sie in der anterior-inferioren Gelenkkapsel überwiegend Pacini-Körperchen nach. Diese verhältnismäßig hohe Verteilung korpuskulärer Nervenfaserverendigungen in der RM und dem Lig. können als Beweis für die neurosensorische Kontrolle des Glenohumeralgelenkes gewertet werden, hingegen spricht die Verteilung der schnell adaptierenden Pacini-Körperchen in

der Gelenkkapsel nicht für eine nennenswerte Stabilisierung des Gelenkes durch die Kapselstrukturen selbst [42].

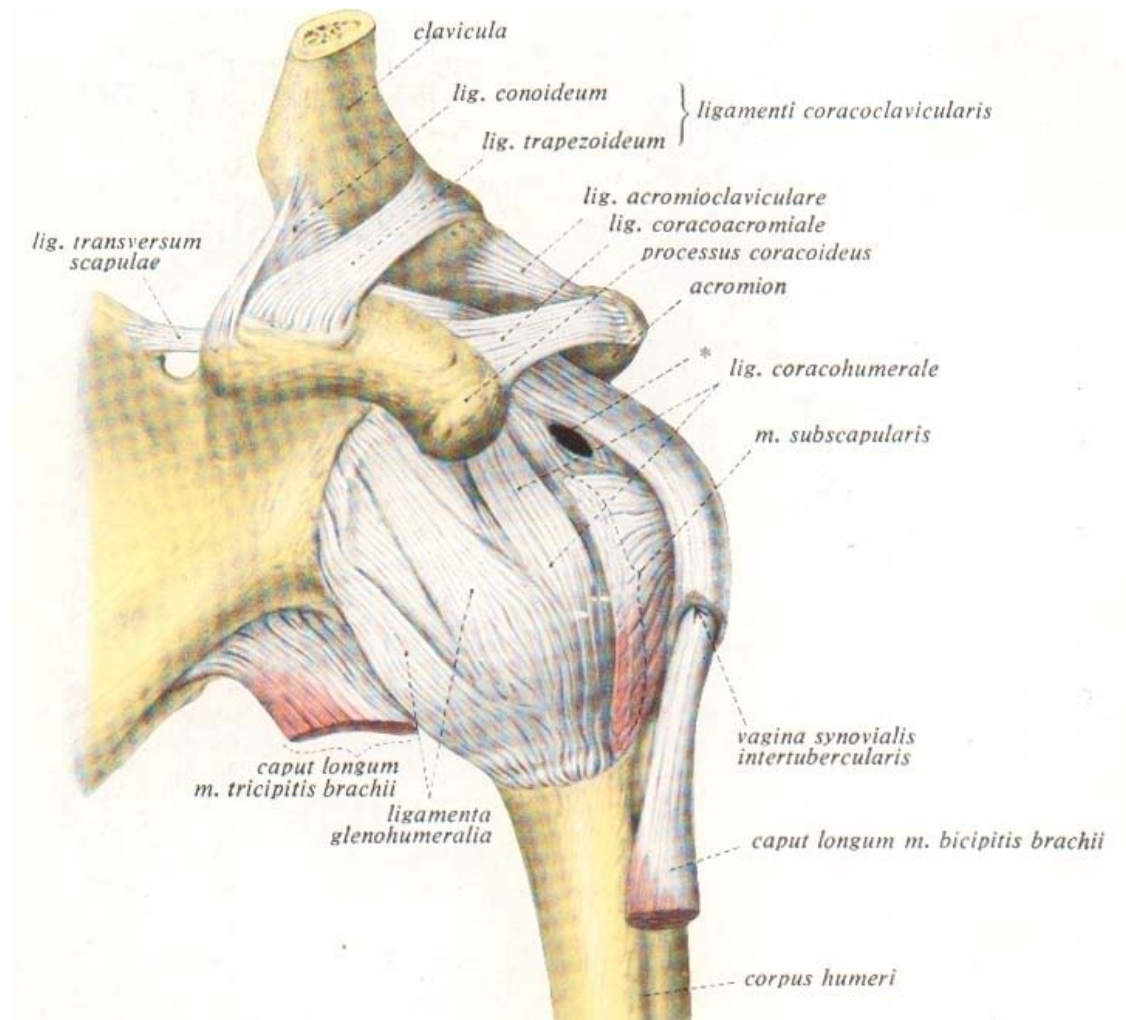


Abb. 15 Linkes Schultergelenk mit Kapselbändern, articulatio humeri, und Akromioklavikulargelenk mit Bandstrukturen, articulatio acromioclavicularis, das Sternchen zeigt die Kommunikationsstelle mit der bursa subacromialis. Verlauf der langen Bizepssehne zur besseren Übersicht lateralisiert dargestellt (Sulcus intertubercularis ventromedial in Projektion auf das Lig. Coracohumerale) [112].

Werden nur einige wenige all dieser andeutungsweise erklärten so wichtigen Strukturen des Schultergürtels in ihrer Integrität durch ein Trauma oder dessen Folgen, die im Rahmen der Frakturversorgung in dieser Arbeit zur Diskussion stehen, beeinträchtigt, sei es aber auch durch degenerativen Verschleiß oder durch Entzündungen gleich welcher Ätiologie, so kann daraus eine so folgenschwere Einbuße der gesamten Schulter- und

Armfunktion resultieren, dass unserem Kunstwerk „Hand“ die Positionierung im Raum dadurch für immer genommen werden könnte. Gleichwohl haben die empirischen Erfahrungen und Erkenntnisse genau so gut gezeigt, zu welcher schmerzhaften Einsteifungen und Beeinträchtigungen der Beweglichkeit eine zu lange Ruhigstellung oder schmerzbedingte Schonhaltung des Schultergelenkes führen können, was diesbezüglich andererseits die Wertigkeit und den Stellenwert der frühfunktionellen Krankengymnastik und der postoperativen physiotherapeutischen Maßnahmen als nahezu gleichwertige Säule neben der zu diskutierenden operativen Behandlungsmöglichkeit hervorhebt [74].

1.3.5 Gefäßversorgung und Nerven

1.3.5.1 Arterielle Versorgung

Nicht minder wichtig ist die Kenntnis um die Besonderheiten der arteriellen Gefäßversorgung des proximalen Humerus und des Schultergelenkes, erst Recht in Hinblick auf die operative interne Retention und Fixation dislozierter proximaler Humerusfrakturen.

Für den intraartikulär gelegenen Oberarmkopfanteil jedoch bedeutet die hohe Bewegungsfreiheit einen Blutzoll.

Wird der ebenfalls kugelige Hüftgelenkskopf unserer unteren Extremität noch intraartikulär zusätzlich neben seinen beiden gleich starken Circumflexa-Gefäßen über die Arteria ligamentum capitis femoris ernährt, so verzichtete die Evolution auf eine solche zusätzliche Oberarmkopfernahrung zu Gunsten der einzigartigen Funktionalität und des großen Spielraumes des Humeruskopfes im Drehzentrum des Gelenkes, der in seiner vollen Gänze jedoch erst wie in 1.3 aufgezeigt durch das Zusammenspiel aller an der menschlichen Schulter bzw. am Schultergürtel beteiligten Systeme zum Tragen kommt.

Die für den Oberarmkopf selbst so überlebenswichtige Blutzufuhr und Ernährung wird vornehmlich über Äste aus der Arteria circumflexa humeri anterior und posterior gespeist. Eine, wenn auch im hohen Alter manchmal obliterierte, ligamentäre Zusatzversorgung existiert im Schultergelenk entgegen unserem Hüftgelenk, welches seine Stabilität und Gelenksicherung entgegen der Schulter vorwiegend durch extrem starke Bänder und die Gelenkkapsel selbst erhält, nicht. Als einziger Hauptast garantiert die Arteria arcuata, aus der am Humeruskopf aufsteigenden Arteria circumflexa anterior (ascendens) entspringend

(siehe Abb.16 - 17), die Kopfdurchblutung der artikulierenden Kalotte. Die Aufzweigungen auch des nicht so bedeutungsvollen posterioren Circumflexaastes stricken zwar ein dichtes Netz von zum Teil anastomosierenden Aufästelungen um den extaartikulär gelegenen Kopf herum, aber der Hauptanteil der intraartikulären und intraossären Durchblutung obliegt den Aufzweigungen der Arcuata auf ihrem bogenförmigen Weg distal der verknöcherten Epiphysenfuge im Verlauf des Humeruskopfes. Diese versorgen bis auf einen kleinen dorsal gelegenen Kopfanteil den gesamten restlichen mit der Cavitas glenoidalis artikulierenden Oberarmkopfbezirk.

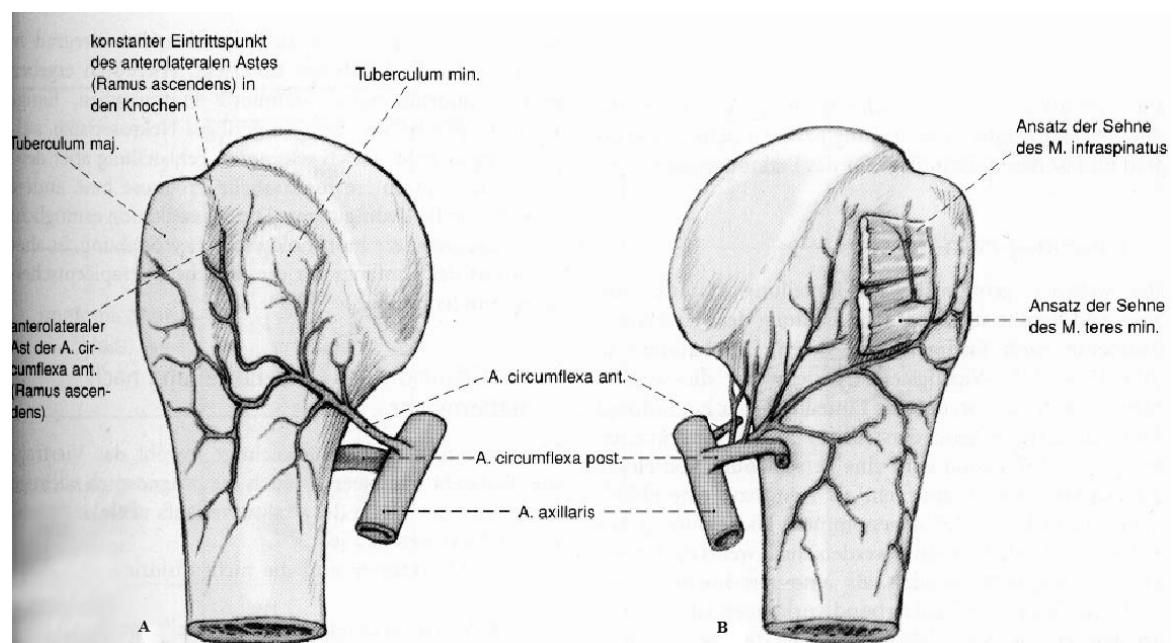


Abb. 16 A,B Darstellung der arteriellen Durchblutung des proximalen Humerus mit Abgang der Circumflexa- Hauptgefäße aus der A. axillaris und Darstellung (A) des Eintrittspunktes der A. arcuata aus dem Ramus ascendens in Höhe des Tuberkulum majus sowie (B) Aufzweigungen der Äste der A. circumflexa humeri posterior mit dickerem Abgangskaliber [44].

Gerber et al. stellten 1990 fest, dass die der Arteria circumflexa posterior entspringenden Gefäße nur einen schmalen inferioren Bereich in Höhe ihrer Eintrittsstelle des Kopfes mit arteriellem Blut versorgen. Hingegen konnten Seggl et al. ein Jahr später darstellen, dass das proximale Humerusende über insgesamt fünf durch Anastomosen miteinander verbundene arterielle Gefäße versorgt wird, die allesamt aus den beiden Aa. circumflexae humeri hervorgehen. Meyer et al. gelang es 2005 in ihrer anatomischen Studie anhand von Korrosionspräparaten aufzuzeigen, dass die Humeruskopfgefäße aus den Aa.

circumflexae entspringen und das Hauptgefäß (Art. arcuata) in das Tuberkulum majus eintritt, während eine weitere Gefäßgruppe von medial penetriert. Auch bestätigten sie den Eintritt der Arteria nutricia des Humerus im mittleren Schaftdrittel und wiesen auf die Bedeutung der medialen Gefäßgruppe bei Frakturen im Bereich des Collum anatomicum hin. Die Kopffragmente erachteten sie im Zusammenhang mit Frakturen für in der Regel ausreichend autonom versorgt [37, 109, 78].

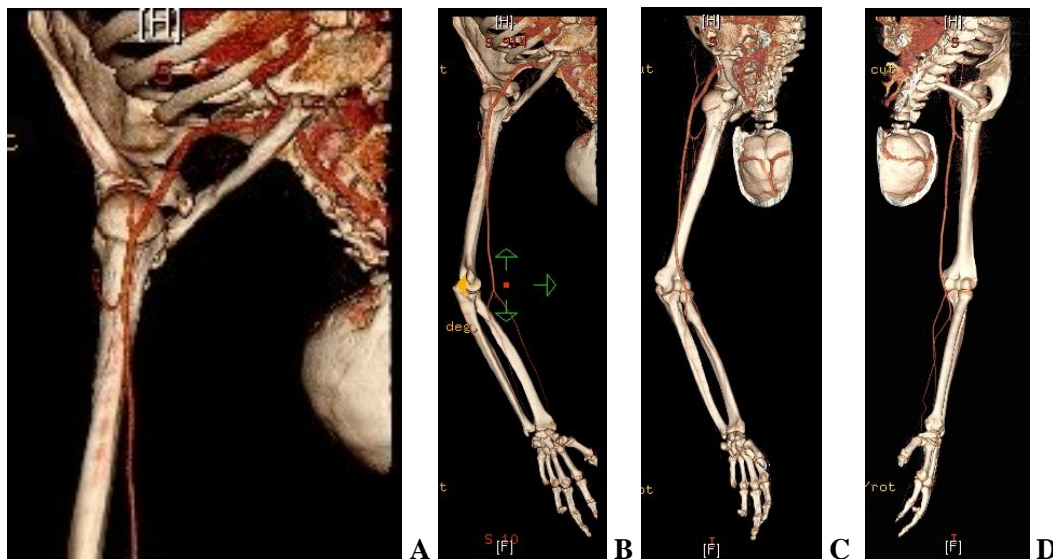


Abb. 17 A-D Angio-CT mit subtraktionsangiographischer 3-D-Rekonstruktion mit Anteilen der arteriellen Gefäßversorgung der Schulter und der oberen Extremität. Deutlich zu erkennen der bogenförmige Abgang der Arteria circumflexa humeri posterior aus der Arteria axillaris. Linke Aufnahme (A): Ansicht von ventro-lateral, vergrößerter Ausschnitt aus B, die Darstellungen C und D zeigen den arteriellen Gefäßverlauf bei zunehmender Drehung um die Körperachse zur besseren Demonstration des Arteria circumflexa- Abganges aus der A. axillaris, in C und A sind schemenhaft der Abgang der Arteria nutricia zu (erahnen) erkennen, (eigenes Patientengut).

Avaskuläre Nekrosen des Humeruskopfes resultieren besonders häufig, wenn frakturbedingt die periostale Gefäßzufuhr der Kopfkalotte zerreißt bzw. kompromittiert wird oder aber der im Sulcus intertuberkularis ascendierend verlaufende Circumflexa anterior Ast bei Mehrfragmentfrakturen mit gleichzeitigem Minorabriß (unterer medialer Kopfanteil) in Mitleidenschaft gezogen wird. Das Risiko einer avaskulären Kopfnekrose steigt mit der Anzahl der Frakturfragmente und liegt laut Brunner für 3-Fragmentfrakturen zwischen 3 - 14% und bei 4-Fragmentbrüchen zwischen 26 - 75%.

Frakturen im Verlauf des Collum anatomicum sind folglich im Gegensatz zu Frakturen im Bereich des Collum chirurgicum häufiger mit Kopfnekrosen assoziiert [74, 44, 43].

1.3.5.2 Nervale Versorgung

Das nervale Armgeflecht, der Plexus brachialis, wird gespeist aus den Rr. ventrales der Spinalnerven von C4 bis Th1 und kleinen Zuflüssen aus C3 und Th2.

In der tiefen Schicht des Trigonum clavipectorale befindet sich das Gefäß- und Nervenbündel des Armes (siehe Abb. 18 - 19), welches distal des M. subclavius von medial nach lateral aus der Vena axillaris, der Art. Axillaris und den drei im infraclaviculären Verlauf noch als Fasciculi zu bezeichnenden Ästen des Plexus brachialis besteht, während in der oberflächlichen Schicht die als Landmarke zu bezeichnende Vena cephalica im Bereich des Sulcus deltoideopectoralis das Trigonum erreicht, um in der Tiefe in die Vena axillaris einzumünden.

Von weiterer Bedeutung für das Schultergelenk sind der durch die laterale Achsellücke zum Musculus deltoideus und M. teres minor ziehende Nervus axillaris, der von der Vena und Arteria circumflexa humeri posterior begleitet wird. Die so genannte laterale Achsellücke wird seitlich vom Humerus und vom langen Kopf des Musculus trizeps brachii eingefasst. Auf seinem Weg überquert der N. axillaris den Musculus teres major und zieht weiter zur Außenseite der Schulter, die er dann nach Abgabe seiner motorischen Äste für den Deltamuskel und den Musculus teres minor (selten auch M. teres major) als N. cutaneus brachii lateralis sensibel versorgt.

Nachfolgend sollen nur die für den Schultergürtel und das Schultergelenk wesentlichen nervalen Strukturen mit ihren entsprechenden Innervationen kurz beschrieben und dargestellt werden.

Der Nervus axillaris (C5-C7), aus dem Fasciculus posterior des Plexus brachialis hervorgehend, innerviert wie aufgezeigt auf seinem dargestellten Weg motorisch die Mm. deltoideus et teres minor und sensibel einen ca. handflächengroßen Bezirk an der Außenseite des Oberarmes über dem mittleren Anteil des Deltamuskels. Bei Lähmungen treten das Acromion und der Humeruskopf deutlich hervor mit zunehmendem Verlust der

Schulterwölbung durch die Atrophie des Deltamuskels. Das Wissen um den Verlauf und die Lagebeziehung des N. axillaris sind deshalb unter Hinweis auf die operativen Zugangswege von besonderer Wichtigkeit; durch die unmittelbare Nachbarschaft zum Collum chirurgicum besteht bei Frakturen eine weitere Verletzungsgefahr, ebenso bei Luxationen des Schultergelenkes in Form von Zerrungen und Dehnungen (Neuropraxie) des Nerven.

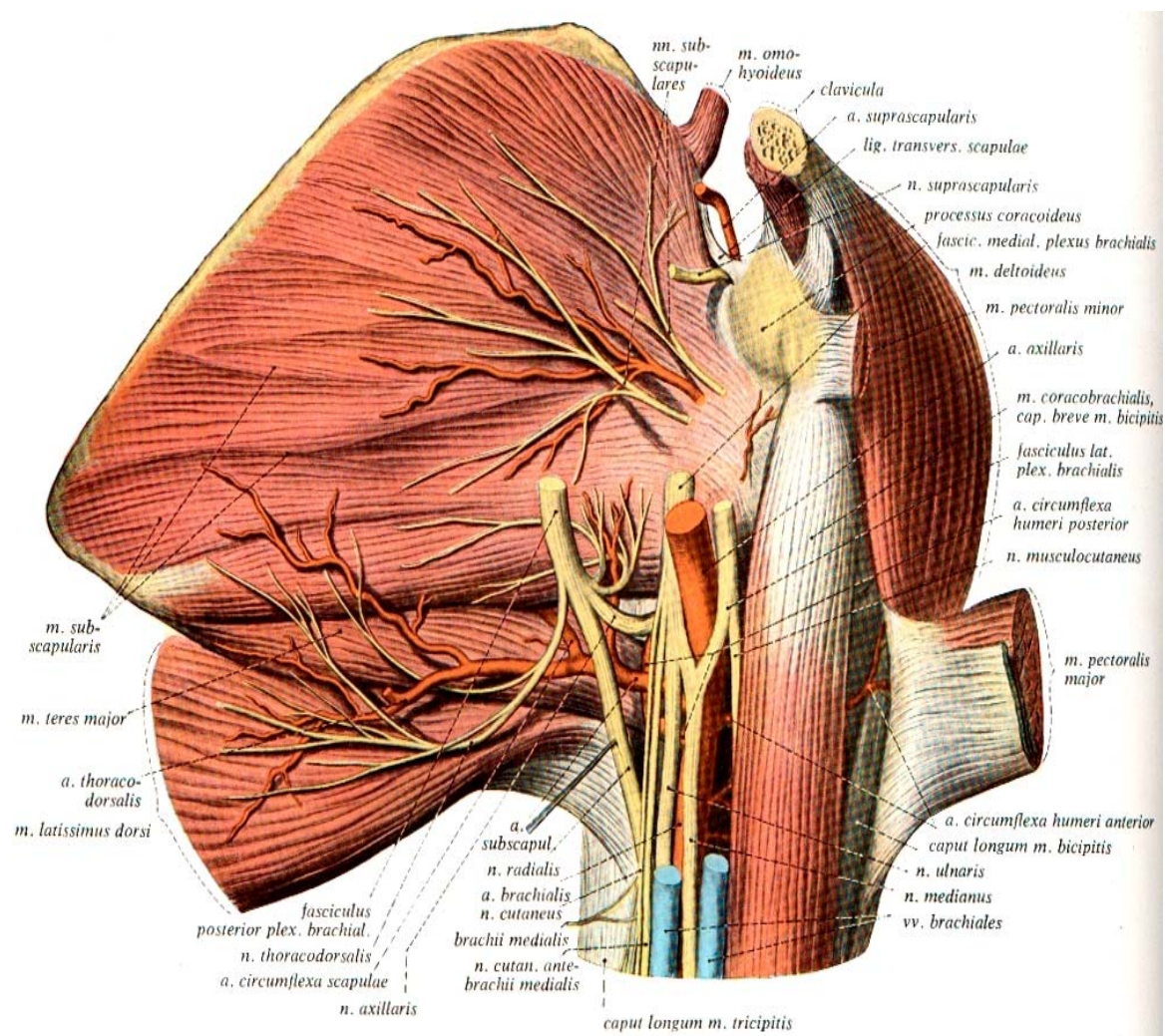


Abb. 18 Nerven und Gefäße der linken Schultergegend, Ansicht (modifiziert) von ventral. Tiefe Schicht des Trigonum clavipectorale mit Darstellung der muskulären Strukturen und sehnigen Ansätze im Bereich des proximalen Humerus und deren topographische Lagebeziehung insbesondere zur A. circumflexa humeri anterior und zum Nervus axillaris [113].

Als rein motorischer XI Hirnnerv versorgt der Nervus accessorius neben den Musculus sternoleidomastoideus noch den Musculus trapezius als wichtigen Muskel der thoracoscapulären Verschiebeschicht.

Der Nervus suprascapularis (C4-C6) innerviert die Mm. supra- und infraspinatus der RM, der selten durch ein Trauma in Mitleidenschaft gezogen wird, sondern eher bei oberen Plexusläsionen verletzt werden kann.

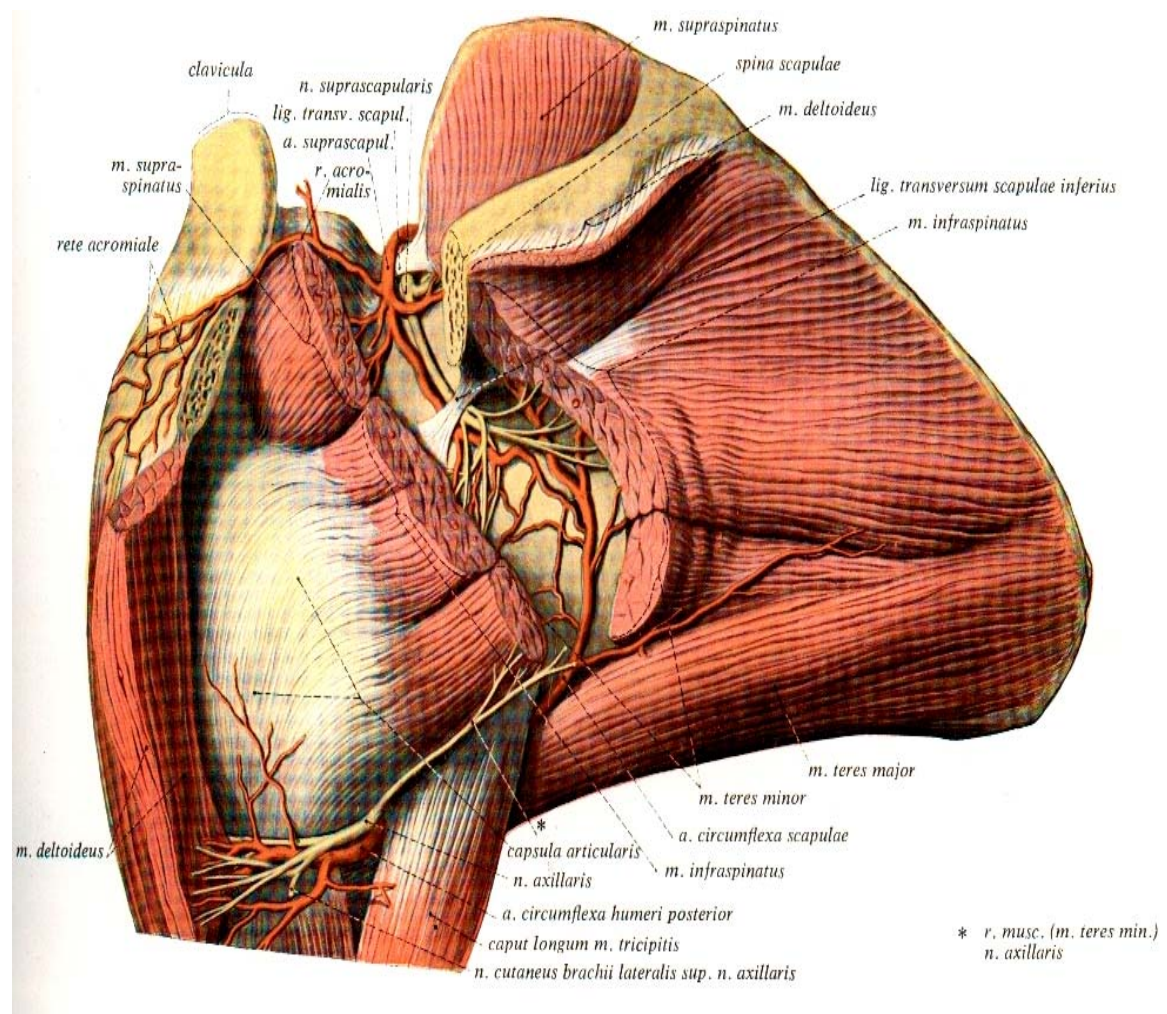


Abb. 19 Nerven und Gefäße der linken Schultergegend, Ansicht (modifiziert) von dorsal. Der M. deltoideus ist teilweise abgetragen bzw. zurückgeschlagen und aus dem Acromion ein Stück herausgesägt; Mm. supraspinatus, infraspinatus und teres minor durchgeschnitten und etwas auseinandergeklappt [113].

Der Nervus thoracicus longus (C5-C7) ist für die motorische Innervation des Musculus serratus verantwortlich, welcher erheblichen Einfluß auf die Fixation der Scapula und der Mitbewegung des Armes bei der Elevation hat. Eine Lähmung des Nerven führt zu einer klinisch nicht selten vorliegenden so genannten Scapula alata, wobei der mediale Rand der Scapula auf der gelähmten Seite näher zur Wirbelsäule rückt und flügel förmig vom Thorax absteht.

Der Nervus thoracodorsalis (C6-C8) übernimmt die nervale Steuerung des Musculus latissimus dorsi, den in seiner Ausdehnung quantitativ größten Rückenmuskel, der insbesondere auch für die plastische Wiederherstellung von Weichteildefekten als freier Lappen von Bedeutung ist. Funktionell ist er wesentlich für das Senken und Rückwärtsführen des erhobenen Armes zuständig.

Die Nervi thoracici anteriores ermöglichen durch ihre motorische Innervation der Mm. pectoralis major und minor hauptsächlich die Adduktion des Armes [95, 93, 105].

1.3.6 Besonderheiten der Muskulatur des Humeruskopfes

Eine wesentliche Voraussetzung für erfolgreiches Operieren im Bereich des muskuloskelettalen Systems ist nicht nur die exakte Kenntnis der morphologischen Strukturen, sondern auch das Wissen um die funktionellen Verstrickungen und anatomischen Zusammenhänge des sich jeweils darstellenden Operationssitus in mehrdimensionaler Hinsicht.

Bezogen auf die operative Versorgung proximaler Humerusfrakturen kommt deshalb den Muskeln und ihren sehnigen Ansätzen im Oberarmkopfbereich gleich den Gefäßen und Nerven eine besondere Stellung zu.

Nach Codman (1934) entstehen im Bereich des Humeruskopfes bei Frakturen vier mögliche Frakturhauptfragmente: Das Kalotten-, das Tuberkulum majus-, das Tuberkulum minus- und das proximale Humerusschaftfragment. Die frakturbedingten Fragmentdislokationen, wie zum Teil in den Abbildungen 18 - 19 dargestellt, sind in der Regel die Folge der Muskel- Sehnenansätze mit ihren Kraftvektoren im Verlauf des proximalen Humerus und des Schultergelenkes.. Im Bereich des Tuberkulum majus

setzen die Sehnen des M. supraspinatus, M. infraspinatus und die Sehne des M. teres minor an.

Abrissfrakturen des Tuberkulum majus führen somit durch den entsprechenden Muskelzug zu einer Dislokation des Fragmentes nach cranial-dorsal, während das Minorfragment durch die Muskelkraft des M. subscapularis nach medial gezogen wird. Bei einer 2-Fragmentfraktur in Höhe des Collum chirurgicum (subcapital) vermag der Ansatz des M. pectoralis major den proximalen Humerusschaftanteil ebenfalls nach medial zu ziehen.

Bei 3- und 4-Fragmentfrakturen entscheidet der resultierende muskuläre Kraftvektor über den Dislokationsgrad der Fragmente. So kann ein frakturbedingtes muskuläres Ungleichgewicht der am Humeruskopf ansetzenden Muskulatur zu unterschiedlich gearteten Dislokationen der Kopffragmente führen.

Zum Beispiel bedingt bei einer 3-Fragmentfraktur am Collum chirurgicum mit disloziertem Tuberkulum majus der Subscapulariszug im Minorbereich eine Rotation der Gelenkfläche nach dorsal und oben, während bei intaktem Tuberkulum majus aber mit Abriss des Minorfragmentes bei einer 3-Fragmentfraktur der Supraspinatuszug dann zu einer Kopffrotation in Varus- und Außenrotationsfehlstellung führen kann.

Im Gegensatz zu den valgisch impaktierten bzw. dislozierten Kopffragmenten resultiert bei den varisch impaktierten bzw. dislozierten Kalottenfragmenten mit Lateralverschiebung durch Zerreißung der medialen Periostgefäe eine höhere Rate an Kopfnekrosen [74].

Die Abbildungen 20 und 21 verdeutlichen die unterschiedlichen frakturbedingten Dislokationsgrade der Kopf- und Schaftfragmente, die aus den damit verbundenen Muskel- und Sehnenzugkräften resultieren.

**A****B**

Abb. 20 A, B Beispiele des Dislokationsgrades der Kopf- Schaftfragmente durch die Muskel-Sehnenzugkräfte, jeweils a.-p. und y-Aufnahme mit dorso-cranialer Dislokation des mitfrakturierten Tuberkulum majus-Fragmentes durch Zug der RM bei gleichzeitiger Varusfehlstellung (**A**) des Kopffragmentes durch Minorabriß verbunden mit den Supraspinatuszugkräften (4-Fragmentfrakturen nach Neer, (**B**) valgusimpaktiert).

**A****B**

Abb. 21 A, B Beispiele des Dislokationsgrades der Kopf- Schaftfragmente durch Muskel-sehnenzug des M. subscapularis und des M. pectoralis maior, Rö-Aufnahmen einer rechten Schulter ap- und y- Darstellung einer 4-Fragmentfraktur nach Neer (**A**), die rechten Aufnahmen (**B**) ap- und y- Ebene zeigen eine Valgusfehlstellung des Kalottenfragmentes mit metaphysärer Impaktion und mehrfragmentärer Tuberkulum majus-Fraktur bei Subluxation durch Subscapularis- und Pectoraliszug einer ebenfalls vorliegenden 4-Fragmentfraktur nach Neer.

1.3.7 Knochenmorphologie

Während die Muskulatur als aktiver Bestandteil unseres Bewegungsapparates bezeichnet werden muss, so stellen die gelenkig miteinander verbundenen Knochen, Ossa, unseres Skeletts den passiven Bewegungsapparat dar.

Ein besonderes Charakteristikum des Knochens ist in seiner Fähigkeit begründet, sich optimal den Anforderungen, die an ihn gestellt werden, anzupassen.

Entsprechend dem Wolffschen Transformationsgesetz (Julius Wolff, 1836-1902) erfolgt das Modelling und Remodelling der inneren und äußeren Architektur des Knochens in Form des Knochenumbaus sowie des An- und Abbaus in Abhängigkeit von den auf ihn einwirkenden Kräften und Belastungen. Als Modelling bezeichnet man die Fähigkeit des Knochens seine innere und äußere Form und Architektur den entsprechend auf ihn einwirkenden Kräften anzupassen. Der Knochenumbau ohne nennenswerte Formänderung der Knochenstrukturen wird als so genanntes Remodelling bezeichnet.

Aufgrund seiner chemisch-morphologischen Zusammensetzung lässt sich Knochen als Verbundwerkstoff beschreiben. Im Wesentlichen besteht Knochen aus einer organischen Matrix mit den darin eingelagerten Mineralien, die sich zu 85% aus Kalziumphosphat, zu 10% aus Kalziumkarbonat, zu etwa 5% aus Magnesium und weiteren Alkalisalzen zusammensetzen.

Calciumphosphat (Calciumphosphat-Hydroxylapatit = $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) als wichtigster anorganischer Bestandteil verleiht dem Knochen seine Härte und Druckfestigkeit, kollagene Eiweißfibrillen als wesentlicher organischer Bestandteil bedingen die Elastizität und Zugfestigkeit. Entsprechend sind die Kollagenfasern in überwiegend zugbeanspruchten Knochenbereichen parallel und in druckbeanspruchten senkrecht zur Lasttrichtung ausgerichtet, was sich zum Beispiel in der trabekulären, spongiosen Architektur insbesondere des Hüftknochens (siehe Abb. 22 A) aber auch zum Teil des proximalen Humerus (siehe Abb. 22 B) anschaulich widerspiegelt [108, 84].

Ein weiterer Vorteil, der sich diesbezüglich bei langen Röhrenknochen mit seiner harten äußeren Knochenrinde (Corticalis = substantia compacta) ergibt, ist die damit verbundene Gewichtsreduktion bei gleichzeitiger Zunahme der sich aus der Röhren-Spongiosakonstruktion ergebenden Biegefestigkeit. Kleine Bälkchen im Innern des Knochens bilden ein schwammartiges Füllmaterial, das den Knochen stabil macht, ohne dass er schwer wird. Dieses Stützsystem ist besonders widerstandsfähig gegenüber Druck- und Zugkräften von außen.

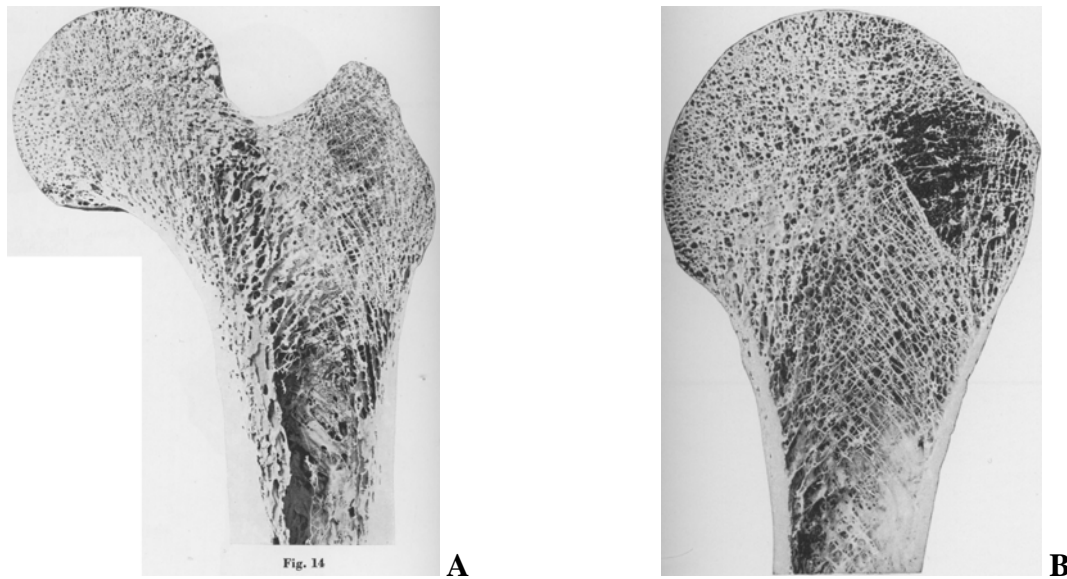


Abb. 22 A, B Frontaler Längsschnitt des proximalen Femur (**A**) und des proximalen Humerus (**B**) mit Darstellung der jeweiligen spongiösen und trabekulären Architektur [112].

Der Ingenieur Gustave Eiffel nahm sich bei seiner Konstruktion des 319 Meter hohen Eiffelturms an eben dieser genialen Konstruktion der Natur ein Beispiel. Seit seiner Vollendung 1889 trotzt der Eiffelturm bis heute allen Stürmen und Umwelteinflüssen, während fossile Knochenfunde uns gleichzeitig aus evolutionsanthropologischer Sicht aufgrund der Überlebensdauer der anorganischen Bestandteile des Knochens die Geschichte unserer eigenen Entwicklung und Kultur Jahrtausende zurückverfolgend näher bringen [55].

1.3.8 Anatomie des proximalen Humerus

Der Oberarmknochen, Humerus, besteht als langer Röhrenknochen aus dem Corpus und einer proximalen und distalen Extremitas. Mit Blick auf die vorliegende Arbeit gilt unser Interesse insbesondere dem proximalen Anteil des Humerus. Das Caput humeri, der gelenkflächenbildende, halbkugelförmige Oberarmkopf zeigt gegenüber der Schaftachse eine Neigung von ca. 130-150°.

Dem Caput schließt sich nach distal das Collum anatomicum an, im Anschluss daran befinden sich die beiden Tuberkula, lateral das Tuberkulum majus und medial das Tuberkulum minus. Zwischen beiden erstreckt sich der Sulcus intertuberkularis, in

welchem die Sehne des langen Bizepskopfes gleitet, die nicht selten bei Frakturen ein Repositionshindernis darstellen kann.

Das sich nach weiter distal anschließende Collum chirurgicum stellt den Übergang zur proximalen Humerusdiaphyse dar, die am Übergang vom proximalen zum mittleren Schaftdrittel dem M. deltoideus in Form der lateral gelegenen Tuberositas deltoidea den entsprechenden Muskelansatz am Knochen bietet. Der für die Durchblutung des Knochens so wichtige Periostschlauch erstreckt sich circular den Humerus ummantelnd bis zum von hyalinem Knorpel überzogenen artikulierenden Oberarmkopfanteil, der eigentlichen Kopfkalotte.

Das Periost führt zahlreiche Blut- und Lymphgefäße sowie Nerven, die im Rahmen eines Knochenbruches für die damit verbundenen Schmerzen verantwortlich sind, wenn das Periost verletzt, zerrissen oder gequetscht wird. Durch so genannte Foramina nutricia (a. arcuata) erreichen die Blutgefäße (a.nutricia) das Innere des Knochens (siehe Abb. 23). Ferner beinhalten die verschiedenen Gewebs- bzw. Zellschichten auch die so wichtigen Osteoblasten, die für die Knochenneubildung bei Frakturen zuständig sind [105].

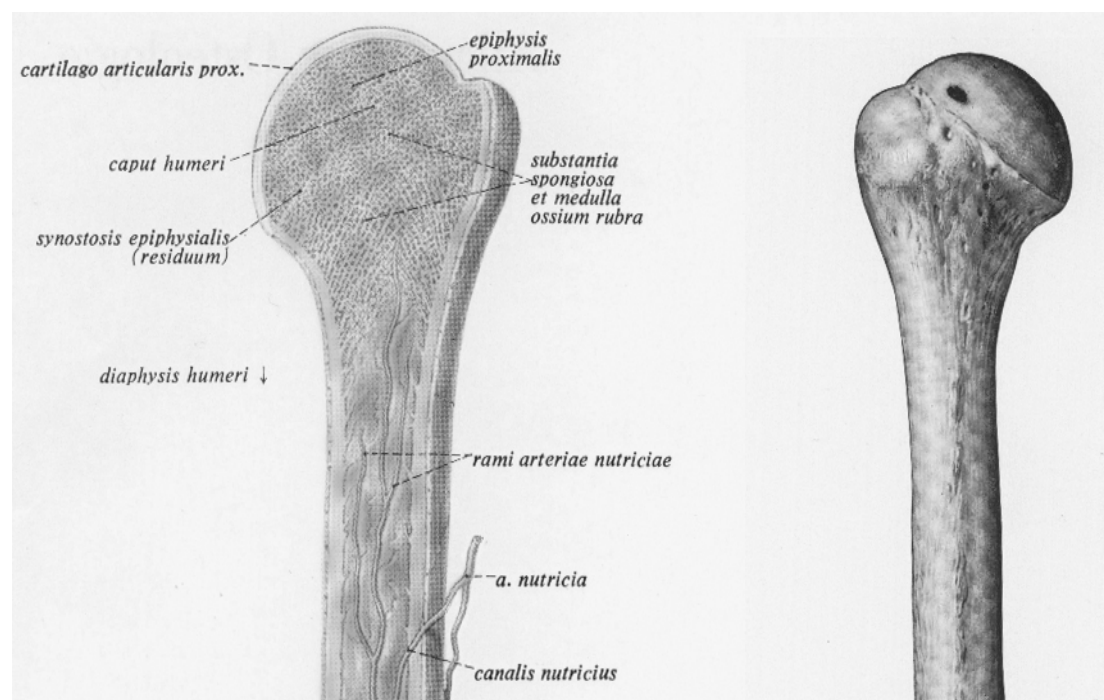


Abb. 23 Humerus (li.) im Längsschnitt mit Arteria nutricia, Knochenmark und medullärer Gefäßverlauf und (re.) proximaler Oberarmknochen, Ansicht von ventral mit Tuberkula und von hyalinem Knorpel überzogene Kopfkalotte (Grenzlinie Collum anatomicum intraartikulär: Synostosis epiphysialis) [112].

1.4 Frakturdiagnostik

Grundvoraussetzung einer genauen Diagnostik ist neben der eingehenden klinischen Untersuchung mit Anamneseerhebung und Überprüfung der Durchblutung, Motorik und Sensibilität die konventionelle Anfertigung von Röntgenaufnahmen in mindestens 2 Ebenen.

In unserer Klinik werden in der Regel (standardisiert) in Anlehnung an die so genannte Traumaserie eine Aufnahme im anterior-posterioren (a.-p.) Strahlengang nach True und eine zweite Ebene (senkrecht zu einander stehend) im Sinne einer Scapula-y-Aufnahme der betroffenen Schulter mit proximalen Humerusschaftanteil angefertigt.

An dieser Stelle muss jedoch angemerkt werden, dass bei klinisch hochgradigem Verdacht auf das Vorliegen einer Fraktur im Bereich des proximalen Humerus auf unnötige Manipulationen und Funktionsüberprüfungen zu Gunsten der Weichteile sowie der Gefäß- und Nervenstrukturen und nicht zuletzt zur Vermeidung weiterer damit verbundener Schmerzen verzichtet werden sollte und vorab konventionelle Röntgenaufnahmen angefertigt und ausgewertet werden sollten. Eine Fraktur führt in den meisten Fällen zu einer schmerzbedingten *functio laesa* des betroffenen Gelenkes bzw. Armes, so dass sich demzufolge eine manuelle bzw. funktionelle Diagnosesicherung vor der Durchführung von Röntgennativaufnahmen verbietet. Röntgennativdiagnostisch kann den Umständen entsprechend auch an Stelle einer dritten axialen Aufnahme, falls erforderlich, diese Ebene auch in Form einer so genannten Velpéau-Aufnahme angefertigt werden. Bei dieser Aufnahme des sitzenden Patienten verläuft der Strahlengang bei 30° nach dorsal gekipptem Oberkörper in cranio-caudaler Richtung durch die Schulter. Bei Mehrfragment- und Luxationsfrakturen und insbesondere auch bei Verdacht auf unklare Begleitverletzungen sollte präoperativ zur besseren Frakturklassifizierung und den damit verbundenen operationstechnischen und taktischen Erwägungen und Konsequenzen eine CT-Diagnostik mit 3 D-Rekonstruktion angeschlossen werden (siehe Abb. 24 - 26). Bei hochgradigem Verdacht auf das Vorliegen einer Gefäßverletzung ist die Durchführung einer Angiographie oder DSA essentiell und unerlässlich. Die Möglichkeit der präoperativen MRT-Diagnostik sollte vor allem bei begleitenden Plexus brachialis- und anderweitigen Nerven- oder höhergradigen Weichteilverletzungen immer auch überdacht und wenn erforderlich und vorhanden ausgeschöpft werden.

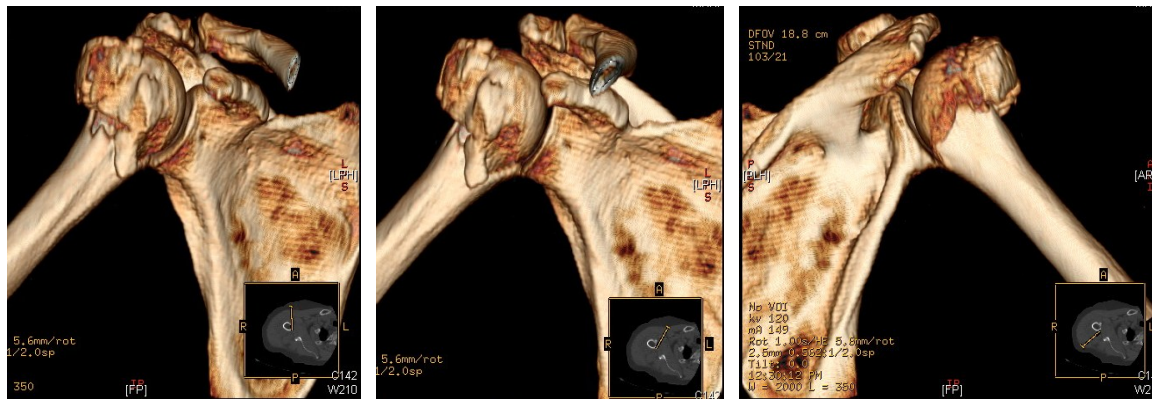


Abb. 24 Beispiel einer 3-D- CT-Rekonstruktion einer impaktierten 3-Fragmentfraktur, proximaler Humerus mit a.-p.- (li), 45° (Mitte) außenrotierter und p.-a.-Darstellung (re. Ansicht von dorsal) eines rechten Schultergelenkes



Abb. 25 Die dazugehörigen (Abb. 24) Röntgennativaufnahmen a.-p. und – modifizierte (halbschräge) y-Aufnahme der 3-D-rekonstruierten impaktierten B1-Fraktur nach AO entsprechend einer 3-Fragmentfraktur nach Neer bei einer 74-jährigen Patientin, (eigenes Patientengut).

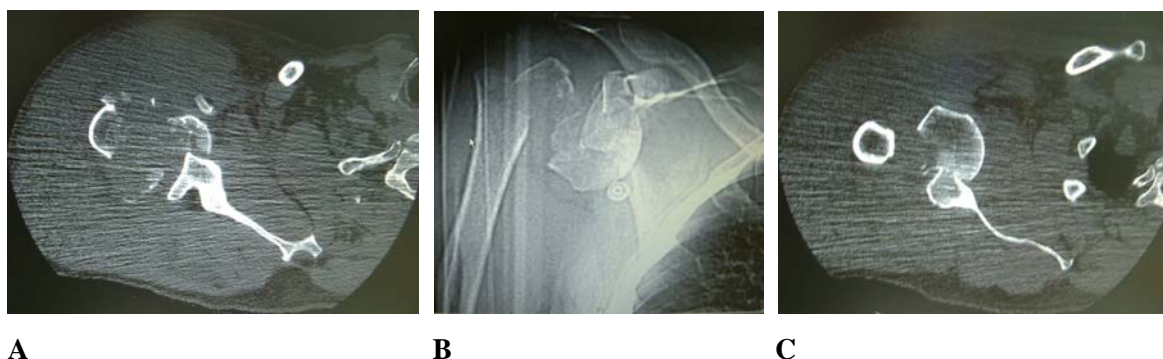


Abb. 26 A-C Beispiel Fraktur-Morphologie und Ausdehnung: Erst die CT-Diagnostik (A,C) zeigt das Ausmaß dieser epi-meta-diaphysären mehrfragmentären Trümmerzone einer 4-Fragment-Luxationsfraktur (B) mit ungünstiger Prognose bei zu erwartender schwerster Kompromittierung der arteriellen Kopfdurchblutung eines 67-jährigen Patienten. Ein präoperatives Schulter-CT kann

durch Objektivierung des Ausmaßes der Fragmentdislokation und der Frakturmorphologie entscheidend die Indikationsstellung zur primären Schulterprothetik erleichtern, (eigenes Patientenkollekt).

1.5 Frakturklassifizierung

Eine Klassifikation in der Medizin sollte mit einer systematischen und reproduzierbaren Einteilung und Einordnung von Krankheitserscheinungen und Begriffen in Klassen verknüpft sein, die jeweils durch festgelegte Merkmale und Typisierungen charakterisiert werden.

Darüber hinaus sollten Klassifizierungen ein gewisses Maß an Praktikabilität und prognostischer Aussagefähigkeit besitzen.

Epiphysenfrakturen nehmen eine Sonderstellung ein und werden in dieser Arbeit nicht näher beschrieben, da sich in unserem gesamten Kollektiv lediglich eine so genannte Übergangsfaktur im Bereich des Oberarmkopfes bei einer 16-jährigen jugendlichen Patientin (Abb. 27) fand und die Behandlung der kindlichen Frakturen in unserer Klinik im wesentlichen eine Domäne der Kinderchirurgie darstellt. Die Einteilung kindlicher Frakturen erfolgt hier streng nach Aitken 0 - 4 und nach Salter-Harris I - V.



Abb. 27 16-jährige Patientin mit einer Übergangsfaktur im (epi-metaphysär) subcapitalen Bereich mit Angulation des Kopfes nach dorsal, a.-p. und y-Aufnahme.

Alle relevanten Frakturklassifizierungen des Erwachsenen gehen im Wesentlichen auf die 4-Fragmenteinteilung nach Codman (1934) zurück (siehe Abb. 28). Aber auch Böhler (1954) beschrieb Regelmäßigkeiten im Bruchverlauf der vier Hauptfragmente bei proximalen Humerus- und Humeruskopffrakturen und kann daher ebenso wie Codman als Wegbereiter der klinisch relevanten Frakturklassifizierungen bezeichnet werden. Des Weiteren besteht derzeit weitestgehend Einigkeit darüber, dass bei der Versorgung dislozierter proximaler Humerusfrakturen die 3- und 4-Fragmentfrakturen operationstechnisch äußerst anspruchsvoll sind und prognostisch eine sehr ungünstige Bruchform darstellen.

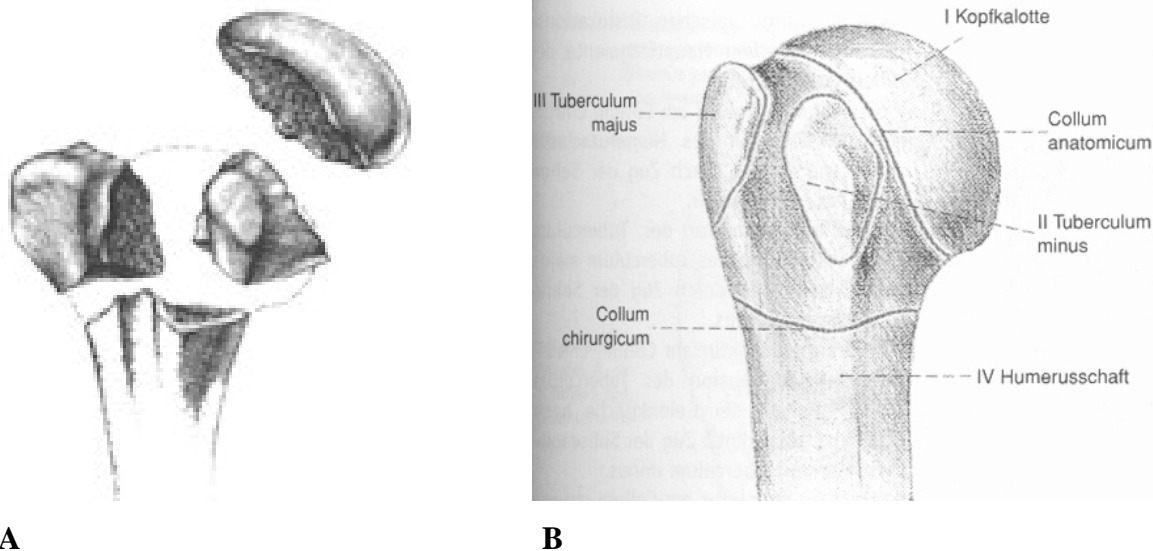


Abb. 28 A, B (A) 4-Fragment-Einteilung nach Codman [21], (B) 4-Fragment-Anatomie des prox. Humerus mit Verlauf des Collum anatomicum et Collum chirurgicum [44].

1.5.1 Neer-Klassifikation

Grundlage dieser 1970 von Neer verfassten Frakturklassifizierung proximaler Humerusfrakturen stellt, wie in Abbildung 28 skizziert, die bereits 1934 von Codman aufgestellte Unterteilung des Humeruskopfes in vier Hauptfragmente (Kalotten-, Tuberkulum majus-, Tuberkulum minus- und Schaftfragment) dar [21].

Die entscheidenden Kriterien für das Vorliegen einer Mehrfragmentfraktur nach Neer sind die Dislokation oder Verschiebung eines Fragmentes um mehr als 1cm und oder die Abkippung (Angulation) eines Fragmentes um mehr als 45°. Demnach werden die

dislozierten Frakturen unter Hinweis auf die Abb. 30 - 33 in 2-, 3- und 4-Fragmentfrakturen eingeteilt.

Die Luxationsfrakturen und die Head-splitting-Frakturen erfasste Neer in besonderen bzw. in eigenen Gruppen (Abb. 33). Diese Klassifizierung ist bis heute für den klinischen Alltag eine der gebräuchlichsten Fraktüreinteilungen, obgleich man den 3- und 4-Fragmentfrakturen nicht die prognostische Einschätzung in Abhängigkeit des Frakturverlaufs und der so entscheidenden Bruchhöhe in Bezug zum Collum anatomicum bzw. zum prognostisch günstigeren chirurgischen Hals ablesen kann. Gleichwohl nimmt nach Neer mit steigender Anzahl der Fragmente auch die Gefahr einer Störung der Kopfdurchblutung zu. Nach Neer werden allerdings auch die nicht oder nur gering dislozierten stabilen proximalen Oberarmfrakturen als Einteile- bzw. 1-Fragmentfraktur (one part fractures) klassifiziert [85, 86, 87].

Eine Schwäche der Neer-Klassifizierung ergibt sich daher jedoch aus seiner Definition der Fragmentdislokation, so dass daraus resultierend etwa die Hälfte aller proximalen Humerusfrakturen als nur gering bzw. minimal dislozierte Frakturen zusammengefasst werden, wodurch aber der so wichtigen Frakturmorphologie nicht immer Rechnung getragen wird [74]. Die nachfolgenden Abbildungen 29 - 32 (eigenes Patientengut) und die Abbildung 33 veranschaulichen die Frakturtypen der Neer-Klassifikation in Abhängigkeit von der Anzahl ihrer Fragmente unter Einbeziehung von Head Splitting- und Luxationsfrakturen.

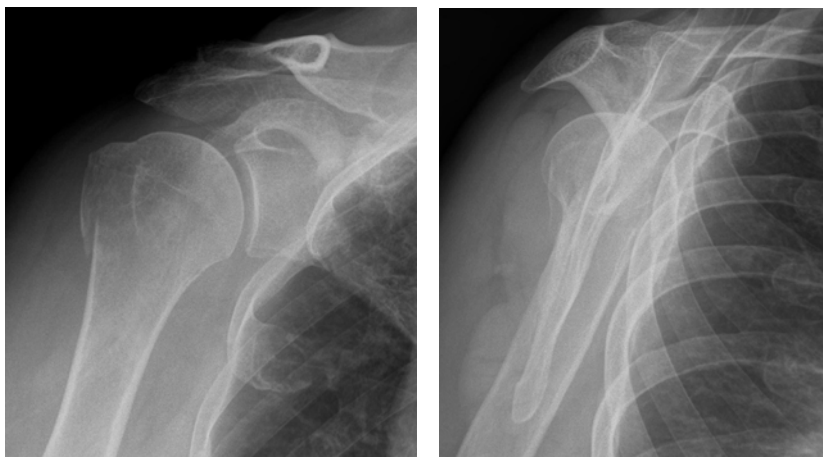


Abb. 29 Neer 1-Fragment-Fraktur: a.-p. und y-Aufnahme



Abb. 30 Neer 2-Fragment-Fraktur: a.-p. und y-Aufnahme



Abb. 31 Neer 3-Fragment-Fraktur a.-p. Neer 4-Fragment-Fraktur a.-p. Head Splitting a.-p.

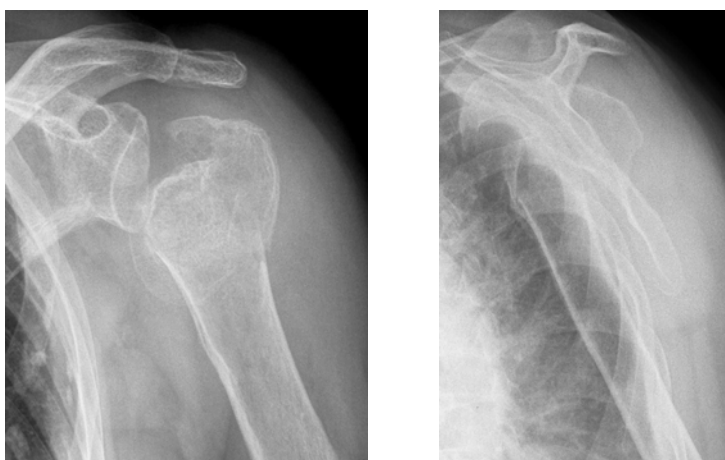


Abb. 32 Ein weiteres Beispiel für eine osteoporotische Head Split-Fraktur nach Neer, a.-p. und y-Aufnahme

	Dislozierte Frakturen			Impressions-Frakturen	
	2 Fragmente	3 Fragmente	4 Fragmente		
anatomischer Hals					
chirurgischer Hals					
Tuberculum majus					
Tuberculum minus					
Luxations-frakturen	nach vorne				
	nach hinten				
Head Splitting					

Abb. 33 Klassifikation nach Neer [44]

Eine Modifikation der Neer-Klassifikation stellt die klinisch zunehmend an Bedeutung gewinnende Habermeyer-Klassifikation dar, welche die Differenzierung des intra- und extraartikulären Frakturverlaufs berücksichtigt und der Beziehung zwischen anatomischem und chirurgischem Hals seitens der damit verknüpften Prognose eher gerecht wird. Ferner klassifiziert Habermeyer im Gegensatz zu Neer die Luxationsfrakturen erst nach durchgeführter Reposition, wobei ventrale Luxationen mit Grad 1 und dorsale Luxationen mit Grad 2 beziffert werden [43, 74].

1.5.2 AO-Klassifikation

Eine weitere der international gebräuchlichsten Frakturklassifizierungen ist die Einteilung der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO/ASIF). Die AO-Klassifikation unterteilt die Frakturen in 3 Hauptgruppen mit zunehmendem Schweregrad. Jede dieser drei Hauptgruppen wird wiederum in insgesamt 9 Untergruppen unterteilt, so dass sich letztendlich 27 Möglichkeiten der Frakturklassifizierung ergeben.

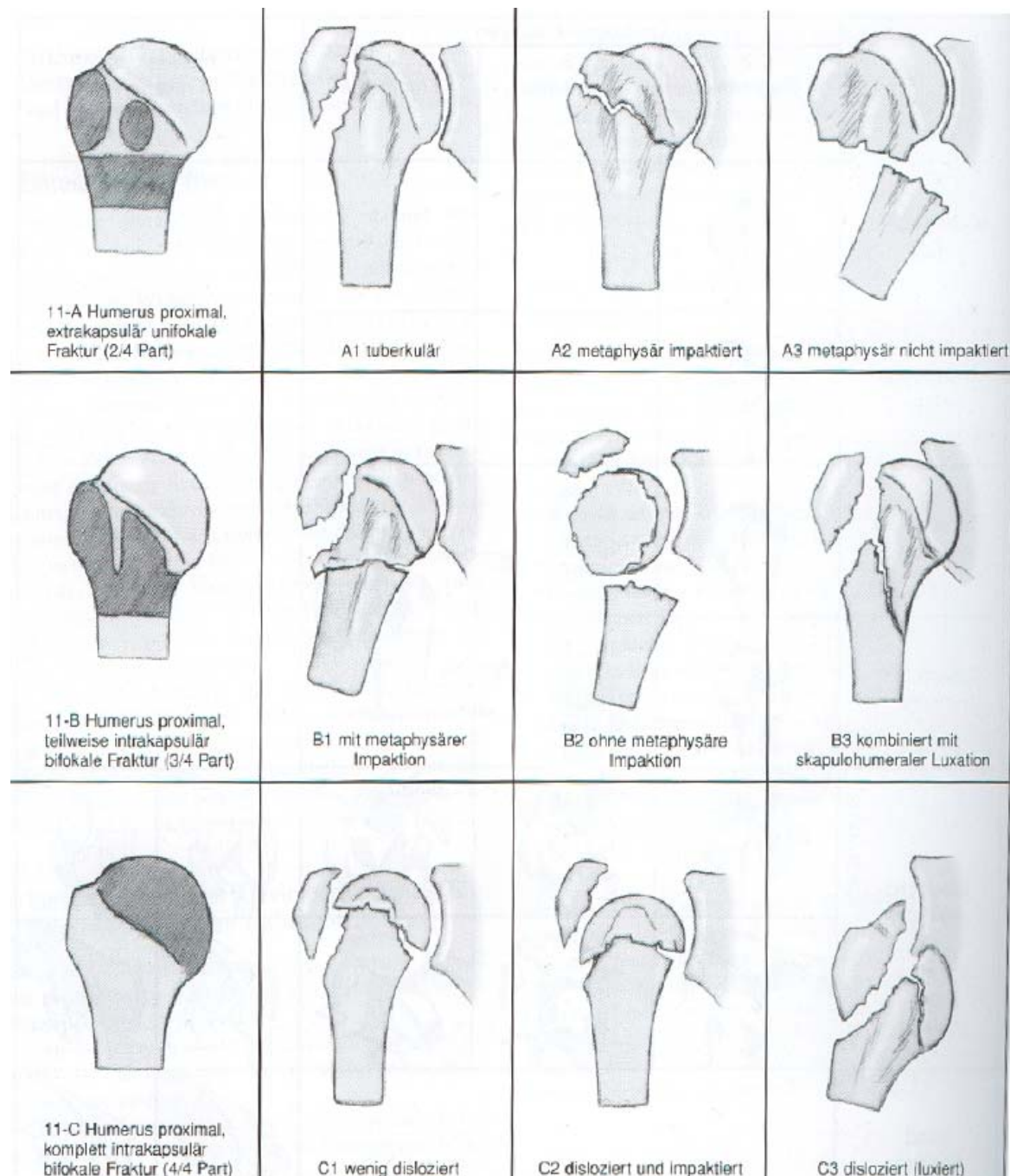


Abb. 34 Klassifikation nach AO [44]

Entscheidend ist hierbei die an die jeweilige Zuordnung geknüpfte Prognose, die sich mit Zunahme des Schweregrades und der alphabetischen wie numerischen Höhe der (Subklassen-) Klassifizierungseinstufung entsprechend verschlechtert. Die Abbildungen 34 - 37 zeigen die 9 Hauptgruppen mit Frakturbeispielen des eigenen Patientenkollektivs, wobei aber insgesamt 27 Subklassifizierungen möglich sind [84].

Die AO-Klassifizierung liefert uns zwar eine genauere morphologische Zuordnung, eine dezidierte Abbildung der Komplexität des jeweiligen Frakturtyps und ermöglicht ebenso wie die Neer-Klassifizierung eine Vergleichbarkeit und Transparenz, der damit verbundene Umfang der Subklassifizierungen aber scheint die Umsetzbarkeit im klinischen Alltag zu erschweren. Durch Weglassen der Subklassifikationen vereinfachte sich die AO-Klassifikation erheblich und eine Vergleichbarkeit und Verbesserung der Ergebnisse in Übereinstimmung mit der Neer-Klassifikation wäre eine denkbare Folge.

Typ-A-Frakturen sind per definitionem rein extrakapsulär (extraartikulär) gelegene Frakturformen mit günstiger Prognose, da nur eine geringe bis minimale Wahrscheinlichkeit für das Auftreten avaskulärer Probleme besteht. Auch die Tuberkulum majus-Frakturen werden dieser Gruppe bzw. Typenklasse zugeordnet.



Abb. 35 A 1 a.-p.

A 2 a.-p.

A 3 a.-p.

Typ-B-Frakturen sind Brüche, die zum Teil schon intrakapsulär (intraartikulär) liegen. Hier sind schon drei der möglichen Frakturfragmente betroffen, womit aufgrund der Morphologie bereits ein erhöhtes Nekroserisiko besteht.

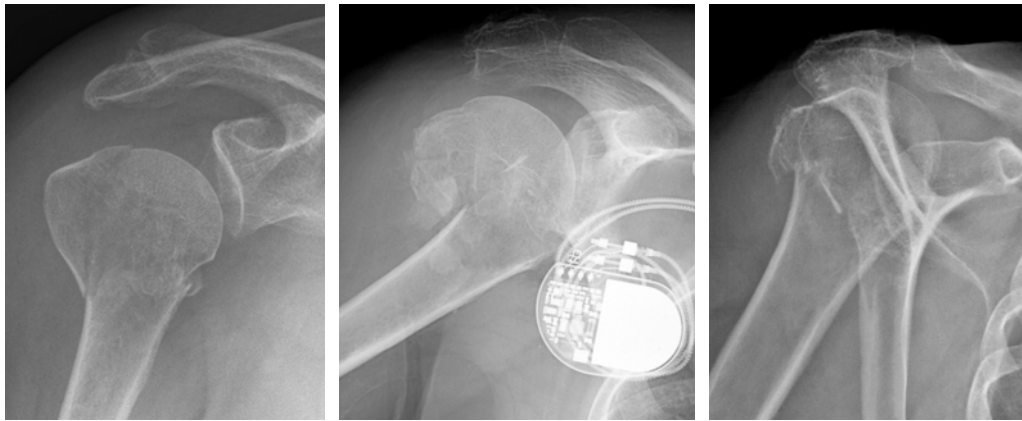


Abb. 36 B 1 a.-p.

B 2 a.-p.

B 3 a.-p.

Typ-C-Frakturen hingegen besitzen das größte Risiko avaskulärer Oberarmkopfnekrosen, da sie entsprechend ihres Frakturverlaufs als intrakapsulär (intraartikulär) gelegene Frakturen klassifiziert werden. Insbesondere die 4-Fragmentfrakturen mit Isolierung des Kopffragmentes von der Durchblutung sind prekär und gehen prognostisch mit einem besonders hohen Nekroserisiko einher.



Abb. 37 C 1 a.-p.

C 2 a.-p.

C 3 a.-p.

1.6 Schulterfunktionsbewertung

Um die Vergleichbarkeit klinischer Untersuchungsergebnisse sicher zu stellen und zu gewährleisten sind konstante und weit verbreitete Evaluierungssysteme unerlässlich.

Ein klinischer Score ist als ein numerisches Bewertungssystem definiert, welches den Zustand eines Patienten für bestimmte Kriterien zu einem bestimmten Zeitpunkt

beschreibt. Die so ermittelten Punktwerte werden dann entsprechend zu einer Gesamtpunktzahl zusammengefasst, die eine Bewertung und punkteabhängige Zuordnung in klassifizierte Gruppen erlauben, die zum Beispiel mit den Attributen „gut“, „mäßig“ oder „schlecht“ korrelieren.

Die meisten der medizinisch verwandten Scores sind zweigeteilt und basieren einerseits auf einer zu ermittelnden subjektiven Selbsteinschätzung des befragten und untersuchten Patienten, andererseits werden durch den Untersucher objektive bzw. objektivierbare Messergebnisse erhoben und ermittelt, die wissenschaftlich festgelegt, nachvollziehbar und definiert sind. Die Addition sowohl der subjektiven als auch der objektiven numerischen Messwerte ergeben dann unabhängig von ihrer Gewichtung das Endergebnis.

Auch nichtnumerische Bewertungsschemata erlauben eine merkmalsabhängige Einordnung in bestimmte Bewertungsstufen, ebenso wie die häufig zu Grunde gelegten so genannten visuellen bzw. visualisierten Analogskalen, die Angaben wie z.B. die subjektiv geäußerten Schmerzen oder auch die Angaben des Patienten mit Blick auf dessen subjektive Zufriedenheit in zuvor definierte Bewertungsstufen oder Kategorien widerspiegeln [123, 62].

1.6.1 Constant-Murley-Score

Der Schulterfunktionsscore von Constant und Murley, der 1987 in ihrer Arbeit über einen Untersuchungsscore zur Messung der Schulterfunktion veröffentlicht wurde, gilt mittlerweile als eines der am weitesten verbreiteten und gebräuchlichsten Messsysteme zur Evaluierung der Schulterfunktion. Das Hauptanliegen der Autoren war, eine Trennlinie zwischen der diagnostischen und der funktionellen Bewertung der Schulter zu schaffen. Ferner sollte zur Beurteilung des funktionellen Outcome und Benefit des Patienten nach Verletzungen und Behandlungen von Erkrankungen der Schulter im Wesentlichen auch nur die Bewertung der verbliebenen Funktion herangezogen werden.

Dem Score nach Constant liegen bei einer maximalen Punktzahl von 100 Punkten 65% objektive und 35% subjektive Beurteilungskriterien zu Grunde. Der Score lässt sich im

Weiteren in 4 Einheiten unterteilen, die jeweils eine quantitative und qualitative Differenzierung nach sich ziehen. Es sind dies als objektive Kriterien das Bewegungsausmaß und die Kraft sowie als subjektive Kriterien die Schmerzen und die täglichen Aktivitäten des Patienten.

Das objektivierbare Bewegungsausmaß des Schultergelenkes in Form der in Winkelgraden gemessenen Bewegungsumfänge von Flexion, Abduktion, Außen- und Innenrotation kann mit einer maximalen Punktzahl von 40 Punkten bewertet werden, wobei jede Qualität bei optimaler, nicht eingeschränkter Beweglichkeit 10 Punkte erhält. Die ebenfalls objektivierbare Kraft wird mit einer maximalen Punktzahl von 25 Punkten gewichtet.

Die subjektive Schmerzangabe des Patienten orientiert sich an einer vorgegebenen Punkteskala von 0 - 15 erreichbaren Punkten, wobei 15 Punkte für keinerlei Schmerzen im Sinne einer völligen Schmerzfreiheit vergeben werden, 10 Punkte bedeuten leichte Schmerzen und 5 Punkte repräsentieren mäßige Schmerzen, während 0 Punkte einen nicht akzeptablen starken Schmerzzustand beschreiben.

Die gleichfalls als subjektives Beurteilungskriterium zu klassifizierenden so genannten Alltagsaktivitäten unterteilen sich in 4 Modalitäten, von denen ein auf die betroffene Schulter bezogener ungestörter schmerzfreier Schlaf mit maximal 2 Punkten beurteilt wird. Nicht eingeschränkte berufliche oder häusliche Aktivitäten des Patienten erreichen eine maximale Punktzahl von 4 Punkten, ebenso wie eine erhaltene ungestörte Freizeit- oder sportliche Aktivität. Die zu ermittelnde maximale schmerzfreie und ungestörte, nicht mit Schmerzen einhergehende, Arbeits- oder Gebrauchshöhe des jeweiligen Armes wird abgestuft in 2 Punkteschritten von der Gürtelhöhe, zur Brusthöhe, über die Nacken- und Scheitelhöhe bis hin zur schmerzfreien und ungestörten Überkopftätigkeit mit dann maximal 10 Punkten bewertet.

Tabelle 1 zeigt nachfolgend die beschriebene Punktezuordnung im Constant-Murley-Score in Abhängigkeit von den objektiven (65 %) und subjektiven (35%) Beurteilungskriterien [22, 23, 24].

Leider erfolgte durch die Autoren jedoch keine Zuordnung der einzelnen Punkteintervalle zu einer entsprechenden Bewertungsqualität bzw. in eine entsprechende Kategorie. In den meisten Veröffentlichungen werden analog der Einteilung im Neer-Score bei ebenfalls maximal 100 zu erreichenden bzw. zu vergebenden Punkten die in Tabelle 2 dargestellten 4 Bewertungskategorien, wie auch in der vorliegenden Studie, verwandt.

Tab. 1 Beurteilungskriterien nach Constant und Murley (1987)

	<u>Kriterien</u>	<u>Punkte</u>
Schmerz	keine	15
	gering / leicht	10
	mäßig	5
	stark /heftig	0
Einschränkung im Beruf	Nicht eingeschränkt	4
	Weniger als zur Hälfte	3
	Zur Hälfte eingeschränkt	2
	Mehr als zu Hälfte	1
	Vollständig eingeschränkt	0
Einschränkung in der Freizeit	Nicht eingeschränkt	4
	Weniger als zur Hälfte	3
	Zur Hälfte eingeschränkt	2
	Mehr als zur Hälfte	1
Arbeitshöhe	Vollständig eingeschränkt	0
	Über den Kopf	10
	Scheitelhöhe	8
	Nackenhöhe	6
	Brusthöhe	4
Beeinflussung Schlaf durch Schmerz	Gürtelhöhe	2
	Nicht gestört	2
	Gelegentliches Aufwachen	1
Beweglichkeit / Funktion	Regelmäßiges Aufwachen	0
	Anteversion 151-180°	10
	Anteversion 121-150°	8
	Anteversion 91-120°	6
	Anteversion 61-90°	4
	Anteversion 31-60°	2
	Anteversion 0-30°	0
	Abduktion 151-180°	10
	Abduktion 121-150°	8
	Abduktion 91-120°	6
	Abduktion 61-90°	4
	Abduktion 31-60°	2
	Abduktion 0-30°	0
	Innenrotation zw. Schulterblätter	10
	Innenrotation über Gürtel	8
	Innenrotation Gürtelhöhe	6
	Innenrotation bis unter Gürtel	4
	Innenrotation bis Taschenbeginn	2
	Innenrotation nicht möglich	0
	Außenrotation Hand über Kopf	10
Außenrotation Hand auf Scheitel (Ellenbogen seitlich)	8	
Außenrotation Hand auf Scheitel (Ellenbogen vorne)	6	
Außenrotation Hand im Nacken (Ellenbogen seitlich)	4	
Außenrotation Hand im Nacken (Ellenbogen vorne)	2	
Außenrotation nicht möglich	0	
Kraftmessung (Handgelenk)*	12kp	25
	11 kp	24
	10 kp	22
	9 kp	20
	8 kp	18
	7 kp	15
	6 kp	13
	5 kp	11
	4 kp	9
	3 kp	7
	2 kp	4
1 kp	2	
0,5 kp	1	



*Arm im rechten Winkel und leicht vor den Körper 5 sec. gehalten (1Pfund=0,4536kp)

Tab. 2 Punktebewertung: Constant-Score

<u>Bewertungsqualität</u>	<u>Punkte-Intervall</u>
ausgezeichnet	90-100
gut	80-89
mäßig	70-79
schlecht	<70

90-100 Punkte entsprechen einem „ausgezeichneten“ Ergebnis, 80-89 Punkte bedeuten ein „gutes“, 70-79 Punkte nur noch ein „mäßiges“ und eine erreichte Punktzahl unter 70 Punkten korreliert mit einem „schlechten“ Ergebnis.

1.6.2 Neer-Score

Ein weiterer international anerkannter und etablierter Schulterfunktionsscore ist der Score nach Neer. Dieser ebenfalls die Schulterfunktion beschreibende Score steht als Synonym des Scores der American Academy of Orthopaedic Surgeons. Eine Besonderheit dieses Scores liegt in der Tatsache begründet, dass er, wenn auch seitens der numerischen Punktevergabe minimal, so doch als einziger eben auch das röntgenologisch nachweisbare anatomische Ausheilungsergebnis der Fraktur mitberücksichtigt.

Liegt ein optimales Ausheilungsergebnis vor, so wird dies mit maximal 10 Punkten bewertet. Bei leichten anatomisch erkennbaren Beeinträchtigungen, die funktionell nicht ins Gewicht fallen, können noch 8 Punkte vergeben werden. Bei mäßigen aber schon die Funktion beeinflussenden anatomischen Veränderungen resultieren 4 Punkte und ein schlechtes Ausheilungsergebnis mit starken nicht mehr tolerablen postoperativen Schäden des Knochens und oder des Gelenkes kann nur noch mit maximal 0 - 2 Punkten in die Auswertung einfließen. Diesbezüglich sind mit Hilfe der konventionellen Röntgenaufnahmen die Ausheilungsergebnisse dahin gehend zu analysieren, ob partielle oder totale Oberarmkopfnekrosen, Gelenkinkongruenzen, in Fehlstellung konsolidierte Frakturausheilungen, sekundäre Dislokationen oder Pseudarthrosen vorliegen. Ferner gilt es, nach postraumatischen paraartikulären Verkalkungen ebenso zu fahnden wie nach sekundären Sinterungen und Dislokationen einzelner Fragmente, insbesondere auch hinsichtlich eines subacromialen Impingements, sei es durch ein disloziertes (nicht

anatomiegerecht eingeheltes) Tuberkulum majus-Fragment oder durch eine zu weit cranial angebrachte Plattenlage erklärt bzw. ausgelöst. Gleichzeitig können so alle implantatspezifischen (Spät-) Komplikationen erfasst und berücksichtigt werden ebenso wie primäre und sekundäre anatomische Fehlstellungen.

Im Gegensatz zum Constant Score verteilen sich im Neer Score die objektiven und subjektiven Beurteilungskriterien in der Gewichtung bezogen auf die prozentualen Anteile genau umgekehrt.

Neer bezieht lediglich 35% objektive dafür aber insgesamt 65% subjektive Bewertungskriterien in seine Beurteilung mit ein, die sich, wie in Tabelle 3 dargestellt, wie folgt aufschlüsselt:

Der Schmerz als subjektives Beurteilungskriterium ist in abgestufter Form von 0 Punkten für eine gravierende mit permanenten Schmerzen einhergehende Funktionseinbuße bis zu maximal 35 Punkten für eine völlig schmerzfreie Schulterfunktion abgebildet. Bei leichten, gelegentlich auftretenden aber die Funktion nicht beeinträchtigenden Schmerzen können noch bis zu 30 Punkte und bei milden Schmerzen, die jedoch noch keinen Einfluss auf wichtige Alltagsaktivitäten haben, bis zu 25 Punkte vergeben werden. Mäßige, noch als tolerabel zu bezeichnende Schmerzzustände, die jedoch schon mit geringen Funktionsdefiziten einhergehen, werden einer maximalen Punktzahl von 15 Punkten und solche mit deutlichen bzw. erheblichen Behinderungen korrelierende Schmerzsituationen sind mit nur noch maximal 5 Punkten repräsentiert.

Das Merkmal Kraft wird bei Neer subjektiv vom Patienten selbst eingeschätzt und kann bei erhaltener normal wiedererlangter Ausdauer und Kraftintensität mit maximal 10 Punkten eingeschätzt werden.

Seitens der weiteren subjektiv einzuschätzenden Funktionsfähigkeit werden hinsichtlich alltäglicher Verrichtungen für das Erreichen des Hinterkopfes, des Mundes, der Gürtelschnalle, der Achsel der Gegenseite und das mögliche Verschließen eines BH im Sinne der Retroversion und Innenrotation des betreffenden Armes je 2 Punkte verbucht. Die Überprüfung der Schulterstabilität findet ebenfalls seinen Niederschlag in Form einer subjektiven Einschätzung, die sich mit den Fähigkeiten verbindet, ob der Proband Heben, Werfen, Hämmern, Stoßen oder mit dem operierten Arm noch Überkopftätigkeiten im Sinne von Halteverrichtungen ausführen kann. Auch für diese Merkmale werden maximal je 2 Punkte addiert.

Tab. 3 Beurteilungskriterien nach Neer (1970)

	<u>Kriterien</u>	<u>Punkte</u>	
Schmerzen	Keine	35	
	Schwach, gelegentlich, keine Aktivitätseinschränkung	30	
	Leicht, kein Einfluss auf normale Aktivitäten	25	
	Mäßig, erträglich, leichte Einschränkungen	15	
	Stark, gravierende Einschränkungen	5	
	Schulter völlig unbrauchbar	0	
	Funktion		
	Kraft	normal	10
	gut	8	
	ausreichend	6	
	wenig	4	
	Reste	2	
	keine	0	
Reichweite	Hinter Kopf	2	
	Mund	2	
	Gürtelschnalle	2	
	Achsel der Gegenseite	2	
Stabilität	Heben	2	
	Werfen	2	
	Hämmern	2	
	Stossen	2	
	Über Kopf halten	2	
Röntgen: Anatomische Schäden erkennbar	keine	10	
	leichte	8	
	mäßige	4	
	ernste	0-2	
Beweglichkeit Flexion / Anteversion	180°	6	
	170°	5	
	130°	4	
	100°	2	
	80°	1	
	weniger	0	
	Extension / Retroversion	45°	3
		30°	2
		15°	1
		weniger	0
Abduktion	180°	6	
	170°	5	
	130°	4	
	100°	2	
	80°	1	
	weniger	0	
Außenrotation	60°	5	
	30°	3	
	10°	1	
	weniger	0	
Innenrotation	90°	5	
	70°	4	
	50°	3	
	30°	2	
	weniger	0	

Die Ermittlung der Beweglichkeit bzw. des Bewegungsumfanges wiederum durch den Untersucher ist als objektives Bewertungskriterium einzustufen und wird bei optimaler, uneingeschränkter Funktion mit maximal 25 Punkten versehen, von denen winkelabhängig bis zu 6 Punkte für die Flexion (Anteversion), 3 Punkte für eine funktionsgerechte Extension (Retroversion), 6 Punkte für die Abduktion bei 180° und jeweils 5 Punkte für eine uneingeschränkte Innen- und Außenrotation erreicht werden können [85, 86, 87, 88].

Der Auswertung des Neer Score liegt die nachfolgende Punkteaufschlüsselung in 4 Ergebnisgruppen (Tab. 4) zu Grunde: 90 -100 Punkte entsprechen einem sehr guten (excellent), 80-89 Punkte einem befriedigenden (satisfactory), 70-79 Punkte einem unbefriedigenden (unsatisfactory) und weniger als 70 (0-69) von maximal 100 erreichbaren Punkten entsprechen einem nicht tolerablen schlechten (failure) Ergebnis.

Tab. 4 Punktebewertung: Neer-Score

<u>Bewertungsqualität</u>	<u>Punkte-Intervall</u>
Sehr gut / excellent	90-100
Befriedigend / satisfactory	80-89
Unbefriedigend / unsatisfactory	70-79
Schlecht / failure	0-69

1.6.3 Einschätzung der subjektiven Patientenzufriedenheit

Da die Score-basierten Ergebnisse nicht zwingend mit der subjektiven Patientenzufriedenheit, wie unter anderem Tingart et al. in ihrer vergleichenden Untersuchung untermauern konnten, übereinstimmen, haben auch wir unsere Score-basierten Ergebnisse mit Blick auf die subjektive Patientenzufriedenheit durch zwei zusätzlich in Ansatz gebrachte so genannte visuelle (visualisierte) Analogskalen ergänzt. Tingart et al. wiesen statistisch fundiert nach, dass insbesondere bei älteren Patienten das Outcome bzw. Benefit nicht zwangsläufig mit den im Constant- oder im Neer-Score ermittelten Ergebnissen übereinstimmte, denn gerade bei den über 60-jährigen schätzten

über 20% der Befragten ihre Schulterfunktion besser ein als die tatsächlichen Score-basierten Ergebnisse widerspiegeln [62, 123].

1.6.3.1 VAS 1-6 (visuelle Analogskala)

Um die subjektive Patientenzufriedenheit unseres gesamten nachuntersuchten Kollektivs zu evaluieren, haben wir in Schulnotenform von sehr gut (1) und gut (2) für mit dem Operationsergebnis bezogen auf die Funktion, häusliche wie berufliche und Freizeitaktivitäten, sehr und hoch zufriedenen Patienten, bis hin zu mit mangelhaft (5) und mit ungenügend (6) qualifizierter Selbsteinschätzung eine entsprechende visuelle Analogskala erstellt. Patienten, die ihr Ergebnis noch mit befriedigend (3) oder ausreichend (4) einstufen wurden in die Gruppe mit mäßiger Zufriedenheit eingestuft, während die unzufriedenen Patienten (5er und 6er) in die Gruppe mit schlechten Ergebnissen zusammengefasst wurden.

Tab. 5 visuelle Analogskala in Schulnoten – subjektive Patientenzufriedenheit

<u>Schulnote</u>	<u>Subjektive Pat.zufriedenheit</u>	<u>Bewertung</u>
Sehr gut	Sehr gut / gut	1
Gut	Sehr gut / gut	2
Befriedigend	mäßig	3
Ausreichend	mäßig	4
Mangelhaft	schlecht	5
Ungenügend	schlecht	6

1.6.3.2 Visuelle Constant-Schmerzskala (VAS CS 0-15)

Da die durch eine Operation herbeigeführte Schmerzfreiheit bzw. die nach einer Operation sich ergebende Schmerzsituation des Patienten neben der wiedererlangten Funktion ein ganz wesentliches Kriterium für die subjektive Patientenzufriedenheit darstellt, haben wir die im Constantscore aufgeführte Schmerzskala von 0 (für ständig auftretende Schmerzen) bis 15 (eine absolut schmerzfreie Ausheilungssituation repräsentierend) im Zusammenhang mit einer dezidierten Schmerzbefragung genutzt, um eine weitere visualisierte (visuelle) subjektive Zufriedenheitsskala zu erstellen und

entsprechend zu veranschaulichen. Eine Zuordnung von 0 - 4 Punkten entsprach einer noch als absolut schmerzfrei und beschwerdefrei zu bezeichnenden Selbsteinschätzung. In der abgestuften Punktezuordnung von 5 - 9 Punkten waren die Patienten abgebildet, die ihre Situation noch als zufrieden einschätzten, jedoch an Wetterfühligkeit litten und bei denen in der Regel nur bei starker Belastung erträgliche Schmerzen oder Beschwerden auftraten. Mit den in der Abstufung von 10 - 15 zu vergebenden Scorepunkten wurden subjektive Patientenzustände beschrieben, die mit häufig auftretenden bis hin zu ständigen zum Teil sehr starken Schmerzen und Beschwerden korrelierten.

Tab. 6 visualisierte Constant-Schmerzskala

<u>Subjektive Patientenzufriedenheit</u>	<u>Schmerzpunkte</u>	<u>Bewertung</u>
Schmerz- und Beschwerdefrei Wetterfühlig, (erträglich)	0-4	Sehr gut / gut
Schmerzen nur bei starker Belastung	5-9	zufrieden
Häufig auftretende bis stärkste Schmerzen	10-15	unzufrieden

1.7 Ziele dieser Arbeit (Arbeitshypothese)

Ziel dieser retrospektiven Studie sollte es daher sein, den Stellenwert bzw. die Wertigkeit der winkelstabilen Plattenosteosynthese im Vergleich zu herkömmlichen Therapieverfahren hinsichtlich des Outcome und Benefit für den Patienten zu evaluieren.

Tragen winkelstabile Implantate wesentlich mit zur Lösung der aufgezeigten klinisch relevanten Problematik bei?

Können die zur Diskussion stehenden Komplikationsraten im Vergleich mit alternativen Verfahren signifikant gesenkt werden?

In unserer abschließenden Diskussion sollten insbesondere die eigenen Ergebnisse mit der Literatur verglichen und die Überprüfung der Indikationsstellung in Abhängigkeit vom jeweiligen Frakturtyp gewichtet werden, um möglicherweise Therapieoptionen optimieren bzw. diskutieren zu können.

Unser statistisch gesehen sehr aussagekräftiges und für proximale Humerusfrakturen als repräsentativ zu bezeichnendes Patientenkollektiv von definitiv 273 Patienten mit 281 ausgewerteten Frakturen wurde mit Hilfe des Constant-Murley- und des Neer-Score hinsichtlich ihrer objektivierbaren postoperativen Schulterfunktion und der scorebezogenen subjektiven Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis mit Blick auf die verbliebenen Fähigkeiten der Alltags- und Berufsbewältigung nachuntersucht. Die rein subjektive Patientenzufriedenheit wurde zusätzlich mittels einer visuellen Analogskala (VAS 1-6) nach Schulnoten sowie analog der Schmerzskala im Constant-Score (Constant VAS 0-15) visualisiert und ermittelt. Bei allen Fällen erfolgte eine radiologische Auswertung des röntgenologisch nachweisbaren Ausheilungsergebnisses und der damit verbundenen und verifizierbaren Komplikationen. Die statistische Auswertung erfolgte deskriptiv (Microsoft® Office Excel 2003 SP2) und analytisch (t-Test - parametrische Korrelation bzw. lineare Modelle – Regressionsanalyse auf signifikante Steigung, Chi-Quadrat-Test – Verteilungseigenschaften und ANOVA – univariate Varianzanalyse sowie Präzisierung der Mittelwerte durch Konfidenzintervalle) zum Teil mit der Software SPSS und insbesondere mit dem Statistikprogramm R: A Language and Environment for Statistical Computing (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org>). Die wichtigsten in dieser Arbeit verwandten statistischen Tests werden im Einzelnen unter 2.2.1 aufgeführt und beschrieben.

2 Material und Methoden

2.1 Analyse Patientengut allgemein

Von den insgesamt 516 zur Nachuntersuchung angeschriebenen und postalisch eingeladenen Patientinnen und Patienten, nahmen letztendlich nach patientenfreundlicher Terminabsprache via zusätzlich geführter Telefonate oder in Form einer Kontaktaufnahme per E-Mail 276 Patienten an unserer Studie teil. Da sich bei 3 Patienten leider zum Untersuchungszeitpunkt nahezu eine vollständige Parese der betroffenen Körperseite im Sinne einer Hemiplegie oder eine brachiocephale Lähmungsausprägung mit Beteiligung des operierten Armes auf dem Boden eines zwischenzeitlich erlittenen apoplektischen Insultes zeigte, konnten diese trotz eines klinisch (passive Beweglichkeit) und radiologisch guten Ausheilungsergebnisses nicht mit in die Auswertung einfließen.

86 Einladungen konnten auch trotz eines Nachstellungsantrages und Anschriftenrecherche nicht zugestellt werden. 10 Patienten waren zwischenzeitlich nach Mitteilung von Angehörigen verstorben. Von weiteren 8 Patienten erfuhren wir, dass sie so schwer erkrankt seien, dass eine Vorstellung nicht realisierbar war. 2 Patienten litten in der Zwischenzeit an einer hochgradigen Demenz, ein Weiterer war beinamputiert und bei 3 weiteren Patienten war eine bettlägerige Pflegebedürftigkeit eingetreten. Weitere 5 ehemals Operierte waren ebenfalls unbekannt verzogen.

9 Patienten teilten uns telefonisch mit, dass sie sehr zufrieden seien, ausgezeichnet zurecht kämen und auf eine Nachuntersuchung verzichteten. Sehr erfreulich waren die insgesamt 13 recht ausführlichen Mitteilungen von Angehörigen oder Lebensgefährten unserer Operierten, die uns über die im Einladungsschreiben angegebene E-Mail Adresse erreichten. Von diesen 13 Patienten seien alle mit dem Operationsergebnis mehr als zufrieden, da sie keinerlei Schmerzen im operierten Arm verspürten und sie im täglichen Leben insgesamt trotz zum Teil zu verzeichnender geringer Bewegungseinschränkungen keine weiteren sichtbaren Einbußen davon getragen hätten.

2.2 Studiendesign und statistische Auswertung

Im Zeitraum von September 2000 bis Dezember 2006 wurde in unserer Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie unter der Leitung von Herrn Klinikdirektor Prof. Dr. med. H.-U. Langendorff bei insgesamt 524 dislozierten proximalen Humerusfrakturen eine winkelstabile Oberarmplatte eingesetzt.

Ab Mai 2005 verwendeten wir neben dem vorgestellten winkelstabilen Großfragmentimplantat (Königsee) zusätzlich das beschriebene winkelstabile Kleinfragmentimplantat (Stryker).

Das Großfragmentimplantat kam in dieser Zeit 446-mal und das Kleinfragmentimplantat insgesamt 78-mal zum Einsatz.

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive klinische und radiologische Nachuntersuchung zur Evaluierung der Behandlungseffektivität. Von unseren operierten Patienten konnten insgesamt 273 mit 281 stattgehabten dislozierten proximalen Oberarmfrakturen ausgewertet werden. Das Kreisdiagramm in Abb. 38 gibt in Prozent das Verhältnis Frauen zu Männern wieder.

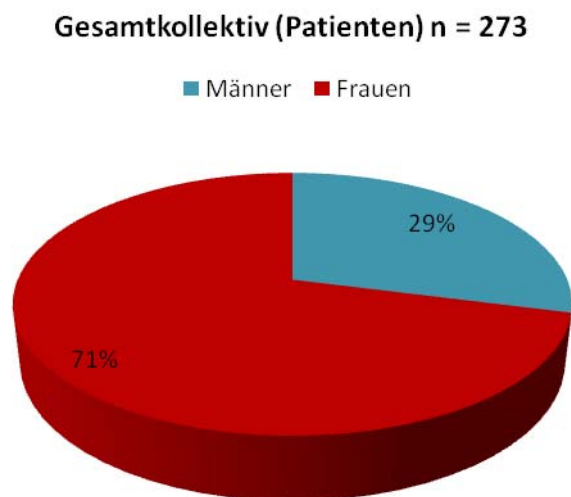


Abb. 38 Verhältnis Frauen : Männer, 273 Pat. mit 281 Frakturen (195 Frauen/78 Männer)

Von den insgesamt 273 Patienten wiesen 8 beidseitige Frakturen auf. Die Nachuntersuchungsrate der ausgewerteten Fälle in der Zeit von Anfang März 2007 bis Ende Juni 2007 betrug 53,63% (281/524). Das Durchschnittsalter unseres

Patientenkollektivs lag bei 67,99 (18-95) Jahre und verteilte sich auf 195 Frauen und 78 Männer.

Festgelegt wurde ein Follow-up von mindestens 6 Monaten. Die Fraktуреinteilung erfolgte nach der aktuellen Neer- und nach der AO-Klassifikation. Einschlusskriterien für die Nachuntersuchung waren die mittels winkelstabilem Implantat durchgeführte operative Versorgung einer proximalen Humerusfraktur nach gestellter Operationsindikation analog der Kriterien nach Neer (1cm Dislokation oder größer 45 Grad Achsfehlstellung) sowie eine für die Patienten zumutbare Entfernung zur Klinik und die damit verbundene Transport- oder Reisekostenübernahme durch die Patienten selbst oder deren Angehörige. Mit höchster Dringlichkeit wurden stark dislozierte, instabile Mehrfragmentfrakturen und Luxationsfrakturen versorgt.

Die mittlere Operationsdauer betrug 77,99 (SD 28,42) Minuten. Die Indikation zur endoprothetischen Versorgung wurde in der Regel erst intraoperativ in Abhängigkeit von der tatsächlich vorliegenden Frakturschwere und der damit verbundenen und zu erwartenden Durchblutungssituation im Sinne einer zu erwartenden Kopfnekrose gestellt.

Präoperativ wurden bei Frakturverdacht neben einer bedingt ausführlichen klinischen Untersuchung und Anamnese Standardröntgenaufnahmen in 2 Ebenen (a.-p. und y-Aufnahme bzw. transthoracal) angefertigt. Bei nativradiologisch nachweisbaren Mehrfragmentfrakturen des Humeruskopfes oder bei unklaren Begleitverletzungen unter Einbeziehung präoperativ geschlossen (nicht blutig) reponierter Luxationsfrakturen erfolgte vor der Indikationsstellung aus operationstaktischen und aufklärungsrelevanten Erwägungen zusätzlich eine CT-Diagnostik und ggf. die Anfertigung eines MRT.

Bis zum Operationszeitpunkt wurde die verletzte Schulter im Gilchristverband unter adäquater Analgetikagabe ruhig gestellt. In Abhängigkeit von der Fragmentdislokation und zahlenmäßig deutlich seltener wurde nach erfolgreich durchgeführter geschlossener Reposition in Kurznarkose mittels Anlage eines modifizierten Desaultverbandes ruhig gestellt. Bei Frakturen mit Seitverschiebung und starker Verkürzung des subcapitalen Schaftes war hin und wieder auch eine Ruhigstellung mit kontinuierlichem axialen Zug im Hanging-cast-Gipsverband bis zur endgültigen operativen Versorgung je nach Dringlichkeit von Nöten und hilfreich so wie schmerzlindernd neben einer bedarfsgerechten adäquaten Schmerztherapie.

Hinsichtlich der Einschätzung des funktionellen objektiven wie subjektiven Outcomes wurden alle Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nach dem Constant-Murley- und Neer- Schulterfunktionsscore evaluiert und bewertet.

Die subjektive Einschätzung und Eigenbeurteilung der Patientenzufriedenheit wurde sowohl mittels einer visuellen Analogskala (VAS 1-6) in Schulnotenform als auch mittels einer visuellen Schmerzskala (kein Schmerz 0 – 15 heftige Schmerzen) in Anlehnung an den Constant-Murley Score ermittelt.

Das radiologische Ausheilungsergebnis, welches in die Bewertung des Neer-Scores mit einfließt, wurde durch Anfertigung einer a.-p. und y-Röntgenaufnahme des betroffenen Schultergelenkes nach einem entsprechenden Aufklärungsgespräch dargestellt und insbesondere unter dem Aspekt der auch bei Verwendung der rigiden winkelstabilen Plattensysteme auftretenden Spätkomplikationen, wie zum Beispiel: Kopfkollaps, partielle Kopfnekrose, sekundäre Sinterung, Varusfehlstellung, sekundäre Schraubenperforation oder einer sekundären Tuberkeldislokation, ausgewertet und beurteilt.

Seitens der erhobenen epidemiologischen Patientendaten sowie der Klassifizierung und Auswertung stützen sich unsere Ergebnisse neben den Krankenakten und der persönlichen Befragung auch auf die digitalisierten Patientendaten einschließlich der Röntgennativaufnahmen und CT- Bilder im hiesigen iMedOne (digitalisiertes Krankenhausinformationssystem) und PACS (Picture Archiving and Communication System).

2.2.1 Statistische Verfahren

Alle Daten wurden statistisch deskriptiv mit Mittelwerten (arithmetisches Mittel), Medianen und Standardabweichung ($SD = \text{positive Quadratwurzel der Varianz}$) angegeben und analytisch vornehmlich mit der Software R Foundation for Statistical Computing ausgewertet. Darüber hinaus wurden zum Teil in Boxplots oder Säulendiagrammen die entsprechenden Mediane und Mittelwerte aufgeführt und dargestellt. Die Signifikanzniveaus und die entsprechend verwendeten Tests werden bei der Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse aufgezeigt und sollen nachfolgend kurz im Einzelnen erläutert und vorgestellt werden.

Der p-Wert ($p = \text{probability}$) wurde auf dem Niveau von 0,05 als signifikant angenommen. D.h.: Zur Beurteilung der Signifikanz wurde allgemein ein Signifikanzniveau von 0,05 als obere Schranke für den p-Wert gewählt.

Signifikant (nach RA Fisher 1928) unterschiedlich sind normierte Messwerte unter der Normalverteilungsannahme dann, wenn die Differenz der Mittelwerte etwa 2- (genau 1,96) mal so groß ist wie die SD, da bei Gleichheit der Erwartungswerte größere Differenzen in weniger als einem (1) von 20 Fällen, also in 5% der Fälle auftraten. Hierbei ist der sogenannte p-Wert das Ergebnis eines Signifikanztests zur Prüfung einer vorab aufgestellten Nullhypothese. Laut der so genannten Testtheorie von K. Pearson wird neben der Nullhypothese auch eine Alternativhypothese formuliert, ohne diese jedoch zwingend zu postulieren [32].

In der Statistik beinhaltet die Nullhypothese als Annahme über die Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Zufallsvariablen in der Regel die Gleichheit von Sachverhalten, wie etwa, dass zwischen bestimmten Gruppen kein Unterschied bestehe oder dass zwischen bestimmten Merkmalen kein Zusammenhang bzw. keine Abhängigkeit bestehe.

Der t-Test, welcher untersucht, ob sich die Mittelwerte zweier Gruppen systematisch unterscheiden, stellt somit ein Entscheidungsverfahren dar, das uns einen p-Wert für die Wahrscheinlichkeit der Nullhypothese „beide Verfahren oder z.B. beide Gruppen sind gleich“ liefert. Bei derartigen Betrachtungen beschreibt der ermittelte p-Wert lediglich die Stärke der Annahmen gegen die Nullhypothese. Wenn sich folglich ein beobachteter Unterschied nur sehr schwer (d.h. in $< 5\%$ der Fälle) allein mit Zufallsschwankungen erklären lässt, gibt man die Nullhypothese auf. Die Größe des p-Wertes ist demnach ein Maß für die Stärke der Evidenz gegen die Nullhypothese. Die wichtigsten Voraussetzungen für dieses statistisch parametrische Verfahren sind die sogenannte Intervallskaliertheit (Gleichabständigkeit der Meßwerte) der zu untersuchenden Daten und deren Normalverteilung.

Mit dem t-Test auf signifikante Lageunterschiede (Steigung) haben wir daher die Abhängigkeit (Zusammenhang) unserer numerischen Mittelwerte der jeweiligen Scores von der Anzahl der Fragmente (Neer-Klassifikation) und der Schwere der Frakturen (AO-Klassifikation) untersucht, ebenso den Einfluss des Patientenalters, der durchgeführten Krankengymnastik und der Rehabilitationsmaßnahmen.

Der Chi-Quadrat-Test hingegen wird zur Überprüfung von Häufigkeitsverteilungen eingesetzt, also bei Variablen mit nominalem Skalenniveau. Er dient ebenfalls der Überprüfung einer Hypothese (Nullhypothese = Unabhängigkeitsannahme), ob bestimmte Merkmale voneinander unabhängig sind. Da nur Häufigkeiten verglichen werden, ist es bei diesem Test egal, was als unabhängige und was als abhängige Variable angesehen wird. Der sogenannte (Chi-Quadrat-Test) χ^2 -Test untersucht folglich Verteilungseigenschaften einer statistischen Grundgesamtheit.

Mit dem Chi-Quadrat-Test gingen wir also der Frage nach, ob es einen Zusammenhang zwischen der subjektiven Patientenzufriedenheit (VAS 1 – 6), der schmerzbedingten Zufriedenheit (Schmerzskala Constant VAS 0 – 15) unserer nachuntersuchten Patienten und der Schwere der Frakturen sowie der Anzahl der Fragmente gibt.

Eine weitere Möglichkeit der Hypothesenüberprüfung bei normalverteilten Grundgesamtheiten mit gleichen Varianzen der Gruppen bietet in der Statistik die so genannte univariate Varianzanalyse, abgekürzt als ANOVA (analysis of variance) bezeichnet. Während der t-Test nur den Vergleich zweier Mittelwerte ermöglicht, so können mit der ANOVA mehrere Mittelwerte mit einander verglichen werden, um ermitteln bzw. überprüfen zu können, ob sich bestimmte Gruppen und Grundgesamtheiten signifikant unterscheiden oder nicht. Voraussetzung, wie aufgezeigt, ist die Varianzhomogenität und eine Normalverteilung der Stichprobenvariablen.

Mit Hilfe von ANOVA analysierten wir für alle 4 Scores, ob zum Niveau von 5% signifikante Unterschiede zwischen beiden verwandten winkelstabilen Implantaten („Königsee“ vs. „Stryker“) bestehen oder nicht.

Die Berechnung von 95% - Konfidenzintervallen dient der Präzisierung der Lageabschätzung eines bestimmten Parameters wie zum Beispiel den eines Mittelwertes. Ein Vorteil des Konfidenzintervalls besteht in seiner direkten Ablesbarkeit der Signifikanz. So weist ein zu breites Konfidenzintervall (Vertrauensintervall) auf einen zu geringen Stichprobenumfang hin. Das Konfidenzintervall schließt also einen Bereich um den geschätzten Wert des Mittelwertes (Parameters) mit ein, der die wahre Lage (Wertigkeit, Aussagekraft) eben dieses Mittelwertes trifft bzw. angibt. D.h.: Ein 1- α - Konfidenzintervall zeigt den Bereich um den Schätzwert für einen Parameter (z.B. den

Erwartungswert) an, der den wahren Parameterwert mit Wahrscheinlichkeit $1-\alpha$ enthält. Das 95%- Konfidenzintervall stellt somit als eine mögliche Alternative zum p- Wert die Grauzone der statistischen Sicherheit oder Unsicherheit plastisch dar. Ein weiterer Vorteil des Konfidenzintervalls beruht auf der Tatsache, dass es die gleiche Einheit wie die Meßgröße (z.B. Score-Punkte oder Prozent-Angaben) besitzt.

In Anbetracht unseres außergewöhnlich großen Patientenkollektivs lag es daher nahe, die statistische Aussagekraft unserer Ergebnisse (CS-Punkte) mit der Literatur durch Bestimmung der Konfidenzintervalle in Form einer Metaanalyse der zitierten und veröffentlichten Constant Scores zu vergleichen [116, 117, 32].

2.3 Winkelstabile Implantate

Mit der Einführung von winkelstabilen Implantaten zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen verband sich initial eine große positive Grundstimmung, die auf die Ergebnisse der ersten Veröffentlichungen basierte [6, 45, 54, 73, 75, 80].

Die Technik eines winkelstabilen Implantates ist am ehesten, wie bereits aufgezeigt, mit dem Prinzip eines Fixateur interne zu vergleichen. Durch ein für die Schraube im Plattenloch vorgegebenes Gewinde erreicht das Konstrukt „Platte mit der im Plattenloch verankerten Schraube“ die so genannte Winkelstabilität. Ohne direkten, das Periost komprimierenden Knochenkontakt der Platte selbst ist durch eine hinreichend feste Verankerung des Schraubengewindes im spongiosen (Oberarmkopf) Knochen durch die besagte zusätzliche feste Verankerung der selben Schraube auch im Plattenlochgewinde eine ausreichende Stabilisierung der Fragmente, bzw. der Fraktur möglich. Hieraus resultiert insbesondere eine Schonung der periostalen Durchblutung, die bei den herkömmlichen Platten nicht gegeben war.

Die Abbildungen 39 – 42 unter 2.3.1 und 2.3.2 zeigen die in der hiesigen Klinik verwandten beiden winkelstabilen Implantate in Form der Großfragmentplatte („Königsee“) und der Kleinfragmentplatte („Stryker). Die Großfragmentplatte wird im Kopfbereich mit insgesamt drei 6mm Spongiosaschrauben besetzt, während die Kleinfragmentplatte mit bis zu fünf selbstschneidenden 4mm Schrauben besetzt werden kann.

2.3.1 Winkelstabile Großfragmentplatte „Königsee“



A



B



C



D

Abb. 39 A - D Dargestellt ist das winkelstabile Großfragment-Implantat: „Königsee“-Platte, anatomisch geformt, mit selbstschneidenden 6mm Spongiosa-Kopfschrauben, die eine Angulation von ca. 15° erlauben, KD-Fixationslöcher proximal und distal in der 3mm starken Platte (Titan-Modell in **A**, Stahlausführung in **B** u. **C**, in der Plattenmitte befindet sich das so genannte Verschiebeloch zur Fixation im Bereich der Diaphyse des proximalen Humerus. Plattenlöcher im Schaftbereich können wahlweise winkelstabil oder herkömmlich mit 4,5mm Corticalisschrauben besetzt werden, wobei aufgrund der Winkelstabilität keine Kompression im epi-, meta- und diaphysären Bereich des proximalen Humerus mehr erforderlich ist und so die periostale Durchblutung geschont wird. Zusätzliche Fixationslöcher (seitliche Plattenlöcher) für Muskel-Sehnen- und Knochenfragmente fehlen im Gegensatz zu der Stryker- Kleinfragment-Platte. Zur Gewährleistung der Winkelstabilität muß das Vorbohren für die winkelstabilen Schrauben streng über eine temporär eingeschraubte Bohrbuchse (**D**) erfolgen. Abb. **D** zeigt am Modell neben der aufgesetzten Bohrbuchse zusätzlich auch den temporär eingebrachten KD. Refixationen mittels Fadenzuggurtungen von z.B. dislozierten und frakturierten Tuberkula (Fragmenten sowie Muskel-Sehnenansätzen) können über die seitlichen Schraubenlöcher erfolgen.

2.3.2 Winkelstabile Kleinfragmentplatte „Stryker“



Abb. 40 Aufsicht einer langen „Stryker“ Kleinfragmentplatte, anatomisch geformt, mit deutlich zu erkennenden Gewindevorrichtungen in den Plattenlöchern zur Aufnahme der 4 mm Spongiaschrauben im Kopfbereich zur Gewährleistung der Winkelstabilität und zusätzlichen Lochvorrichtungen zur temporären KD-Fixation ebenso wie Vorrichtungen im Kopfbereich der Platte für die Refixation von Knochen- (Tuberkula) und Weichteilanteilen (z.B. Muskel-Sehnenanteile, RM).

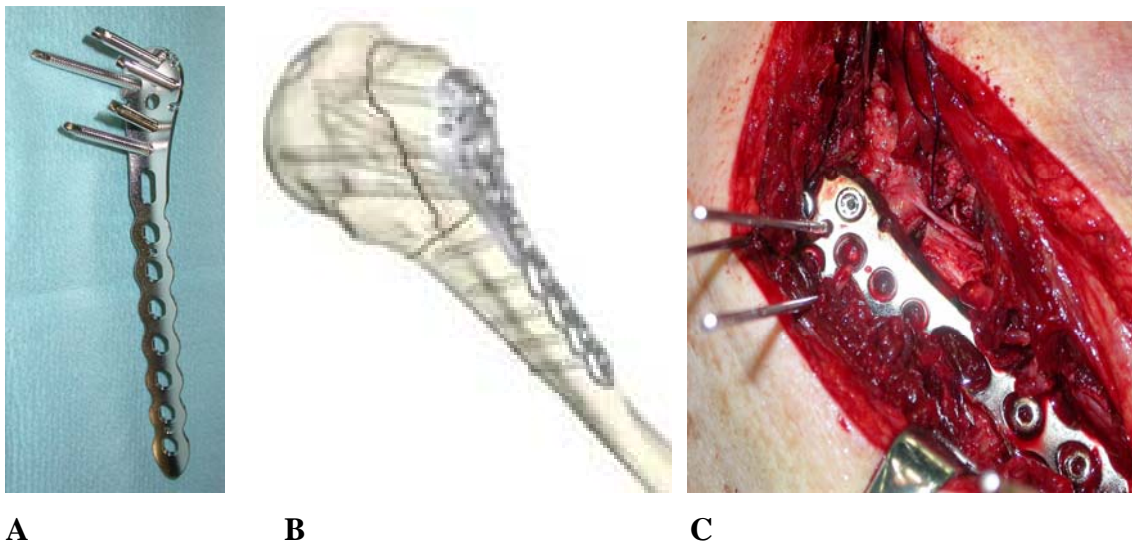


Abb. 41 A-C Seitliche, dem Knochen zugewandte Ansicht der Kleinfragmentplatte (A) mit winkelstabil besetzten Schrauben im Kopf- bzw. proximalen Humerusbereich, auch hier deutlich zu erkennen die mehrfachen zusätzlichen Vorrichtungen zur Refixation von Fragmenten sowie Muskel- Sehnenanteilen nebst den kleinen Plattenlochvorrichtungen im distalen und mittleren Plattenanteil zur temporären KD-Fixation im Kopf- und Schaftbereich. In **B** Darstellung der fixierten Platte am Modell mit unterschiedlicher Angulation der Kopfschrauben. In **C** die in situ bereits fixierte Platte mit noch liegenden temporär eingebrachten Kirschnerdrähten.



Abb. 42 Winkelstabile, mit 5 Kopfschrauben besetzte Kleinfragmentplatte „Stryker“ mit Möglichkeit der Angulation der 4 mm Spongiosaschrauben mit selbstschneidendem Gewinde von bis zu 20°. Das spezielle Design minimiert die Plattenauflagefläche auf dem Periost des Knochens, wobei aufgrund der Winkelstabilität keine Kompression im epi-, meta-, und diaphysären Bereich des Humerus mehr erforderlich ist.

2.4 Operationsmethode und Technik

2.4.1 Deskriptive statistische Daten

Die insgesamt 281 durchgeführten Primäreingriffe verteilten sich auf 20 Operateure bei einer mittleren Operationsdauer (siehe Abb. 43) von 77,99 Minuten (SD 28,42; Median 72,00). Der Operationszeitpunkt (siehe Abb. 44) lag im Mittel bei 3,81 Tagen nach der erfolgten stationären Aufnahme bei einem Median von 3 Tagen. Alle Operateure hatten Facharztstatus mit gewährleisteter oberärztlicher Assistenz bei 69 Eingriffen, die von Nichtoberärzten durchgeführt wurden, während sich 212 von den 281 Fällen auf 6 unfallchirurgische Oberärzte unter Einbeziehung des Klinikdirektors verteilten. 231-mal setzten wir die winkelstabile (Königsee) Großfragment- und 50-mal die winkelstabile (Stryker) Kleinfragmentplatte ein.

Die mit der Einführung der verwandten winkelstabilen Implantate verbundene Lernkurve wurde als verfahrensunabhängige Variable statistisch weder ausgewertet noch berücksichtigt. Der Einfluss dieser Variablen geht gleichwohl mit auf in unseren Ergebnissen und bleibt mit allen neu eingeführten Operationsverfahren und Implantaten gleichermaßen verbunden, was einmal mehr die Bedeutung und Wichtigkeit von

Fortbildung und Lehre in Anlehnung an die ubiquitär implementierten AO-Kurse unterstreicht.

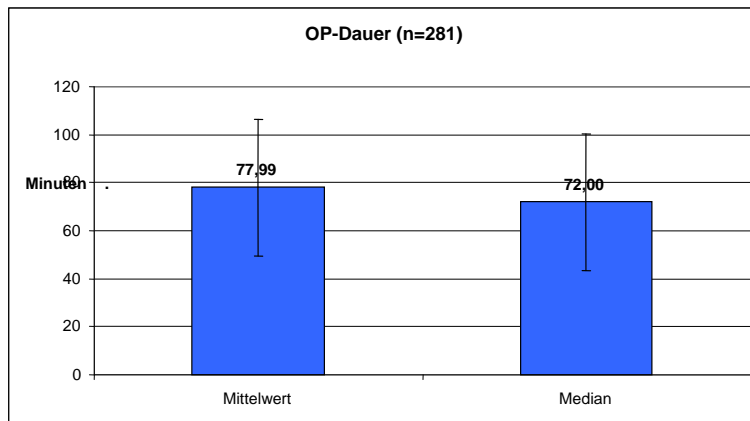


Abb. 43: Graphische Darstellung der Operationsdauer in Form des Mittelwertes und des Medians

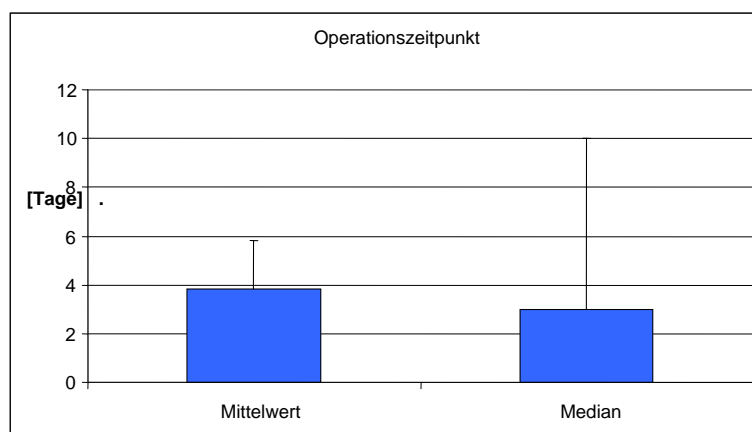


Abb. 44 Graphische Darstellung des Operationszeitpunktes in Form des Mittelwertes und des Medians

2.4.2 Operationstechnik

Alle Patienten wurden in Vollnarkose in der so genannten „Beach-chair-Position“ über einen deltoideopectoralen Zugang (siehe Abb. 45 - 47) operiert. Die Durchführung von Röntgenkontrollen in mehreren Ebenen mit mindestens einem Bildwandler unter sterilen Kautelen war stets gegeben.

Obligat erhielten alle Operierten prä- bzw. intraoperativ eine One-shot-Antibiose.

Modifikationen (Deltasplit) des vorderen Zuganges waren abhängig vom jeweiligen Operateur und vom vorliegenden Frakturtyp.

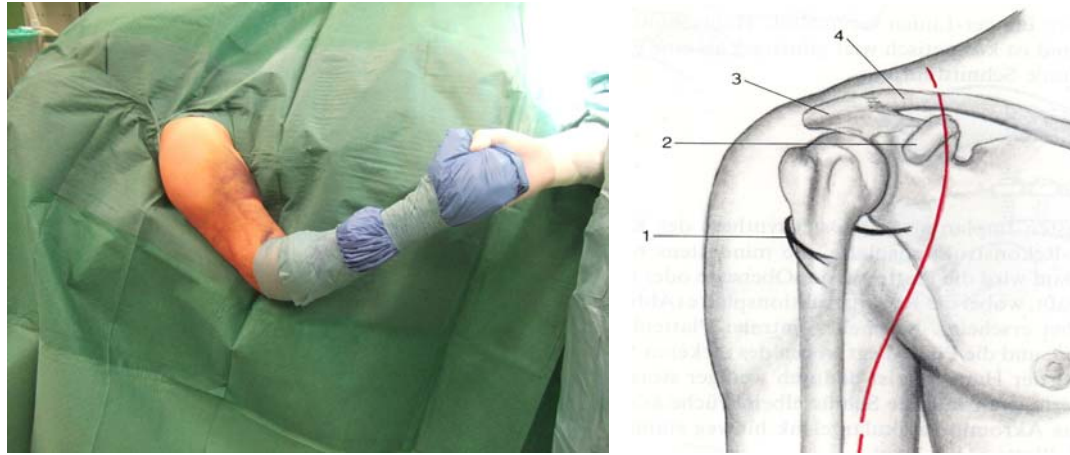


Abb. 45 A, B In **A** Beach-chair- Lagerung des Pat. auf Schultertisch mit bewegungsfrei auf Armlehne aufliegender rechter oberer Extremität nach steriler Abdeckung, in **B** topographische Darstellung der knöchernen Schultergelenksanteile (Landmarken) mit Lagebeziehung des Nervus axillaris (1) und Markierung (rot) der Schnittführung (deltoideopectoraler Zugang) beginnend über dem processus coracoideus(2) und deltoideo-pectoral leicht konvexbogig nach distal zum Sulcus bicipitalis lateralis ziehend, (3) Acromion, (4) peripheres Claviculadrittel [84].

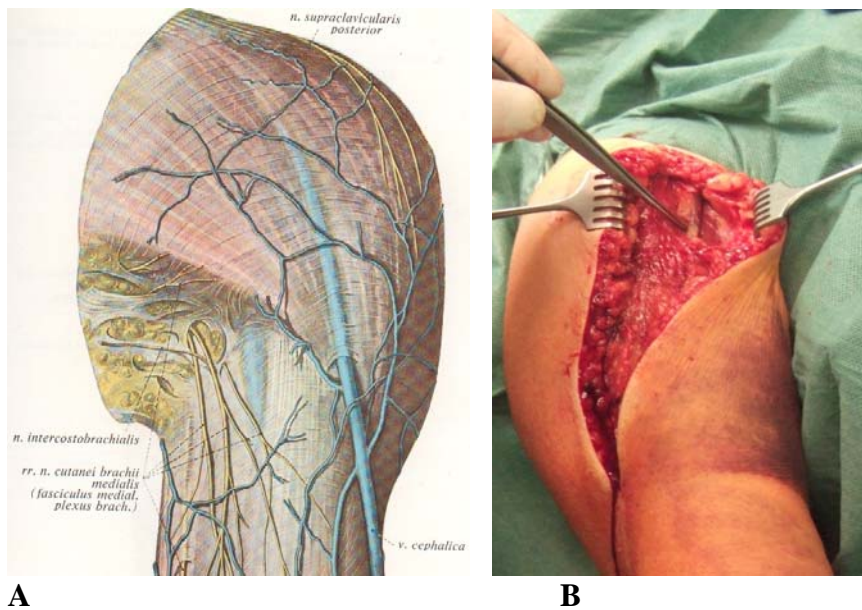


Abb. 46 A, B Verlauf (A) der Vena cephalica deltoideo-pectoral mit rete venosum und oberflächlichen Nerven, Situs (B) mit Darstellung und Präparation der Vena cephalica [113].

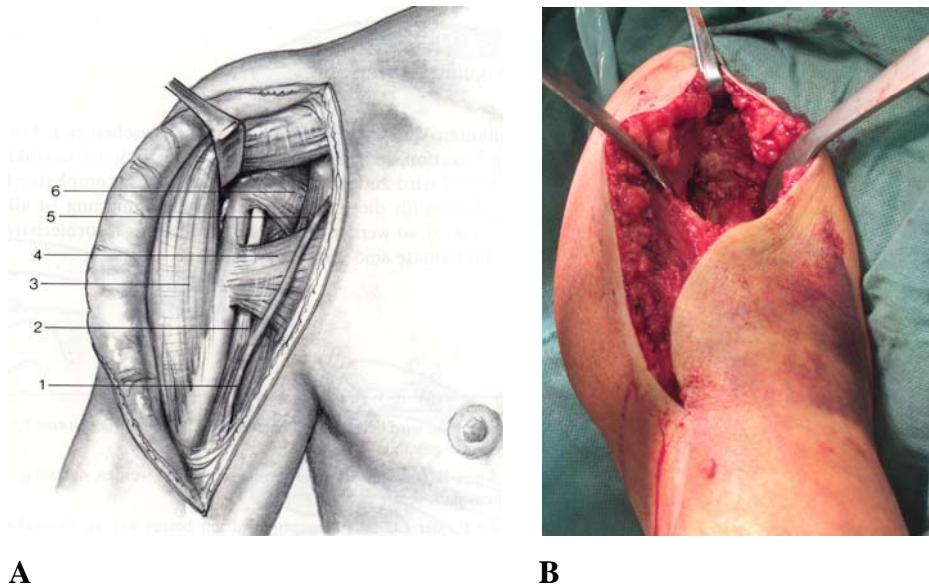


Abb. 47 A, B In **A** topographischer Situs nach deltoideopectoralen Zugang: (1) medialisierte Vena cephalica, (2) lange Bizepssehne, (3) lateralisierter M. deltoideus, (4) M. pectoralis major, (5) kurzer Bizepssehnenkopf und (6) M. subscapularis, in **B** Situs intraoperativ mit Blick auf Fraktur des proximalen Humerus und Anteile des Schultergelenkes [84].

Eine vollständige Ablösung der Muskel- oder Sehnenansätze erfolgte in keinem Fall, allerdings musste nicht selten auf Grund des Frakturverlaufs und der Fragmentdislokation eine partielle Ablösung des Deltoideusansatzes durchgeführt werden.

Nach Identifizierung der Vena cephalica wurde diese geschont und nach lateral weggehalten. Die Darstellung des Humerusschaftes erfolgte gewebeschonend unter Verwendung von Langenbeck-Haken und ggf. stumpfen Hohmann-Hebeln. Die Sehne des M. biceps brachii (Landmarke) wurde für die Dauer des Repositionsmanövers nach medial weggehalten.

Im Humeruskopfbereich wurde nach Möglichkeit auf das Freilegen einzelner Kopffragmente, das Deperiostieren und auf zusätzliche Kapseltraumatisierungen verzichtet, um die Vaskularisation bzw. die Restdurchblutung nicht weiter zu kompromittieren.

Eine anatomiegerechte Fraktur- und Fragmentreposition wurde vornehmlich durch Ligamentotaxis unter Zug und Rotationsbewegungen des Armes angestrebt und konnte so weitestgehend erreicht werden. Einzelne Kopffragmente konnten mit Hilfe eines Raspatoriums, welches vorsichtig von subcapital durch bereits zerrissene Kapsel-Periostanteile in die Frakturspalten eingebracht wurde und unter Zuhilfenahme eines manchmal auch von percutan eingebrachten Kirschnerdrahtes in Joystickfunktion

anatomiegerecht reponiert und zusätzlich vorübergehend mit zum Teil gekreuzten K-Drähten vor der endgültigen Platteninstrumentation fixiert werden.

Bei beiden verwandten Implantaten ist eine Reposition über der Platte aus Gründen der Winkelstabilität wie bei den früher benutzten, herkömmlichen (T-Platte, Kleeblattplatte, Rekonstruktionsplatten), nicht winkelstabilen Platten kaum mehr möglich.

Derartige Versuche oder Manipulationen bergen eher die Gefahr der Verschlechterung des zuvor erzielten Repositionsergebnisses in sich.

Auch war es operationstechnisch wie -taktisch hilfreich, ein in der Regel nach cranial disloziertes Tuberculum majus-Fragment passager mit PDS-Fäden anzuschlingen bzw. zu zügeln, um so eine exakte Reposition von Kopffragmenten über Tuberkelniveau zu ermöglichen. Intraoperativ wurde immer auch auf eine ideale Reposition des Tuberkulum majus Fragmentes mit anheftender Rotatorenmanschette ebenso wie auf die des Minorfragmentes gelegt, um insbesondere einer auf die Fehlstellung des Tuberkulum majus-Fragmentes zurückzuführenden eingeschränkten (schmerzhaften) postoperativen Abduktionsbewegung vorzubeugen und um ein durch craniale Fragmentdislokation bedingtes Impingementsyndrom zu vermeiden.

Die exakt eingepassten Tuberkula (minus- und majus-Fragment) wurden je nach Größe und Qualität im Weiteren mit hinreichend kräftigen PDS-Fäden (Fadenzuggurtung), einer zusätzlichen Zuggurtungsosteosynthese oder aber lediglich mittels zusätzlich eingebrachter interfragmentärer Zugschraube (n) bzw. mittels K-Drähten refixiert.

Nach durchgeführter Frakturposition wurde dann unter kurzer BW-Kontrolle die entsprechend gewählte winkelstabile Klein- oder Großfragmentplatte lateral am Oberarm (Landmarke Bizepssehne) angelegt und zunächst temporär mit einem 1,8 mm Kirschnerdraht fixiert, um nachfolgend bei radiologisch gesicherter Platzierung die Platte mit einer Corticalisschraube über dem Gleitloch, welches keine Winkelstabilität aufweist, zu sichern. Nunmehr waren nur noch Lageveränderungen (Plattenverschiebungen) der Platte in cranio-caudaler Richtung möglich.

Hierbei zeigte sich, ob das Tuberkulum majus-Fragment jeweils ausreichend durch die Plattenlage fixiert war, und es musste durch die Plattenlage selbst gewährleistet sein, dass durch eine zu hohe (craniale) Positionierung kein plattenbedingtes Impingement verursacht wurde. Anschließend erfolgte die Plattenretention im Kopfbereich mit winkelstabilen Groß- oder Kleinfragmentspongiosaschrauben je nach verwandtem Implantat über die an der jeweiligen Platte fest temporär fixierte Bohrbuchse (siehe Abb. 39 D); nachfolgend schloß sich die Besetzung der Plattenlöcher im meta-diaphysärem Schaftanteil mit

mehreren Corticalisschrauben in Abhängigkeit vom Frakturverlauf und gewählter Plattenlänge an. Sämtliche Schrauben waren bei korrekter Lage im Plattenniveau versenkt (Angulation und Erzielen der Winkelstabilität).

Bei der Wahl der Länge und Positionierung der Kopfschrauben musste zum einen darauf geachtet werden, dass diese ausreichenden Halt im subchondralen Kopffragment fanden, zum anderen durften sie wegen der Gefahr einer osteochondralen Perforation durch die Kopfkalotte ins Schultergelenk hinein, die nicht selten auf dem Boden der bekannten sekundären Sinterungsproblematik bei Frakturimpaktierung mit häufig einhergehender konsekutiver Varusfehlstellung bzw. sekundärer Sinterung im postoperativen Verlauf zum Tragen kommen bzw. resultieren kann, auch nicht zu lang gewählt werden.

Hingegen sollten die eingebrachten Schaftschrauben die mediale Gegencorticalis sicher fassen und mindestens 2 mm überragen (falls nicht winkelstabil eingebracht).

Nach ausreichender Fixation der Platte wurde der temporär eingebrachte Kirschnerdraht jeweils wieder entfernt und obligat eine lage- und übungsstabile Funktionskontrolle des Implantates sowie des operierten Schultergelenkes unter Bildwandlerkontrolle durchgeführt, bevor sich der retrograde schichtweise Wundverschluss unter Einlegen einer sub- und epifaszialen Redondrainage anschloss.

Bei allen kopf- bzw. gelenkerhaltenden Osteosynthesen war es stets das Ziel, möglichst anatomiegerecht zu reponieren bzw. retinieren und die Kriterien einer biologischen Osteosynthese zu respektieren.

Bei frustranem Repositionsergebnis und ungünstiger Prognose eines zu erwartenden akzeptablen Ausheilungsergebnisses wurde in der Regel intraoperativ frühzeitig auf die Implantation einer Hemiendoprothese (HEP) umgestiegen.

2.5 Nachbehandlung

Standardisiert erhielten alle Patienten post operationem eine Ruhigstellung des betroffenen Schultergelenkes im Gilchristverband und wurden in der Regel am ersten postoperativen Tag einer Röntgenstellungskontrolle in 2 Ebenen (a.-p. und y-Aufnahme) zugeführt.

Die Redondrainagen wurden spätestens am zweiten postoperativen Tag entfernt.

Unter einer adäquaten Schmerztherapie wurde danach mit der frühfunktionellen Physiotherapie begonnen. Neben assistierten passiven Bewegungsübungen waren allen

Patienten unter der Prämisse einer nachweislich korrekten Osteosynthese (regelrechte Stellung und Fixation) auch frühzeitig schon aktive Bewegungsübungen ohne Einschränkung der Freiheitsgrade im betroffenen Schultergelenk erlaubt.

Standardisiert war ebenfalls der konsequente Einsatz einer Motorschiene, welche bei allen Patienten auch über die stationäre Dauer hinaus zur Fortführung der Bewegungstherapie verordnet (rezeptiert) oder im Arztbrief ausdrücklich empfohlen wurde.

Vor Entlassung wurde im Verlauf der frühfunktionellen Behandlung bei allen Patienten eine nochmalige Röntgenstellungskontrolle durchgeführt.

In Abhängigkeit von den Comorbiditäten und der Rehabilitationsfähigkeit unserer Patientinnen und Patienten wurde im Einvernehmen über den hiesigen Sozialdienst eine Anschlussheilbehandlung eingeleitet oder entsprechend im Arztbrief empfohlen.

Dieses Nachbehandlungskonzept führten wir unabhängig vom Alter und vom jeweiligen Frakturtyp durch. Patienten mit erlittenen Arbeitsunfällen wurden entsprechend der berufsgenossenschaftlichen ambulanten (besonderen) Heilbehandlung zugeführt und kamen im Vergleich zu den gesetzlich Krankenversicherten bis zur endgültigen Rekonvaleszenz darüber hinaus häufiger in den Genuss einer ambulanten erweiterten Physiotherapie (EAP) und oder einer zusätzlichen BGSW-Maßnahme (berufsgenossenschaftliche stationäre Weiterbehandlung) in einer eigens dafür ausgerichteten BG- oder Reha-Klinik in Abhängigkeit vom jeweiligen und im Einvernehmen mit dem jeweils zuständigen gesetzlichen Unfallversicherungsträger.

Hingegen wurden unter Berufung auf unsere Studienergebnisse den gesetzlich Krankenversicherten in Bezug auf die für die Schulterfunktion so wichtige postoperative Physiotherapie diesen oftmals in dem sich nach der Operation anschließenden Quartal lediglich bzw. in der Regel maximal die vorgeschriebenen 3 x 6 Krankengymnastiken (KG-Einheiten) im Sinne von insgesamt 18 bewegungstherapeutischen Sitzungen über jeweils einen Zeitraum von etwa 20-30 Minuten pro Sitzung gewährt.

Darüber hinaus wurden nicht selten von den jeweiligen weiterbehandelnden Ärzten kaum weitere KG-Maßnahmen verordnet oder aber von den zuständigen Krankenkassen und deren medizinischen Diensten wurden die verordneten physiotherapeutischen Maßnahmen häufig abgelehnt, nicht bewilligt oder für nicht mehr notwendig oder erforderlich erachtet.

3 Ergebnisse

3.1 Nachuntersuchung epidemiologisch

Von den insgesamt 524 Frakturen, die im Zeitraum von September 2000 bis einschließlich Dezember 2006 mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese in unserer Klinik versorgt wurden, konnten 281 Frakturen bei 273 Patienten nachuntersucht und ausgewertet werden. Die Nachuntersuchungsrate aller Fälle dieses Zeitraumes lag somit bei 53,63% (281 / 524). Die Altersverteilung der zur Diskussion stehenden 281 Fälle, bei denen 8 Patienten beidseitige proximale dislozierte Humerusfrakturen aufwiesen, verdeutlicht mit einem erheblichen Übergewicht des weiblichen Geschlechtes Abbildung 48. Von den 195 Frauen befanden sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits 76 im 7.ten, 42 im 8.ten und immerhin 4 Frauen im 9.ten Dezenium. Von den 78 Männern hingegen hatten in unserem Kollektiv erst 20 das 6.te, 17 das 7.te, 5 das 8.te und nur 1 Mann das 9.te Dezenium erreicht. Unser Gesamtkollektiv darf durchaus als ein repräsentatives Indiz für den demographischen Wandel im Rahmen der derzeitigen und zukünftigen Alterstraumatologie gesehen werden, ebenso spiegelt es die mit der postmenopausalen Osteoporose verbundene Frakturproblematik insbesondere bei niedrigerenergetischen Sturzereignissen älterer Frauen wieder.

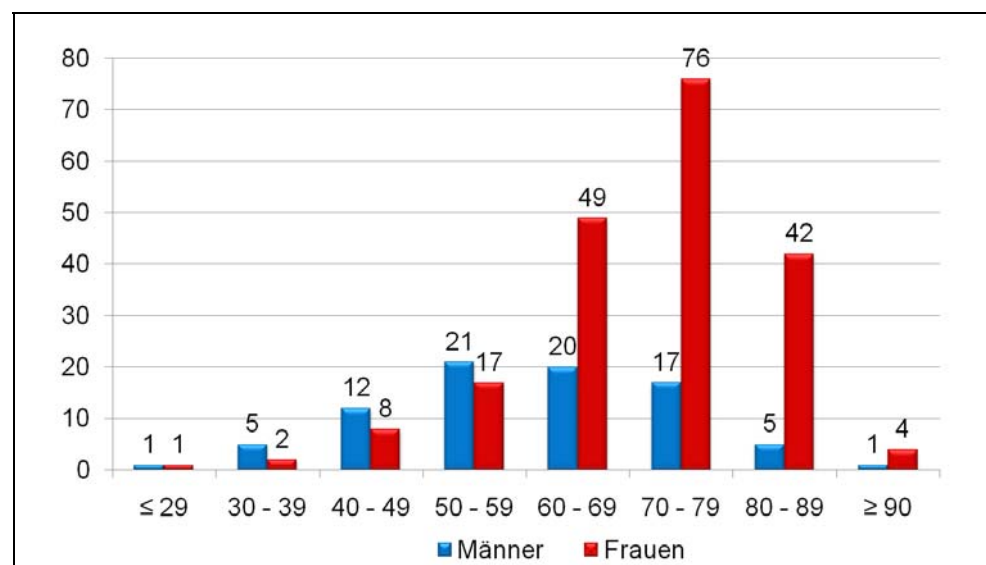


Abb. 48 Altersverteilung n=281Fälle

Unsere statistischen Daten veranschaulichen neben der Problematik der mit der postmenopausalen Osteoporose vergesellschafteten bzw. vermehrt assoziierten proximalen Humerusfrakturen bei niederenergetischen Sturzereignissen auf die ausgestreckte Hand oder auf die Schulter bis hin zum Bagatelltrauma als Ursache ebenso die höhere Lebenserwartung der Frauen im Mittel von derzeit 5 Jahren, was aber den androgenen Einfluß auf die Osteoporose des älteren Mannes nicht verschleiern soll.

Der Altersdurchschnitt unseres Gesamtkollektivs lag bei 67,99 Jahre (18-95). Unser ältester Patient hatte das 95.te Lebensjahr in einem sichtlich guten Allgemeinzustand vollendet und unsere jüngste Patientin war zum Nachuntersuchungszeitpunkt mit 18 Jahren bereits volljährig. Der Altersmedian lag exakt bei 70,00 Jahren.

Bei einer sehr hohen Comorbidität unseres Patientengutes betrug die mittlere stationäre Verweildauer unter Einschluss aller behandlungsbedürftigen zum Teil schweren Nebenerkrankungen und unter Einbeziehung der Mehrfach- und Schwerverletzten 18,39 Tage.

Ohne Berücksichtigung der 10 polytraumatisierten Patienten, die begleitend eine versorgungspflichtige proximale Humerusfraktur erlitten hatten, ergab sich bereits eine reduzierte mittlere Liegezeit von dann nur noch 15,21 Tagen. Statistisch ergibt sich derzeit im Bundesdurchschnitt nur noch eine mittlere Liegezeit (Krankenhausverweildauer) von 9,2 Tagen im Jahr 2002 und 8,9 Tagen im Jahr 2003 (Pressemitteilung 063 vom 16.02.2005).

Nur 13% unserer Patientinnen und Patienten litten zum Unfallzeitpunkt an keiner nennenswerten oder behandlungsbedürftigen Nebenerkrankung.

Die übrigen 87% unseres Gesamtkollektivs (siehe Abb. 49) wiesen im Schnitt 2 - 3 medikamentös- behandlungspflichtige Nebenerkrankungen auf.

65% aller Nachuntersuchten hatten eine behandlungspflichtige Herz-/ Kreislaferkrankung im Sinne einer Herzinsuffizienz, KHK, Herzrhythmusstörung und/oder Hypertonie. Zusätzliche 21% laborierten an einem insulinpflichtigen oder medikamentös eingestellten Diabetes mellitus.

Bei nahezu 15% der Patienten wurde eine Marcumartherapie auf dem Boden einer stattgehabten Phlebothrombose mit Lungenembolie oder nach einem durchgemachten Herzinfarkt durchgeführt.

Bei weiteren 16% zeigte sich als zusätzlicher Risikofaktor eine Adipositas permagna.

Eine nativröntgenologisch nachweisbare manifeste, bereits mit anderweitigen osteoporotischen Frakturen einhergehende schwere Osteoporose lag bei 24% unseres Kollektivs vor und macht die Notwendigkeit von Prävention, Diagnostik und eines frühzeitigen Therapieansatzes der Osteopenie und Osteoporose deutlich.

Die Daten belegen aber auch, dass trotz nachweisbarer und behandlungsbedürftiger osteoporotischer Frakturen bei noch zu vielen Patienten gar keine oder nur eine insuffiziente Behandlung erfolgt.

Des Weiteren waren bereits über 8% unserer operativ Versorgten zuvor von einem apoplektischen Insult heimgesucht worden, der jedoch an der operierten Seite keine bleibenden Beeinträchtigungen hinterlassen hatte, unabhängig von den drei aufgeführten Nachuntersuchten, die nicht mit in unsere Auswertung einfließen.

Fünf Patienten (1,78%) waren während eines epileptiformen Anfalles gestürzt und hatten dadurch ihre operationsbedürftigen Frakturen erlitten.

Als weitere Comorbiditäten fanden sich bei 3 % bis 10% noch eine schwere allergische Disposition, ein Asthma bronchiale im Sinne einer COPD, begleitende Nierenerkrankungen bis hin zu einer dialysepflichtigen Niereninsuffizienz und nicht zuletzt behandlungsbedürftige psychische und psychiatrische Störungen unter Einbeziehung demenzieller, cerebrovaskulärer und hirnorganischer Störungen.

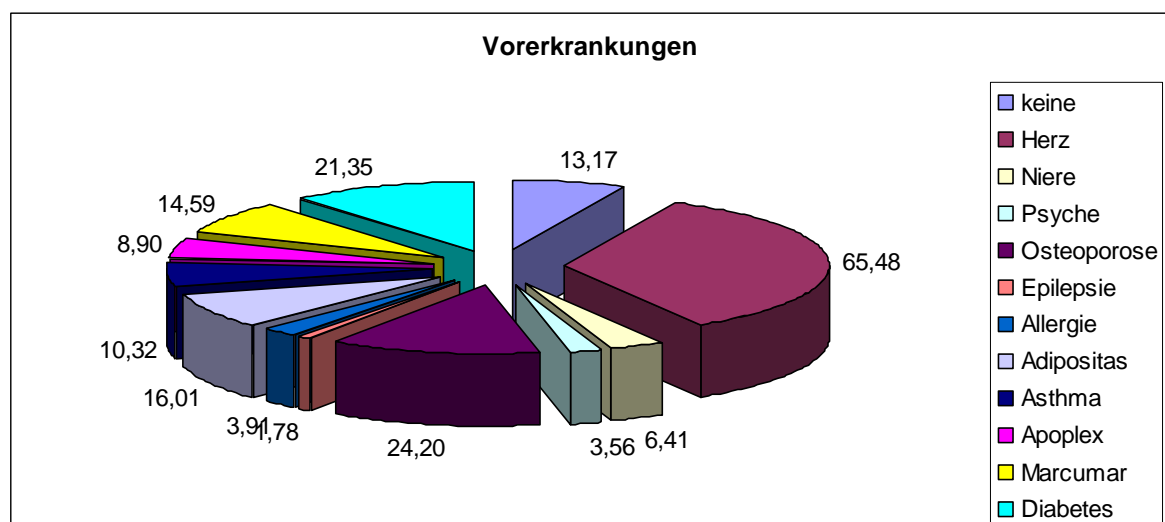


Abb. 49 Kreisdiagramm der häufigsten Nebenerkrankungen in Prozent-Angaben

Das Follow-up (siehe Abb. 50) aller Nachuntersuchten lag im Mittel bei 30,20 Monaten und wies eine Standardabweichung von 19,13 Monaten bei einem Median von exakt 2 Jahren auf.

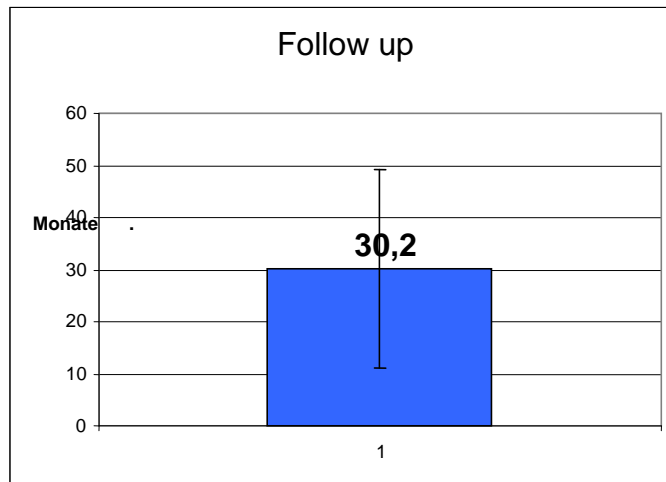


Abb. 50 Nachuntersuchungsrate (Follow-up): Median mit Mittelwert

3.2 Unfallanalyse

Die Aufarbeitung der Unfallursachen (siehe Abb. 51) ergab, dass 40,92% (n=115/281) unserer Patientinnen und Patienten ein Sturzereignis in häuslicher Umgebung erlitten hatten. 53% waren außerhalb ihrer häuslichen Umgebung gestürzt und hatten sich dabei ihre operationsbedürftige proximale Humerusfraktur zugezogen. Nur 6% unseres nachuntersuchten Kollektivs erlitten ihre Frakturen durch einen Verkehrsunfall im Sinne eines Hochrasanstraumas, während unser übriges Klientel überwiegend in Form eines niedrigenergetischen Sturzereignisses zu Schaden gekommen war, abgesehen von insgesamt 10 polytraumatisierten Patienten, die eine begleitende proximale Humerusmehrfragmentfraktur aufwiesen.

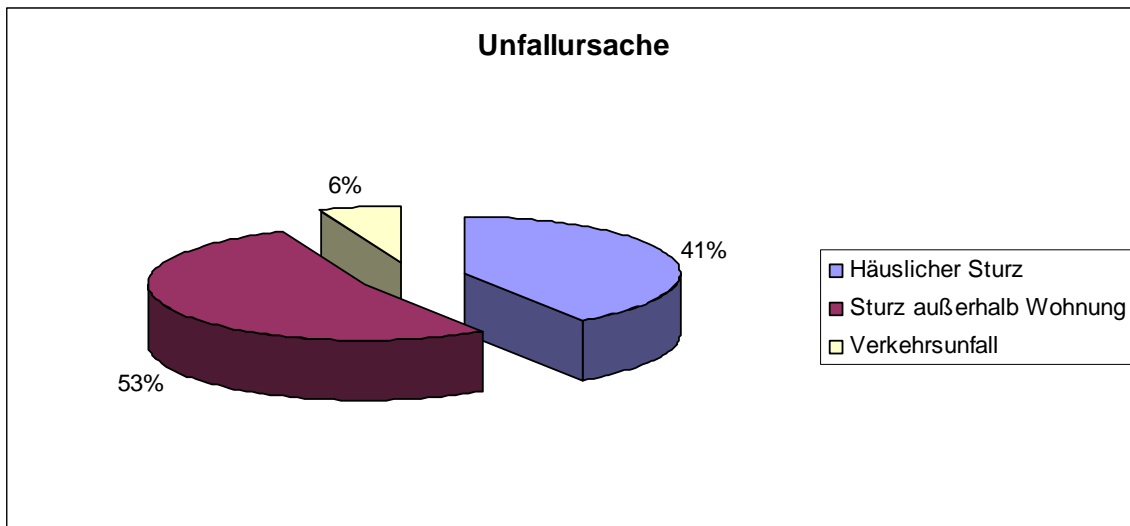


Abb. 51 Graphische Darstellung der Unfallereignisse: Aufteilung der Stürze in häusliche und außerhalb der eigenen Wohnung erlittene Stürze sowie durch Verkehrsunfall in Prozent

Bei 51 Patienten (siehe Abb. 52) war es durch das Unfallereignis zu mindestens einer weiteren behandlungsbedürftigen Fraktur gekommen. Dominierend waren hier die distale Radius- und Ellenhaken-, MHK- sowie Mittelgesichtsfrakturen. 8 Patienten wiesen beiderseitige operationsbedürftige proximale Oberarmfrakturen auf. Multiple Prellungen und versorgungspflichtige Schürf-, Quetsch- und Platzwunden fanden sich bei 28 Patienten, während sich 20 Patienten zusätzlich ein 1° - 2° SHT zugezogen hatten. Folglich war es durch den Unfall bzw. durch das Sturzereignis bei insgesamt 164 Patientinnen und Patienten erfreulicherweise nur zu einer isolierten Fraktur gekommen.

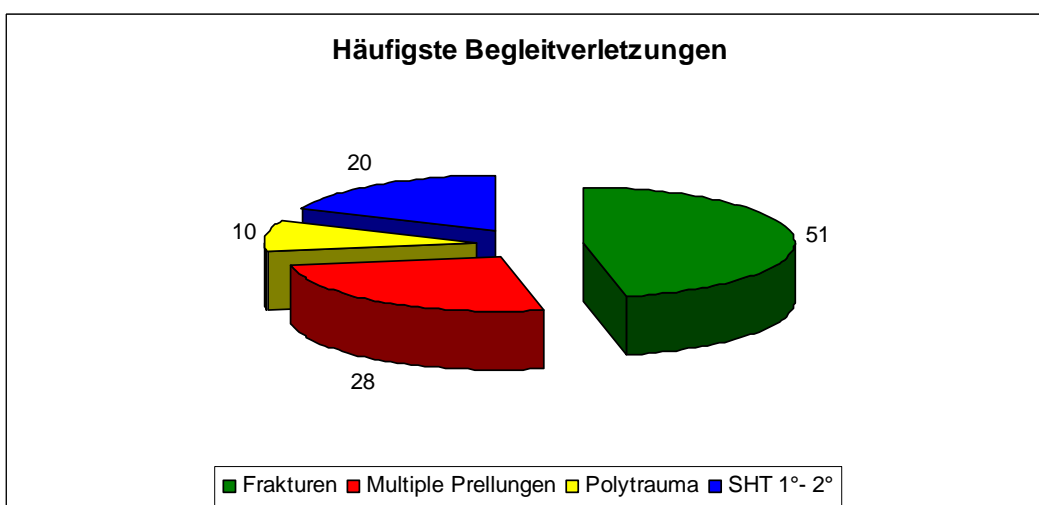


Abb. 52 Kreisdiagramm der wesentlichen Begleitverletzungen (n=109/273)

3.3 Klassifikation der Frakturen nach AO

Bei allen Patienten wurden die präoperativ angefertigten Standardröntgenaufnahmen und bei Vorliegen die zusätzliche CT-Diagnostik zur Beurteilung mit herangezogen. Es zeigten sich, wie in Abb.53 dargestellt, 49 A-, 128 B- und 104 C-Frakturen.

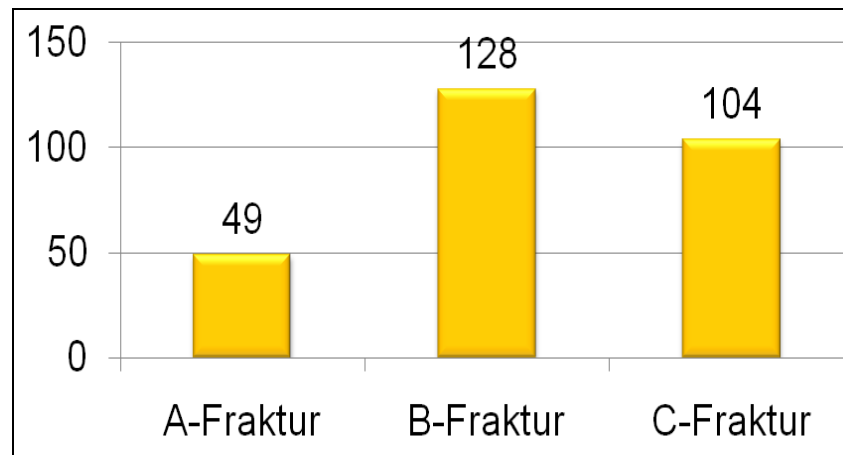


Abb. 53 Verteilung aller Frakturen (n=281) nach AO-Klassifizierung Typ A, B und C

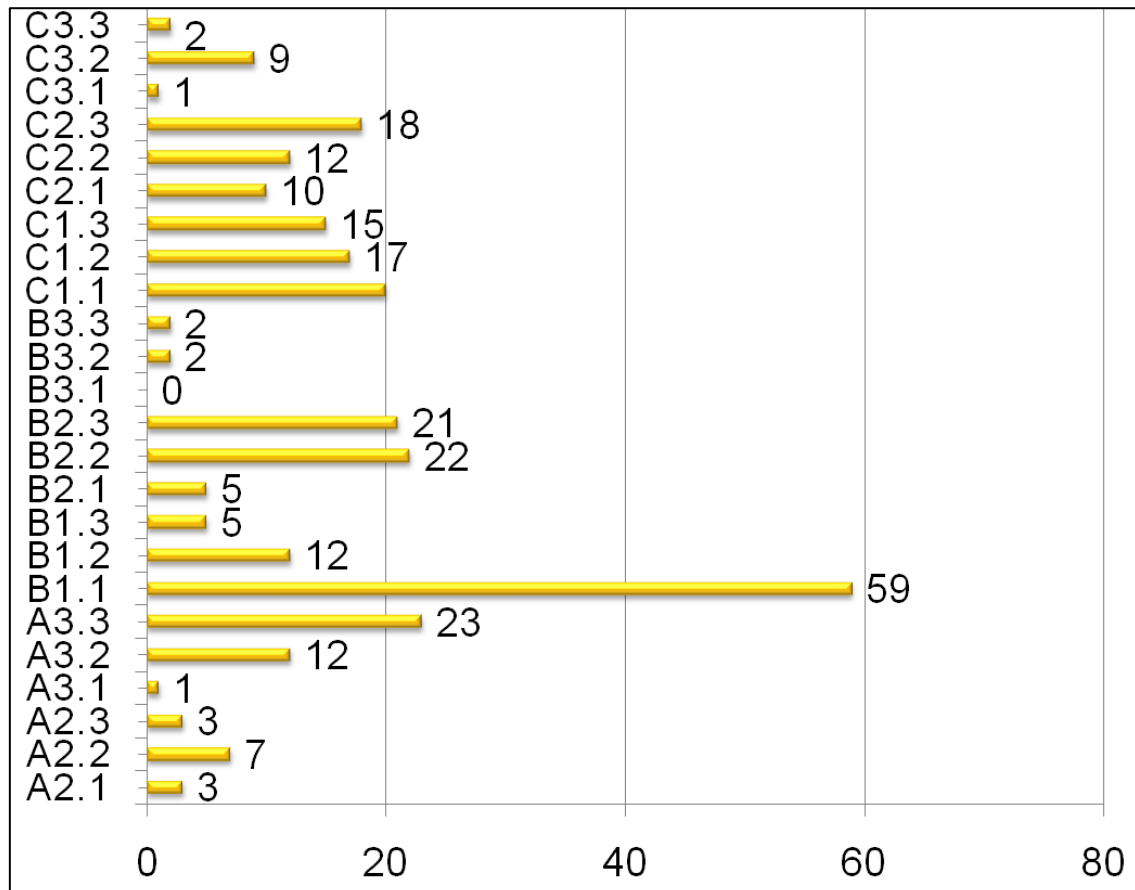


Abb. 54 Frakturverteilung (n=281) nach AO in 24 von 27 möglichen Subklassifizierungen

Abbildung 54 gibt Aufschluss über die genaue Verteilung der einzelnen Unterklassen mit einer deutlichen Gewichtung der A3.3 Frakturen in der A- und einem sehr dominanten Übergewicht der B1.1 Frakturen in der Klasse der B-Frakturen, während die C-Frakturen eine deutliche Gewichtung in den Klassen von C1.1 aufsteigend nach der Schwere der Frakturen bis hin zu C2.3 aufwiesen.

3.4 Klassifikation der Frakturen nach Neer

Von den 281 Frakturen zeigte sich in der Neer-Klassifikation eine hervorstechende Vielzahl an Frakturen in Klasse IV mit 128 Frakturen und in Klasse V mit 80 Frakturen.

Abbildung 55 stellt die Verteilung auf die Anzahl der dislozierten Fragmente und Abbildung 56 die jeweilige Zuordnung zu den Klassen I-VI dar, wobei die 3 Head split Frakturen gesondert aufgeführt werden. Insgesamt lagen 113 zu versorgende 3-Fragment und 81 4-Fragment Frakturen vor.

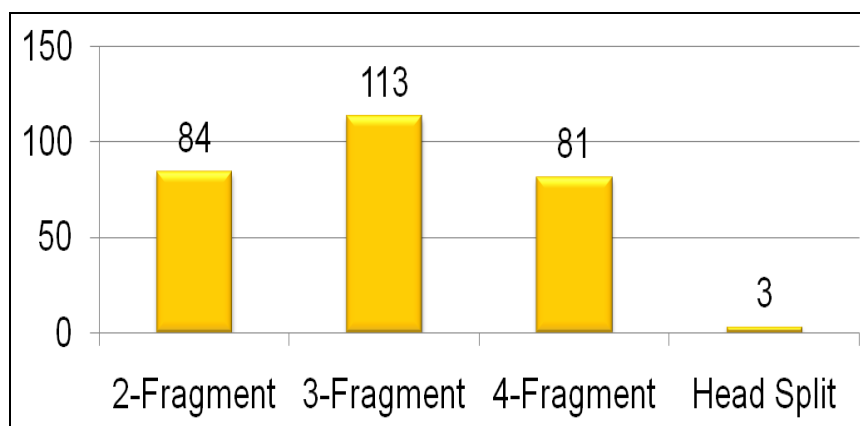


Abb. 55 Aufteilung der Fragmente nach Neer (n=281 Frakturen)

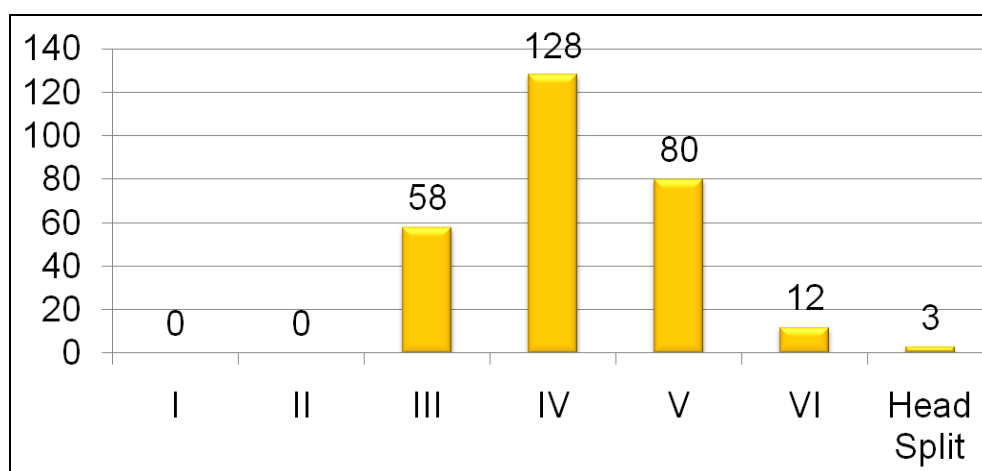


Abb. 56 Aufteilung der Fragmente und Gruppenzuordnung nach Neer (n=281 Frakturen)

3.5 Score-Ergebnisse gesamt

3.5.1 Neer-Score absolut / korrigiert zur gesunden Seite

Das klinische Gesamtergebnis aller Frakturen wies im unkorrigierten, absoluten Neer-Score für 21% ein exzellentes (90-100 Punkte), für 22% ein zufriedenstellendes (80-89 Punkte), für ebenfalls 22% ein weniger zufrieden stellendes (70-79 Punkte) und für 36 % ein mangelhaftes (0-69 Punkte) Ergebnis nach dem Originalbewertungsschema auf.

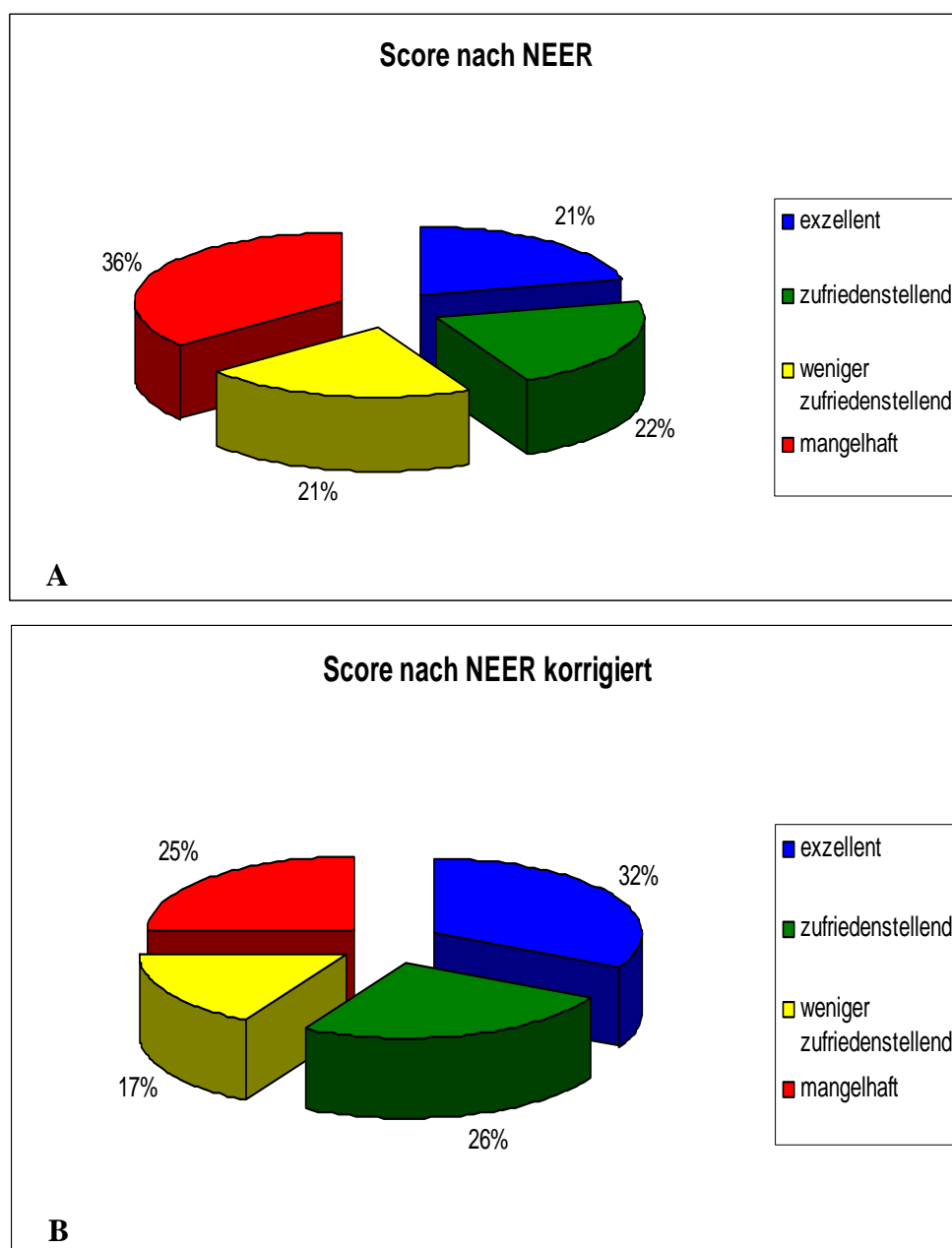


Abb. 57 A, B Neer-Score absolut und korrigiert in Prozent

Nach Relativierung zur gesunden Gegenseite in korrigierter Form, wie die Abbildungen 57 A, B und 58 A, B auch in Bezug auf die Geschlechterverteilung zeigen, gestaltete sich das Gesamtergebnis deutlich günstiger. Danach wiesen nur noch 25% ($n=70/281$ Frakturen) ein mangelhaftes und 32% ($n=91/281$ Frakturen) ein exzellentes Ergebnis auf. Bei 26% der Fälle ($n=72/281$ Frakturen) lag ein zufrieden stellendes und bei 17% ($n=48/281$ Frakturen) nur noch ein weniger zufrieden stellendes Ergebnis vor.

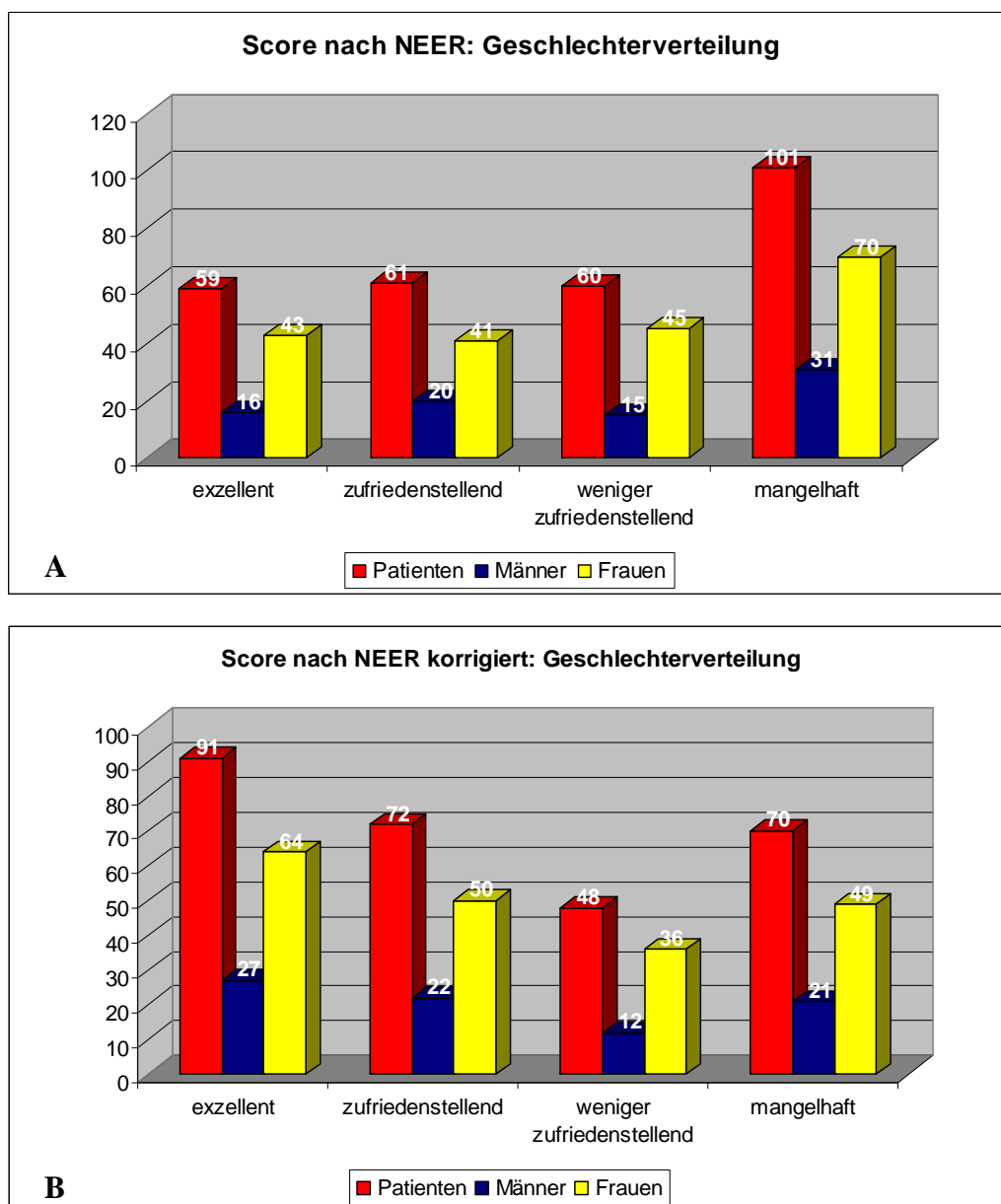


Abb. 58 A, B Neer-Score absolut und korrigiert geschlechtsabhängig, $n=281$ Fälle

Bezogen auf alle operativ versorgten Patienten ermittelten wir unter Hinweis auf Abb. 59 unabhängig von der Schwere der Fraktur und der Anzahl der dislozierten Fragmente nach den Kriterien im zu Grunde liegenden Neer-Score einen absoluten Mittelwert ohne vorgenommene Korrektur zur gesunden nicht operierten Gegenseite von 74,38 bei einem Median von 77,00 Punkten, was dem Bewertungsschema zur Folge zunächst einem weniger zufrieden stellenden Ergebnis entsprach. Nimmt man jedoch eine Korrektur in Abhängigkeit zur maximal erreichten Punktzahl der Gegenseite des jeweiligen nicht operierten gesunden Schultergelenkes vor, so ergibt sich ein Mittelwert von 79,43 Punkte bei einem Median von 82,65 Punkten, was dann mit einem insgesamt zufrieden stellenden bis guten Ergebnis der objektiven und subjektiven Beurteilungskriterien im Neer-Score gleich zu setzen war.

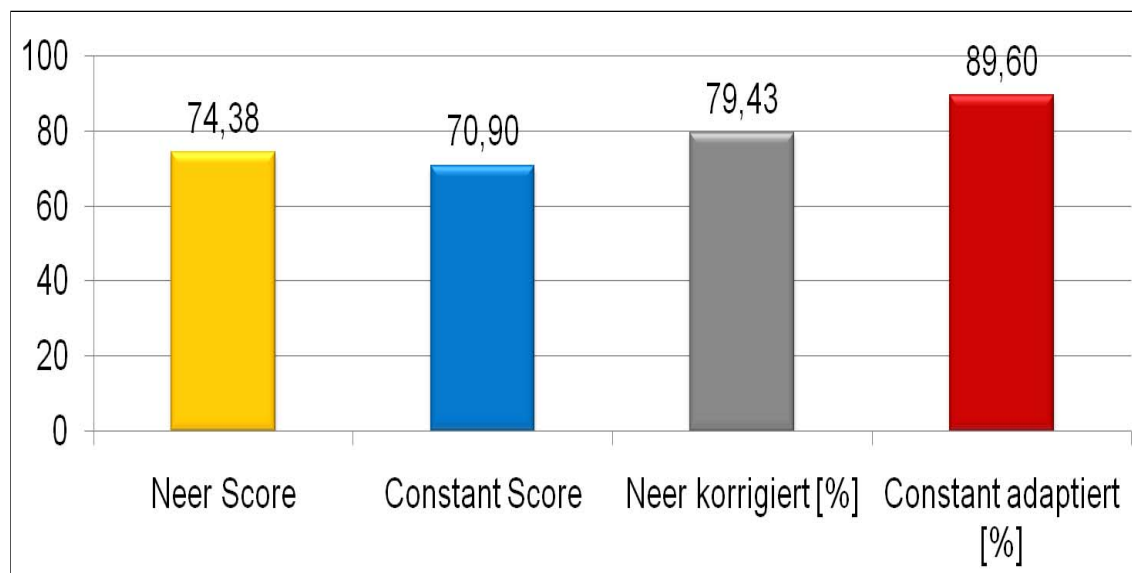


Abb. 59 Mittelwerte aller Scores, absolut und in Prozent

3.5.2 Constant-Score absolut / alters- und geschlechtsadaptiert

Die Auswertung aller Frakturen zeigte im nicht adaptierten absoluten Constant-Score im Gesamtergebnis lediglich für 8% ein sehr gutes (90-100 Punkte), für 29% ein gutes (80-89 Punkte), für 25% ein befriedigendes und für 37% der operierten Fälle ein schlechtes (0-69 Punkte) Ergebnis, welches sich jedoch nach alters- und geschlechtsspezifischer Adaptation in Anbetracht unseres Gesamtkollektivs mit einem Altersdurchschnitt von immerhin 67,99 Jahren und einem numerischen Anteil von 145 Fällen jenseits des 70.ten

Lebensjahres ausgezeichnet darstellte, wie die Abbildungen 60 A, B und 61 A, B in Relation zur Geschlechtsverteilung eindrucksvoll veranschaulichen.

Im adaptierten Constant-Score erwiesen sich nunmehr 188 von 281 Fällen (67%) als sehr gutes Ergebnis. 32 Fälle konnten mit guten und 24 Fälle mit befriedigenden Ergebnissen aufwarten, während im adaptierten Constant-Score nur noch 37 Fälle von 281 Operierten ein schlechtes Scoreergebnis hatten.

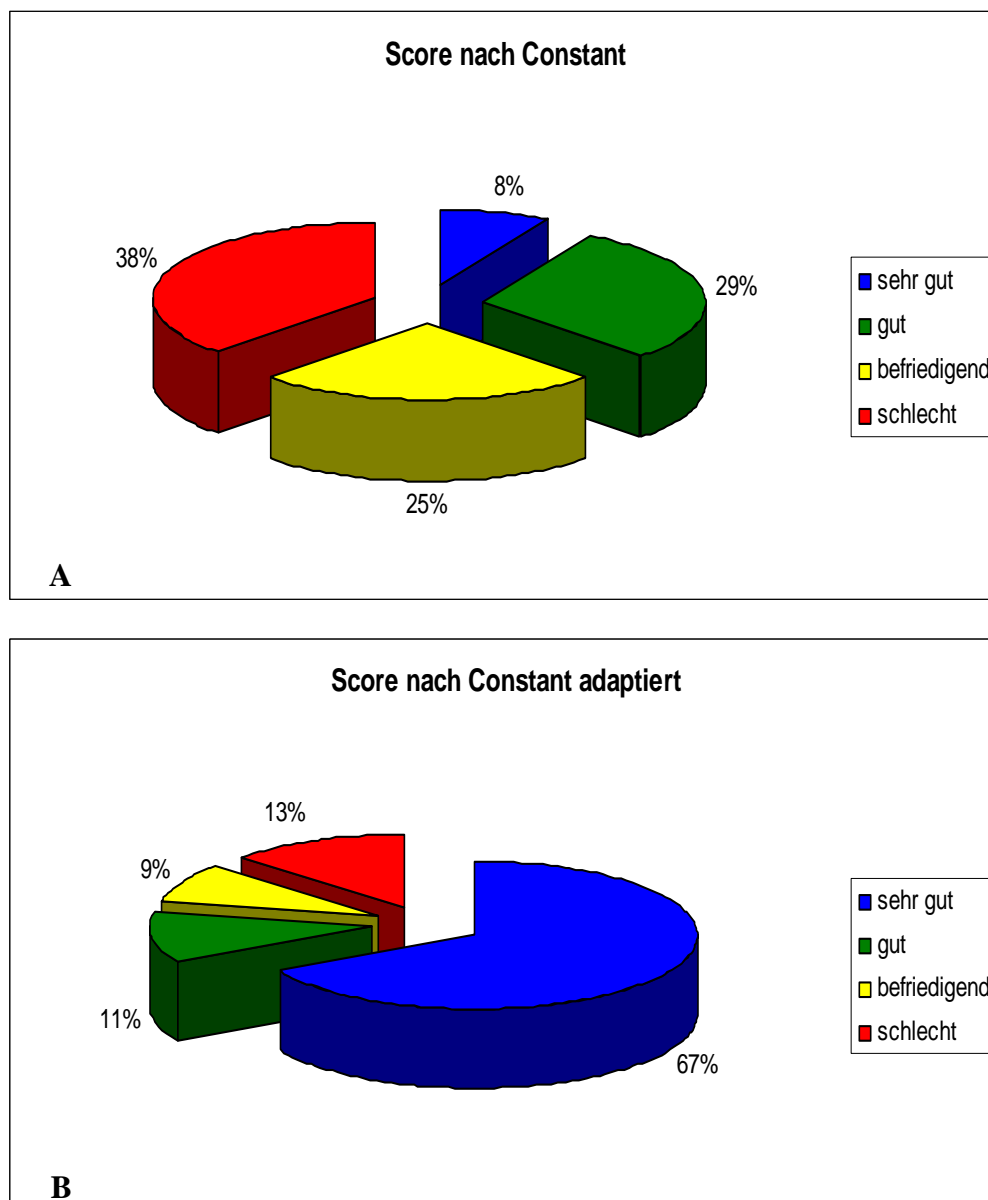
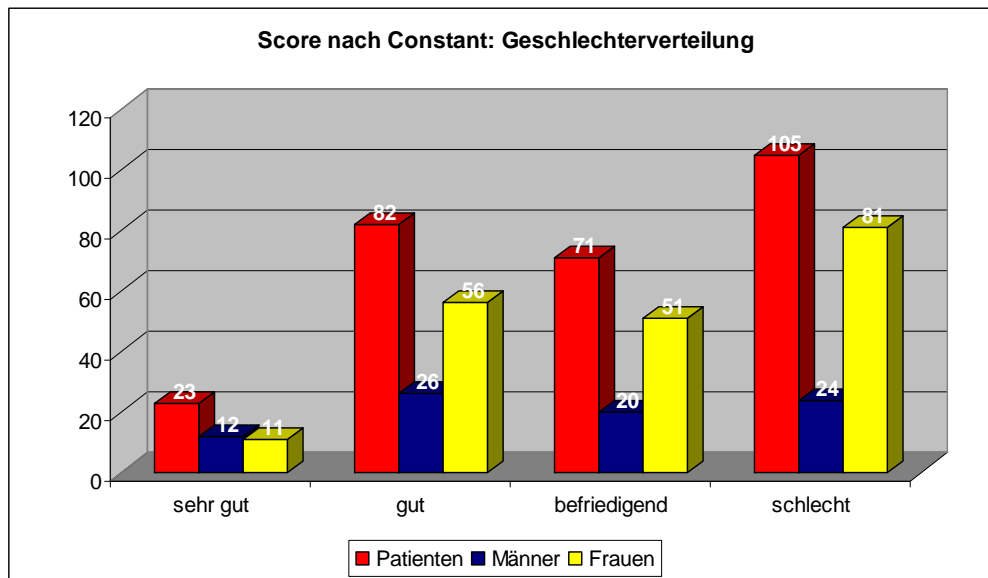
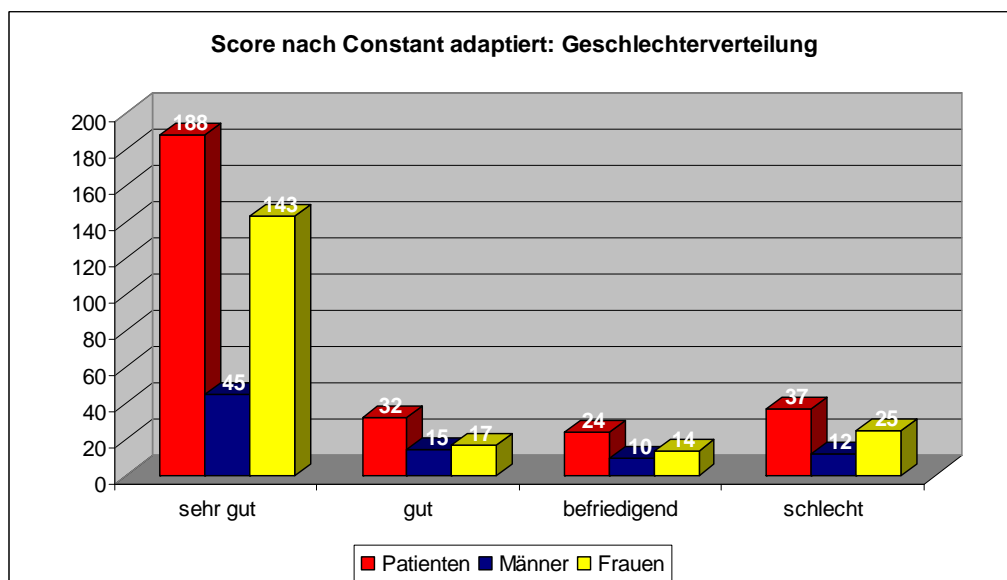


Abb. 60 A,B Constant-Score absolut und alters-geschlechtsadaptiert in Prozent



A



B

Abb. 61 A,B Constant absolut und CS alters-geschlechtsadaptiert, n=281 Fälle

Bezüglich der zu bewertenden Punkteintervalle des Schulterfunktionsscores nach Constant und Murley sind wir in unserer Beurteilung, wie der Aufschlüsselung der Gesamtergebnisse zu entnehmen ist, streng den Kriterien analog der Punkteinteilung nach Neer, welche in der Mehrheit der Veröffentlichungen zitiert werden, gefolgt.

Die Vergleichbarkeit unserer funktionellen Score-Ergebnisse mit nicht wenigen Studien wird insbesondere auch durch eine wohlwollender anmutende Punkteskala in der Literatur erschwert.

Habermeyer teilt in seinem Standardwerk: Schulterchirurgie 3. Auflage in Orientierung an Gerber und Boehm et al. ein Bewertungsschema mit, welches erst ab <60 Punkten mit schlechten funktionellen Ergebnissen korreliert [43, 44].

In Analogie zu Neer ermittelten wir bezogen auf unser Gesamtkollektiv im absoluten Constant-Score ohne alters- und geschlechtsabhängige Adaptation einen absoluten Mittelwert von 70,90 mit einem Median von 75,00 Punkten, was in der Einschätzung der einzuordnenden Beurteilungskategorie nur mäßigen Ergebnissen entsprach.

Adaptierten wir danach die Ergebnisse alters- und geschlechtsspezifisch, um die Vergleichbarkeit mit anderen Studien herzustellen, so erhielten wir einen Mittelwert von 89,60 Prozent bei einer Häufigkeit im Median von 98,92 Prozent, was dann folgerichtig mit erfreulichen, überwiegend sehr guten und guten Ergebnissen des Outcome und Benefit unseres Patientenkollektivs gleich zu setzen war (siehe Abb. 59).

3.6 Scoreergebnisse speziell

3.6.1 Scores Fragment- und A-B-C- sowie altersabhängig (Neer vs. AO)

Analysiert man im Weiteren vergleichend die klinischen Scoreergebnisse in Abhängigkeit vom Schweregrad der Frakturen, der unter anderem durch die Anzahl der Fragmente, deren Dislokation und Achsfehlstellung, der Lokalisation unter Einbeziehung der Luxationsfrakturen und durch die jeweilige Zuordnung in den Klassen und Untergruppen der Neer- und AO-Klassifikation definiert und nicht zuletzt auch abhängig von der Ausprägung der Osteoporose ist, so zeigten sich, wie in den Abbildungen 62 und 63 in Form von Säulendiagrammen aufgetragen, zum Teil deutliche (signifikante) Punkteinbußen im Sinne schlechterer Ergebnisse (negative Korrelation) mit Zunahme der Schweregrade der Frakturen bzw. mit Zunahme der Anzahl der Fragmente unter Einbeziehung der Luxationsfrakturen und der Head splits. Statistisch galt dies jedoch nur unter der Prämisse, dass das Alter als Kovariate nicht berücksichtigt wurde [44].

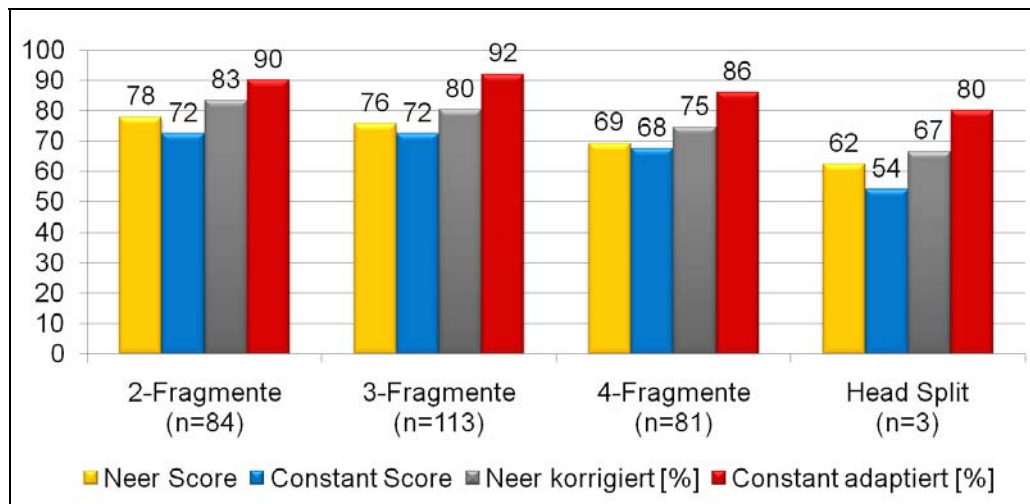


Abb. 62 Score-Ergebnisse fragmentabhängig

Die linearen Modelle für jeden Score zeigten regressionsanalytisch im t-Test für den normalen (absoluten) Constant Score ($p = 0,01585$), für Neer absolut ($p = 0,00028$) und für den korrigierten Neer ($p = 0,00020$) ein zum Niveau von 5% signifikantes Abnehmen der Score-Indices, je mehr Fragmente vorlagen. Dies galt, sofern das Alter nicht als Kovariate verwandt wurde. Der adaptierte CS zeigte mit $p = 0,07238$ allenfalls eine gewisse Tendenz.

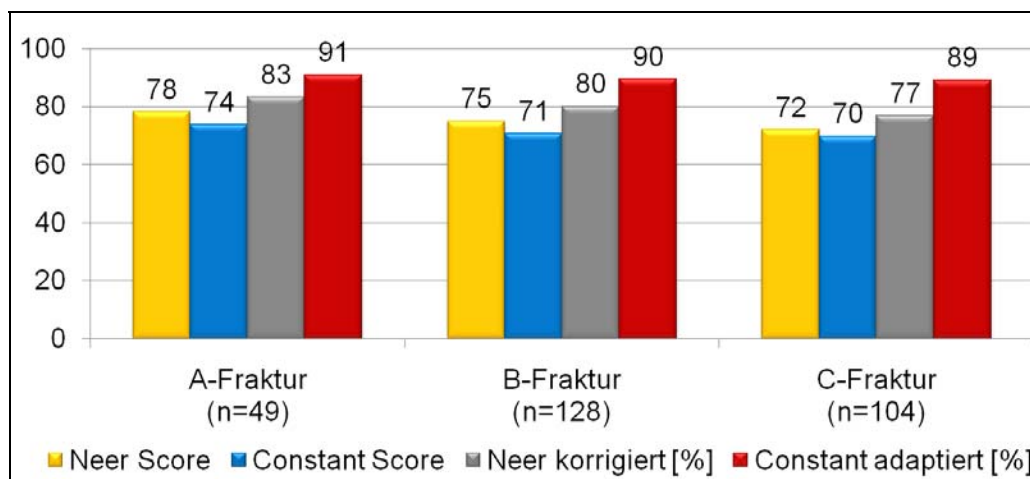


Abb. 63 Score-Ergebnisse bezogen auf A-, B-, C- Klassifizierung nach AO

Die t-Tests für jeden aufgezeigten Score belegten auch hier statistisch sowohl für die beiden (absolut: $p = 0,022$ und adaptiert: $p = 0,048$) Constant Scores als auch für Neer (absolut: $p = 0,032$ und korrigiert: $p = 0,021$) ein zum Niveau von 5% signifikantes Abnehmen der Score-Werte je höher die Fraktur- Subklassifizierung nach der AO war.

Wobei sich auch hier in der statistischen Analyse in allen Fällen entsprechend den aufgezeigten p- Werten eine negative Steigung ergab, allerdings mit geringster Ausprägung im adaptierten Constant. Auch dies galt statistisch nur, wenn man das Alter des Patienten als Kovariate nicht berücksichtigte.

Die Ergebnisse für die Gruppe der 3-Fragmentfrakturen fielen jedoch gegenüber der Gruppe der 2-Fragmentfrakturen im adaptierten Constant geringgradig besser aus.

Gleichwohl zeigten sich bei der Veranschaulichung unserer altersbezogenen Score-ergebnisse statistisch im absoluten und korrigierten Neer-Score ebenso wie im absoluten Constant-Score signifikante Unterschiede mit Zunahme des Alters in den in Abbildung 64 aufgeführten Altersgruppen, außer im alters- und geschlechtsadaptierten Constant-Score.

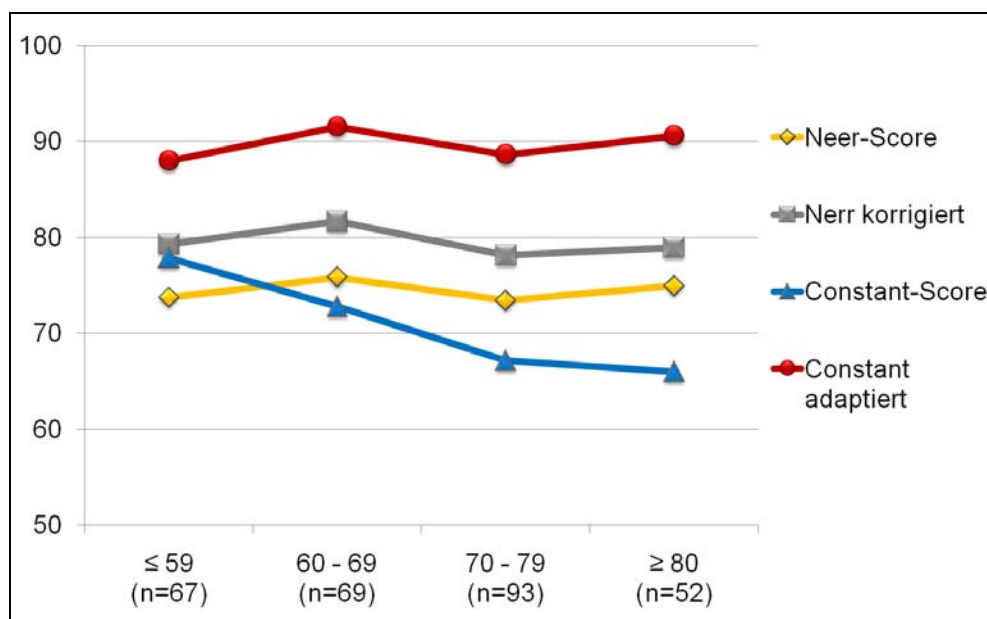


Abb. 64 Score-Ergebnisse altersabhängig

Statistisch zeigten die Regressionsanalysen (t-Test) für den normalen (absoluten = rohen), nicht alters- und geschlechtsadaptierten Constant Score (blauer Graph) eine zum Niveau von 5% hochsignifikante Verschlechterung ($p = 0,0000009912$) der Score-Werte, je älter der Patient war. Für die beiden Neer Scores ergaben sich aber ebenfalls noch signifikante negative Korrelationen (Neer absolut: $p = 0,000004$, Neer korrigiert: $p = 0,00228$). Im adaptierten CS (roter Graph) hingegen konnten wir statistisch mit einem p-Wert von 0,4978 keine altersabhängige Signifikanz aufzeigen, wie auch die graphische Darstellung des Liniendiagramms verdeutlicht.

3.6.2 Scoreergebnisse Großfragment- vs. Kleinfragment-Implantat

Obwohl wir in unserem nachuntersuchten Kollektiv von 281 Fällen nur insgesamt 50-mal die winkelstabile Kleinfragmentplatte Stryker und im Vergleich dazu 231-mal die winkelstabile Großfragmentplatte Königsee einsetzten, gingen wir der Frage nach, ob sich bezogen auf den implantatbezogenen Scoreergebnissen zwischen beiden Implantaten ein signifikanter Unterschied zeigte.

Aufgrund der größeren Variabilität des Einsatzes der Kleinfragmentschrauben im Kopfbereich mit einer daraus resultierenden erweiterten Fixationsvielfalt und der möglicherweise in Folge des Schraubendurchmessers geringeren Durchblutungskompromittierung bestätigten sich unsere diesbezüglichen Erwartungen besserer Ergebnisse jedoch nicht.

Die errechneten Mittelwerte und Mediane zeigten für beide Gruppen nur minimale Abweichungen eher zu Gunsten des Großfragment-Implantates. Dies untermauert sowohl die Bedeutung und Wichtigkeit der Wahrung der periostalen Durchblutung als auch die Notwendigkeit einer anatomiegerechten Fragmentreposition und Retention unabhängig von der Wahl des winkelstabilen Implantates oder alternativer Verfahren mit ähnlichen Ergebnissen.

Abbildung 65 gibt die prozentuale Gewichtung unserer Ergebnisse des Königseeimplantates vs. des Strykerimplantates in den jeweiligen Scores wieder.

Im adaptierten Constant wiesen 66% der mittels Großfragmentimplantat versorgten Fälle gegenüber 72% der mittels Kleinfragment operierten Fälle ein sehr gutes Ergebnis auf.

In der Kleinfragmentgruppe zeigten sich bei lediglich 12% der Fälle schlechte gegenüber 13% schlechten Ergebnissen in der Großfragmentgruppe.

Die Ergebnisse des korrigierten Neer-Score hingegen zeigten nur noch für 33% der mittels Strykerimplantat versorgten Fälle ein sehr gutes gegenüber 30% sehr guter Ergebnisse der mittels Königseeimplantat behandelten Fälle.

Während im korrigierten Neer 28% der Strykergruppe schlechte Ergebnisse aufwiesen, so zeigte sich in der Königseegruppe dem gegenüber nur bei 24% der Fälle ein nicht akzeptables scorebasiertes Operationsergebnis.

Deutlich erfreulicher gestalteten sich unsere vergleichenden implantatbezogenen schlechten Ergebnisse im alters- und geschlechtsadaptierten Constant.

Hier resultierten nach Adaptation nur noch bei 13% der Großfragmentgruppe und bei 12% der Kleinfragmentgruppe nicht zufrieden stellende Ergebnisse.

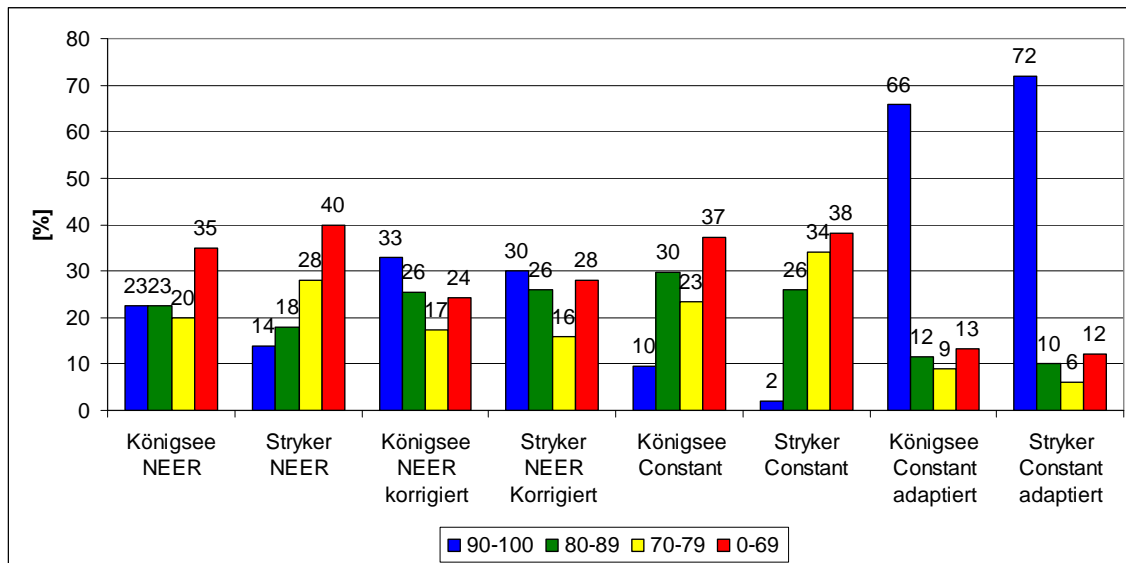


Abb. 47 Score-Ergebnisse implantatabhängig in Prozent Königsee vs. Stryker

Mit Hilfe der univariaten Varianzanalyse (ANOVA) zeigte sich statistisch keine score-bezogene Signifikanz (p -Werte $> 0,05$) zwischen beiden nachuntersuchten Implantatgruppen (siehe auch Abb. 66).

In Abbildung 66 sind wiederum in Form eines Säulendiagramms die Scoreergebnisse über alle Fälle in Abhängigkeit vom verwandten Implantat entsprechend der errechneten Mittelwerte und der dazugehörigen Mediane aufgetragen.

Es ist sofort ersichtlich, dass insbesondere im adaptierten Constant für beide Implantatgruppen signifikant bessere Ergebnisse verglichen mit den übrigen Scoreergebnissen vorlagen. Jedoch ermittelten wir keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen dem winkelstabilen Groß- und dem winkelstabilen Kleinfragmentimplantat.

Für alle 4 Scores konnten varianzanalytisch mit Hilfe von ANOVA zum 5%- Niveau keine signifikanten Unterschiede zwischen dem verwandten „Königsee“- und dem „Stryker“- Implantat festgestellt bzw. ermittelt werden. (p -Werte: CS $p = 0,30$, CS adaptiert $p = 0,87$, Neer Score $p = 0,051$, Neer korrigiert $p = 0,33$)

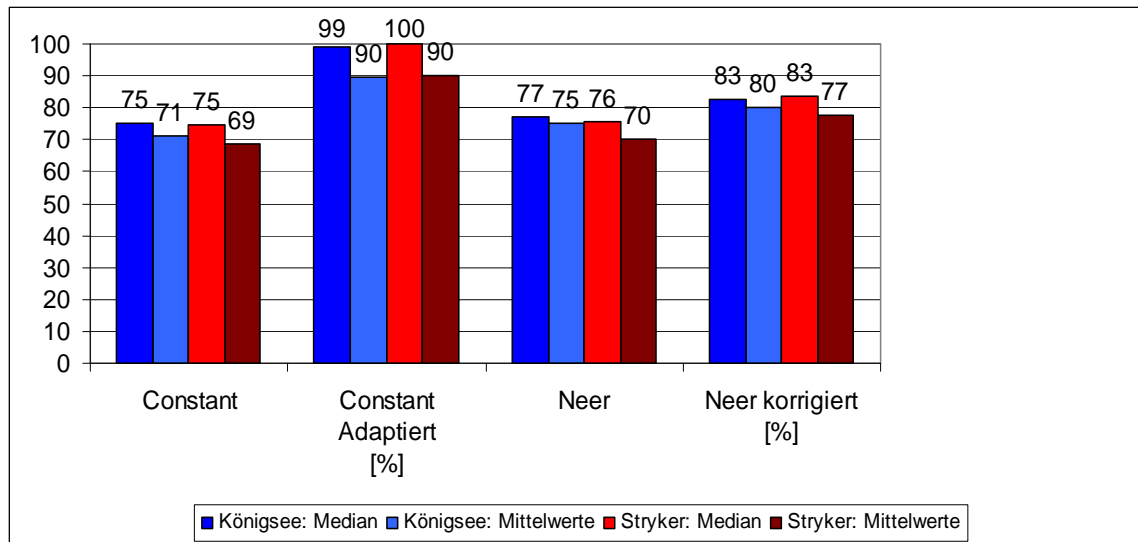


Abb. 66 Score-Ergebnisse Königsee vs. Stryker

3.6.3 subjektive Patientenzufriedenheit

3.6.3.1 visuelle Analogskala (VAS 1-6)

Die mit Hilfe einer visuellen Analogskala in Schulnotenform ermittelte subjektive Zufriedenheit unseres Kollektivs brachte in 61% (n=172/281) der Fälle ein sehr gutes und gutes Ergebnis.

Die Patienten dieser Gruppe waren mit dem Operationsergebnis bezogen auf Funktion und häusliche wie berufliche und Freizeitaktivitäten hoch zufrieden. Weitere 31% (n=87/281) stufen ihre Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis noch mit befriedigend oder ausreichend ein, während in insgesamt 8% (n=22/281) der Fälle eine mangelhafte bis ungenügende subjektive Einschätzung des Ergebnisses bzw. der Zufriedenheit vorlag.

Die bei einigen Patienten laufenden Rentenverfahren (MDE-Festsetzung) oder die noch anstehenden oder bereits erfolgten Einschätzungen des Grades der Behinderung (GdB) bei den zuständigen Versorgungsämtern wurden statistisch als Kovariate nicht zusätzlich berücksichtigt.

Alle Patienten der Gruppe mit einem schlechten funktionellen Ergebnis wiesen in der Regel auch ein begleitendes Schmerz- oder gar Impingementsyndrom bei hoher Assoziation zu einer radiologisch nachgewiesenen Spätkomplikation auf.

Abbildung 67 spiegelt die angegebene subjektive Zufriedenheit unserer 281 Fälle in Relation zur Anzahl der Fragmente anlog der Frakturklassifikation nach Neer in Prozent entsprechend wieder.

Hier zeigte sich bei den 2-Fragmentfrakturen bei 65% der Patienten eine hohe subjektive Zufriedenheit, bei den 3-Fragmentfrakturen lag eine solche sogar bei 68% der Patienten vor und bei den 4-Fragmentfrakturen schätzten immerhin noch 48% ihre subjektive Zufriedenheit mit gut oder sehr gut ein.

Auch war in dieser 4-Fragment-Gruppe mit 14% die Unzufriedenheit anteilig doppelt so hoch wie in der 2-Fragment-Gruppe mit 7% schlechten subjektiven Ergebnissen bzw. unzufriedenen Patienten. In der Gruppe der 3-Fragmentfrakturen lag die Selbsteinschätzung in Analogie zur Benotung lediglich bei 4% schlechten (unzufriedenen) Ergebnissen. Von den 3 Patienten mit einer Head split Fraktur war je ein Patient mit dem Ergebnis hoch zufrieden, mäßig zufrieden und unzufrieden.

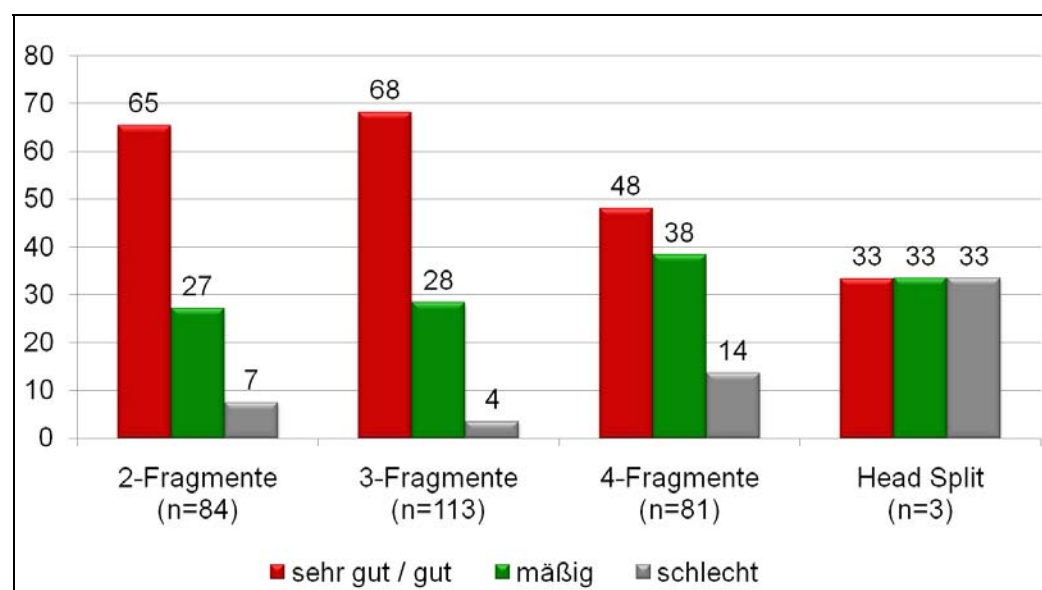


Abb. 67 subjektive Patientenzufriedenheit VAS 1-6 nach Schulnoten in Prozent und fragmentabhängig

Die Unabhängigkeitsannahme (Nullhypothese) zwischen subjektiver Patientenzufriedenheit (VAS) und der Anzahl der Fragmente konnte statistisch auf Basis eines Chi-Quadrat-Tests zur Ermittlung der Verteilungseigenschaften zum 5%-Niveau verworfen werden ($p = 0,025$). Dem zu Folge korrelierte die VAS negativ mit der Zunahme der Schwere der Frakturen bzw. der Anzahl der Fragmente.

3.6.3.2 Patientenzufriedenheit Schmerzscore Constant-VAS (0-15)

Nahezu kongruente Ergebnisse zeigten sich in unserer visuellen (visualisierten) Schmerzskala, die wir analog des Constant-Scores erstellten.

Auf der Schmerzskala von 0 bis maximal 15 zu vergebenden Scorepunkten entsprach die Zuordnung von 0 bis 4 Punkten einer absoluten Schmerz- und Beschwerdefreiheit; diese Patienten wurden mit sehr gut und gut benotet.

Die Punkteverteilung von 5 bis 9 Punkten bildete alle zufriedenen Patienten ab, die aber zum Teil an Wetterfühligkeit litten und bei denen in der Regel nur bei starker Belastung erträgliche Schmerzen oder Beschwerden auftraten. Wir klassifizierten sie daher nur noch als insgesamt zufrieden mit dem Ergebnis ein.

In der Klasse von 10 bis 15 Scorepunkten wurden alle Patienten mit häufig auftretenden, bewegungsabhängigen, abgestuften bis zu starken und ständig auftretenden Schmerzen aufgeführt. Die Selbsteinstufung spiegelte in dieser Gruppe die Patienten mit der größten Unzufriedenheit wieder.

Hier zeigte sich eine deutliche Korrelation mit all den Patienten, die mit unterschiedlichen, vornehmlich aus Spätkomplikationen resultierenden Beschwerden behaftet waren. Zwischenzeitlich wurden aus diesem Kollektiv mit unbefriedigenden Ergebnissen die meisten Patienten bereits zur Behandlung der jeweiligen Komplikation stationär einbestellt.

Dieses Gesamtkollektiv wird dezidiert in Kapitel 4 unter Komplikationen und Radiologische Auswertung vorgestellt und diskutiert.

Neben sekundären Tuberkeldislokationen sind an dieser Stelle schon jetzt insbesondere auch Varussinterungen mit Schraubenperforationen, die Impingementproblematik und nicht zuletzt die wenigen Therapieversager zu nennen.

Vergleicht man die in Abbildung 67 und in Abbildung 68 dargestellten subjektiven Gesamtergebnisse unserer Fälle, so erkennt man die prozentuale Übereinstimmung bzw. statistische Korrelation der Gruppen mit schlechten Ergebnissen in beiden visuellen Analogskalen.

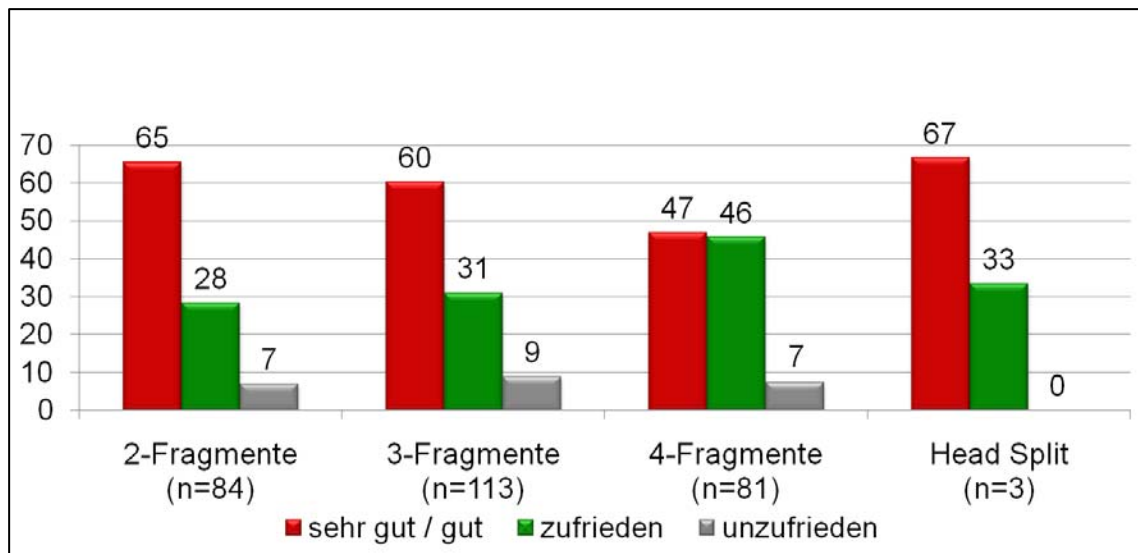


Abb. 68 subjektive Patientenzufriedenheit Schmerzscore Constant-VAS (0-15) in Prozent und fragmentabhängig

Die Unabhängigkeitsannahme (Nullhypothese) zwischen der schmerzabhängigen Constant-VAS und der Anzahl der Fragmente bzw. der Zunahme der Schwere der Frakturen konnte hingegen auf Basis eines Chi-Quadrat-Tests zur Ermittlung der Verteilungseigenschaften zum 5%-Niveau nicht verworfen werden ($p = 0,267$). Dem zu Folge korrelierte die schmerzbedingte Patientenzufriedenheit statistisch nicht (zwangsläufig) mit der Anzahl der Fragmente bzw. der Schwere der Fraktur. Die schmerzbasierende Constant-VAS war vielmehr abhängig von der Qualität des Ausheilungsergebnisses und den damit verbundenen Komplikationen.

3.7 Einfluß poststationärer Krankengymnastik und Rehabilitation

Seitens der so wichtigen physiotherapeutischen Säule, der durch die winkelstabilen Implantate gewährleisteten frühfunktionellen Übungsstabilität und Bewegungstherapie, zeigte sich auf dem Boden unserer diesbezüglich durchgeführten dezidierten Patientenbefragung, dass lediglich 20% die Frage nach einer weiter fortgeführten und verordneten Krankengymnastik mit „viel“, was so viel bedeutet wie hochzufrieden, beantworteten und einschätzten. Immerhin waren noch 42% unserer Patienten mit der verordneten und bewilligten Krankengymnastik zufrieden und bezeichneten die

fortgeführte Physiotherapie als „ausreichend“, während jedoch 38% der befragten Patientinnen und Patienten ihre physiotherapeutische Nachbehandlung als „viel zu wenig“ und völlig unzureichend bezeichneten (siehe Abb. 69 - 71). Bei diesen verständlicherweise hochgradig unzufriedenen Patienten wurden diesen in dem sich der Operation anschließenden Quartal maximal bzw. höchstens bis zu 18 mal Krankengymnastik von den weiterbehandelnden Ärzten verordnet und von den zuständigen Krankenkassen und Medizinischen Diensten bewilligt. Nicht wenige berichteten auch, dass sie sich, um ihrer Gesundheit Willen, veranlasst sahen, darauf hin die noch mit einer Verbesserung des funktionellen Ergebnisses verbundene Krankengymnastik selbst zu finanzieren.

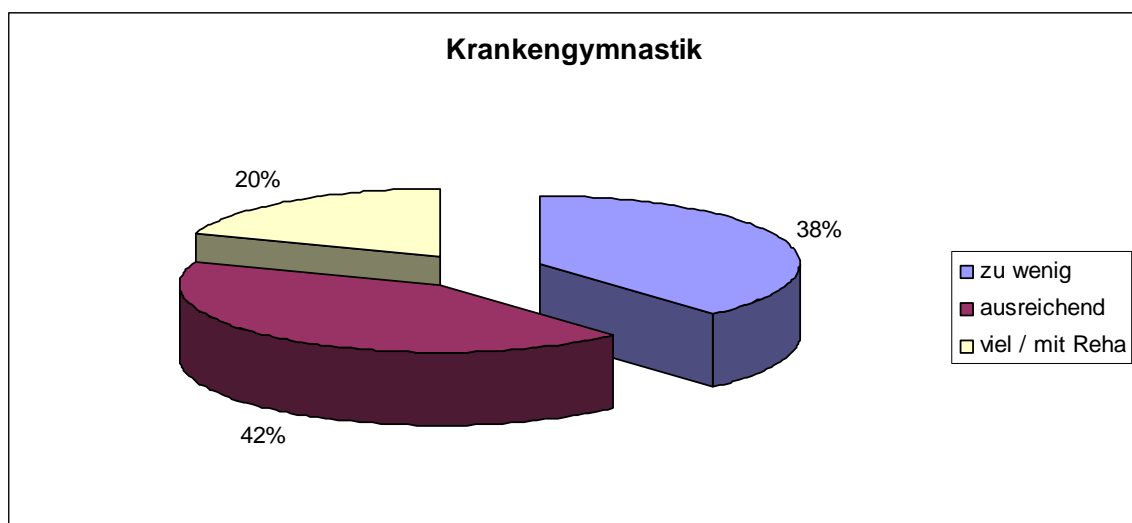


Abb. 69 Graphische Ergebnisdarstellung der Befragung: KG , Aufteilung in zu wenig, ausreichend und viel verordneter Krankengymnastik

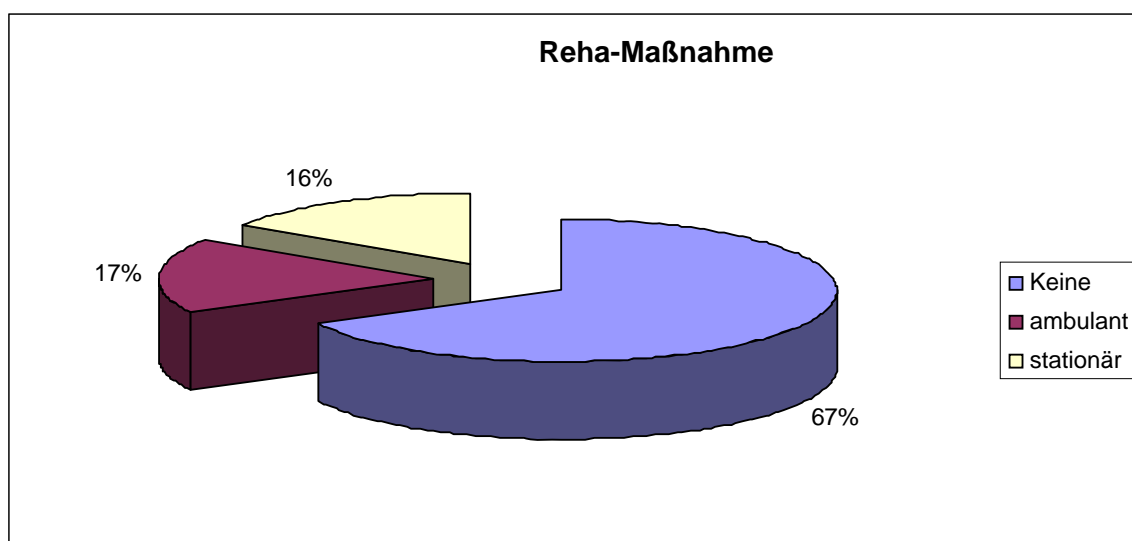


Abb. 70 Graphische Ergebnisdarstellung der Befragung: Reha-Maßnahme, Aufteilung in ambulant und stationär durchgeführte Anschlussheilbehandlungen (Reha) in Prozent

Die genauere Analyse brachte zu Tage, dass 17% eine ambulante Reha-Maßnahme verordnet und bewilligt bekommen hatten und dass bei 16% unserer 273 Patientinnen und Patienten eine stationäre Anschlussheilbehandlung (Reha) bewilligt und durchgeführt wurde, während sich insgesamt 67% unseres Gesamtkollektivs ausschließlich dem Diktat der gesetzlichen Krankenkassen und der Verschreibungspraxis der niedergelassenen Ärzte fügten.

Unsere statistischen Zahlen belegen nachweislich, dass die durchgeführten Gesundheitsstrukturreformen die so wichtige Säule der Physiotherapie zum Teil missachten und hier dringlich Handlungsbedarf angezeigt ist, denn unser Kollektiv mit der geringsten Krankengymnastik (38%) wies statistisch gegenüber den übrigen Patienten deutlich schlechtere Ergebnisse auf. Abbildung 71 spiegelt im Balkendiagramm unsere diesbezüglichen Ergebnisse wieder.

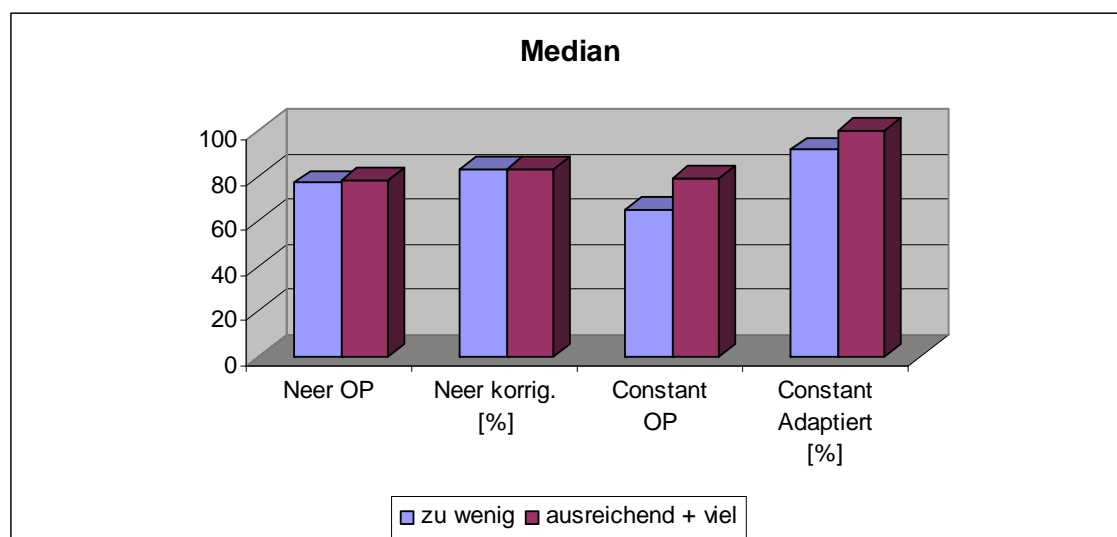


Abb.71 Score-Mediane in Abhängigkeit von der verordneten und durchgeführten Krankengymnastik

Statistisch zeigte sich eine positive Korrelation zwischen der verordneten und durchgeführten Anzahl an Krankengymnastiken sowie Rehamaßnahmen und der Höhe der Scoreergebnisse. Alle Zusammenhänge waren signifikant bis auf den adaptierten CS zum Niveau 5% (p-Werte: Neer OP 0,0001, Neer korrig. 0,00151, Constant OP 0,00010, Constant adaptiert 0,0955).

4 Komplikationen und Radiologische Auswertung

4.1 Komplikationsraten allgemein

Insgesamt verzeichneten wir eine Gesamtkomplikationsrate (siehe Tab. 7) von 14,22% (40/281) unserer mittels winkelstabilem Implantat operierten Patientinnen und Patienten.

Unsere Infektionsrate lag mit 2,14% (6/281) unter der geforderten Marke und unterstreicht die Bedeutung der Einhaltung der mit einer Operation verbundenen Kriterien der Asepsis und atraumatischen Operationstechnik nebst der im eigenen Krankengut bewährten intraoperativen One-shot-Antibiose.

Pseudarthrosen traten lediglich in 1,42% (4/281) unserer Fälle auf. Hier konnten wir in einem Fall eine Frakturkonsolidierung in Form einer Reosteosynthese verbunden mit autologer Spongiosaplastik mit gutem Ausheilungsergebnis herbeiführen. Bei den drei übrigen Fällen war bisher keine weitere Intervention erforderlich, da sich jeweils eine subjektiv zufrieden stellende, relativ schmerzarme Funktion der jeweiligen Schulter zeigte.

Tab. 7 Auflistung und Übersicht der wesentlichen Komplikationsraten

<u>Komplikation</u>	<u>Gesamtanzahl</u>	<u>Prozent</u>
Infektionen	6	2,14
- 2 Ausheilung ohne ME		
- 4 vorzeitige ME, davon 1 Kopfresektion		
Hämatom / Serom	9	3,2
Nervenläsion	1	0,36
- 1 Nervus axillaris		
Implantat bedingte Komplikationen	20	7,1
- 6 Reosteosynthesen		
- 2 Hemiprothesen		
- 1 additive Zuggurtung		
- 11 Schraubenwechsel/ -entfernung		
Pseudarthrosen	4	1,42
- 1 Reosthesynthese mit Spongiosaplastik		

4.1.1 Frühkomplikationen

Bei 9 Patienten entwickelte sich im postoperativen Verlauf trotz intraoperativer, subtiler Blutstillung und der standardisierten Einlage einer sub- und epifaszial verlaufenden Redondrainage ein Hämatom oder Serom, welches jeweils durch einen einmaligen Revisionseingriff mit nachfolgender komplikationsloser Wundheilung in Ausheilung gebracht werden konnte. Die durchgeführten Abstrichergebnisse konnten in diesen Fällen erfreulicherweise keine Keimbesiedlung nachweisen. Die weitere postoperative, frühfunktionelle Bewegungstherapie wurde durch die Revisionseingriffe nicht nennenswert tangiert.

Bedauerlicherweise kam es hingegen bei 6 Patienten zu einer postoperativen Infektion der Weichteile, wobei in einem Fall die damit verbundene schwere Schultergelenksinfektion nur durch eine letztendlich durchgeführte Oberarmkopfresektion als ultima ratio mit anschließender Knochenzement-Spacer-Implantation beherrscht werden konnte. Der Patient ist derzeit schmerzfrei, mit der verbliebenen Restfunktion nicht zufrieden, kann sich aber verständlicherweise aufgrund der nicht zu erwartenden Funktionsverbesserung zu keiner Prothesenimplantation entschließen.

In 4 Fällen war eine endgültige Ausheilung der Infektsituation erst nach kompletter frühzeitiger Metallentfernung gegeben.

Auch ohne Entfernung der Osteosynthesemittel kam es bei 2 Patienten unter der generell bei allen Weichteil- und Gelenkinfektionen eingesetzten Vakuumversiegelung (Vacuseal-Coldex-KCI-Schwamm) zur Beherrschung der Infektsituation mit nachfolgender Konsolidierung der Fraktur und zu einem durchaus zufrieden stellendem funktionellen Ausheilungsergebnis.

Bezogen auf alle Fälle sahen wir lediglich eine posttraumatische Nervus axillaris Läsion, wobei wir bei noch akzeptabler Restfunktion des Schultergelenkes auf eine Revision mit Darstellung (Neurolyse) des Nerven verzichteten.

Nachweisliche, traumatologisch bedingte Nervenschädigungen zeigten sich in unserem aufgearbeiteten Kollektiv bis auf vorübergehende, voll reversible neuropraktische Beeinträchtigungen nicht.

4.1.2 Spät- und implantatbedingte Komplikationen

Unsere implantatbedingte Komplikationsrate lag bei 7,1% (20/281) und entspricht somit in etwa den Angaben anderer Autoren, die diesbezüglich über winkelstabile implantat-spezifische Komplikationen berichteten.

Insgesamt mussten wir 6-mal eine frühzeitige Reosteosynthese auf dem Boden von Plattenlockerungen oder eines Implantatversagens im Sinne von Plattenausrisen durchführen.

Hiervon waren in drei Fällen operationstechnische Fehler dafür verantwortlich zu machen. In einem Fall war eine zu kurz gewählte Platte die Ursache für den meta- diaphysären Plattenausriss, in einem weiteren Fall resultierte ein kompletter Ausriss aus dem Kalottenfragment bei initial nachweislich zu kurz gewählten Kopfschrauben.

Zweimal war die Implantation einer Hemiendoprothese (HEP) bei frustanem Rekonstruktionsversuch von 4-Fragmentfrakturen nach Neer unumgänglich.

Die Analyse dieser beiden Fälle unter Einbeziehung der präoperativ durchgeführten CT-Diagnostik veranlasst uns zur kritischen Anmerkung, dass in beiden Fällen die primäre Implantation einer Schulterprothese indiziert gewesen wäre.

In einem anderen Fall erfolgte die Refixation einer unmittelbar postoperativ nachgewiesenen Tuberkulum majus Dislokation mittels einer additiven Zuggurtung.

Insgesamt gesehen verzeichneten wir post operationem in 11 Fällen frühzeitig aufgetretene Schraubenperforationen durch die Kopfkalotte ins Gelenk hinein, die ebenfalls eine sofortige Revision mit entsprechendem Wechsel, bzw. Austausch der Schrauben nach sich zogen.

4.1.3 Radiologische Auswertung und Spätkomplikationen

Erst mit der radiologischen Auswertung erschloss sich uns die volle Ausprägung der auch mit der winkelstabilen Plattenosteosynthese verbundenen nicht beherrschbaren Problematik, insbesondere die der gefürchteten Oberarmkopfnekrosen, die häufig erst nach einem nicht selten auftretenden symptomarmen Intervall und danach jedoch mit einer zunehmenden Schmerz- und Beschwerdesymptomatik in Erscheinung treten.

Im Vergleich mit der aktuellen Literatur liegen unsere Nekroseraten bezogen auf den Einsatz alternativer Verfahren deutlich unter dem Durchschnitt und bezogen auf eine identische winkelstabile Verfahrenswahl auf Augenhöhe anderer Autoren.

Eine vollständige Oberarmkopfnekrose zeigte sich in 3,56% (10/281) und eine partielle Kopfnekrose in 4,27% (12/281) der Fälle (siehe Tab. 8).

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle war mit einer totalen (vollständigen) Kopfnekrose gleichzeitig eine sekundäre Sinterung mit Schraubenperforation und eine daraus resultierende Schmerzsymptomatik mit Funktionseinschränkung der jeweiligen Schulter verbunden.

Bei insgesamt acht dieser Patienten wurde zwischenzeitlich bereits eine elektive Schrauben- oder eine komplette Metallentfernung durchgeführt. Die übrigen Patienten wurden nach Abschluss unserer Studie zur operativen Revision einbestellt, oder aber sind durchaus mit der derzeitigen Situation noch zufrieden.

Gleichwohl beinhaltet die Indikation zur Prothetik in Abhängigkeit vom Ausmaß der Nekrose, erst recht bei nachweislichem Untergang der Tuberkula, auch die Inkaufnahme eines möglicherweise funktionell noch schlechteren Ergebnisses, jedoch eben vielfach verbunden mit einer zu erwartenden Schmerzreduktion bzw. Schmerzfreiheit.

Tab. 8 Übersicht nach radiologischer Auswertung

<u>Komplikation</u>	<u>Gesamtanzahl</u>	<u>Prozent</u>
Vollständige Kopfnekrose	10	3,56
Partielle Kopfnekrose	12	4,27
Sekundäre Varusfehlstellung	14	4,98
Impingementsyndrom	21	7,74
- sekundäre Dislokation Tuberculum majus	15	
- durch Plattenlage bedingt	6	
Omarthrose	4	1,42

Eine sekundäre Varusfehlstellung nach Frakturkonsolidierung auf dem Boden einer Sinterung im Kopfbereich bei fehlender medialer Abstützung zeigte sich immerhin in 14 von 281 nachuntersuchten Fällen (4,98%).

Bei der Hälfte dieser Patienten war die sekundäre Varusfehlstellung ebenfalls vergesellschaftet mit einer Schraubenperforation und der damit verbundenen Notwendigkeit einer Schrauben- bzw. Implantatentfernung.

Unbefriedigend sind unsere Ergebnisse seitens der im Rahmen der Nachuntersuchung festgestellten Impingementsymptomatik.

Hier zeigte sich in 15 Fällen ein primär nicht optimal fixiertes oder sekundär disloziertes Tuberkulum maius Fragment verantwortlich für das diagnostizierte Impingement-Syndrom.

Während bei sechs Patienten ursächlich eine zu weit cranial angebrachte Platte anzuschuldigen war.

In 4 Fällen (1,42%) kam es zu keiner nachweislichen knöchernen Frakturkonsolidierung im Sinne einer Pseudarthrose, wobei wir in einem Fall die Pseudarthrose mit einem guten Ergebnis durch Reosteosynthese mit autologer Spongiosaplastik in Ausheilung bringen konnten.

In den drei übrigen Fällen konnten sich die Betroffenen bei zufrieden stellenden funktionellen Ergebnissen bisher noch nicht zu einer operativen Intervention entschließen. Leider wiesen auch vier unserer zum Teil hochbetagten multimorbiden Patienten eine schwere posttraumatische Omarthrose mit einer nahezu kompletten Schultersteife auf (1,42%).

Keiner dieser omarthrotischen Patienten wünscht, im Einvernehmen mit seinen engsten Angehörigen, bei primär nicht berücksichtigter Comorbidität weitere operative Maßnahmen, sei es in Form einer wenig Erfolg versprechenden Arthrolyse bei zu erwartender irreparabler Kapselschrumpfung oder einer zu diskutierenden Indikation zur Implantation einer Schulterprothese.

Von unseren an einem in der Regel schmerzhaften (subacromialen) Impingementsyndrom laborierenden Patienten bei sekundär disloziertem Tuberkel sind zwischenzeitlich drei erfolgreich mittels arthroskopisch durchgeführter subacromialer Dekompression im Sinne einer Acromioplastik nach Neer therapiert bzw. operiert worden.

Die mit einer Impingementproblematik verbliebenen Patienten wurden mittlerweile ebenfalls zur erneuten Vorstellung und Besprechung des weiteren operativen Procedere einbestellt bzw. eingeladen.

Auf Patientenwunsch haben wir im aufgezeigten Zeitraum insgesamt 13-mal eine Entfernung der winkelstabilen Platte durchgeführt. 8-mal erfolgte eine komplette Metallentfernung wegen der beschriebenen sekundären Sinterung mit Schraubenperforation bzw. aufgrund eines Plattenimpingements.

Demnach liegt unsere subsummierte Rate von Implantatentfernungen derzeit bei 7,47%.

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Vergleich der frühfunktionellen Übungsstabilität zwischen alternativen und winkelstabilen Operationsverfahren

Trotz Einführung winkelstabiler Implantate existiert nach wie vor keine evidenzbasierte Entscheidungshilfe im Sinne eines fundierten Therapiekonzeptes für die operative Versorgung insbesondere der dislozierten 3- und 4- Fragmentfrakturen im Bereich des proximalen Humerus.

Das Spektrum der zur Verfügung stehenden Therapiemöglichkeiten ist groß und uneinheitlich mit der Tendenz hin zu biologischen minimal-invasiven Stabilisierungen, um einerseits die Zugangsmorbidität zu minimieren und die periostale Durchblutung zu schonen, andererseits führt aber die Forderung nach einer anatomiegerechten Reposition und übungsstabilen Retention der Fragmente nicht selten zu einer möglichen Konfliktsituation für den verantwortlichen Chirurgen [63, 99].

Im Rahmen einer Literaturrecherche im Jahre 2001 mit der Suche nach gesicherten Therapiekonzepten im Zeitraum von 1966-2000 für die Versorgung dislozierter proximaler Humerusfrakturen kamen Tingart et al. nach Auswertung aller Daten unter evidence-based-medicine Gesichtspunkten zu dem Schluss, dass die wissenschaftlichen Grundlagen zur Entscheidungsfindung einer erfolgversprechenden Therapie weiterhin unbefriedigend seien [122].

Bis auf wenige Ausnahmen liegen bisher in der Literatur vornehmlich Untersuchungsergebnisse über Patientenkollektive mit nur einer geringen Anzahl an Patienten ($n < 50 - < 100$) und einem häufig nur kurzen Follow-up (Nachuntersuchungsrate < 18 Monate) vor.

Durch die eigene Untersuchung konnte erstmals, neben Frangen et al. und Kettler et al., ein deutlich größeres Kollektiv mit 273 Patienten bei 281 Fällen, die mittels vergleichbaren winkelstabilen Implantaten versorgt wurden, mit einem Follow-up im Mittel von 30,20 Monaten bezüglich der klinischen und radiologischen Ausheilungsergebnisse beobachtet und analysiert werden [56, 33].

Frangen et al. berichten in ihrer Studie über ein Kollektiv von 166 und Kettler et al. über 222 Patienten.

Im eigenen Krankengut wurden sämtliche instabilen und dislozierten (operationsbedürftigen) proximalen Oberarmfrakturen nach Neer und der AO klassifiziert und in 231 Fällen mittels winkelstabilem Großfragment- und in 50 Fällen mittels winkelstabilem Kleinfragment-Implantat operativ versorgt.

Das Durchschnittsalter aller Nachuntersuchten ist in unserem Kollektiv mit 67,99 (18-95) Jahren repräsentativ und unterstreicht, dass die proximale Humerusfraktur als eine Fraktur des Seniums mit Schwerpunkt im 6. und 7. Dezenium und einem deutlichen Übergewicht des weiblichen Geschlechts bezeichnet werden kann [47, 19].

Gerade aufgrund der durch die winkelstabile Plattenosteosynthese gewährleisteten frühfunktionellen Übungs- und Bewegungsstabilität wurden all unsere Operierten unabhängig von Alter, Geschlecht, Ausprägung der Osteoporose und insbesondere unabhängig vom vorliegendem Frakturtyp nach Entfernung der Redondrainage ab dem 2. postoperativen Tag einer aktiven wie passiv-assistierten Krankengymnastik, in der Regel unter frühzeitigem Einsatz einer Motorschiene, zugeführt.

Längere postoperative Ruhigstellungen im Gilchristverband oder mehrwöchige Lagerungen auf so genannte Abduktionskissen oder Schienen mit schrittweiser Steigerung der Abduktion und Außenrotation, wie in anderen vergleichbaren Untersuchungen beschrieben, scheinen mit Blick auf unsere Ergebnisse weder erforderlich noch indiziert. Liegt doch gerade der Vorteil der Winkelstabilität in der Gewährleistung einer geforderten, frühzeitigen Physiotherapie, um postoperativen Adhäsionen, Strikturen, Gelenkkapselschrumpfung sowie Muskelatrophien und Sehnenretraktionen in Folge zu langer Immobilisierung und Ruhigstellung vorzubeugen [7, 6, 45].

In der Literatur finden sich aber auch diesbezüglich bei verwandten winkelstabilen Platten Empfehlungen über eine stufenweise aktive wie passive Krankengymnastik in der frühen bis späten postoperativen Phase in Abhängigkeit vom rekonstruierten Frakturtyp, dem Ausprägungsgrad der Osteoporose und dem aus der medialen Abstützung resultierenden Stabilitätsgrad.

Wir sehen in Hinblick auf das Vertrauen in unsere winkelstabile Osteosynthese und einer akzeptablen anatomischen Rekonstruktion unter Hinweis auf unsere Früh- und Spät komplikationen keine Indikation für eine solche stufenweise Krankengymnastik.

Plecko et al. berichten entgegen unseres frühfunktionellen Nachbehandlungsregimes unter Verwendung der LPHP bei 36 Patienten über gute Erfahrungen und sehr befriedigende Ergebnisse eines über mehrere Wochen durchgeführten differenzierten und stufenweisen, verletzungsabhängigen Nachbehandlungskonzeptes ihres Kollektivs mit einem mittleren Constant-Score nach 31 Monaten von 62,6 Punkten bei einem altersadaptierten CS von 80,7 %, bei lediglich einem Implantatversagen (2,7%) wegen fehlender medialer Abstützung, 3 Kopfnekrosen (8,3%) und 2 Infekten (5,5%) [94].

Mit herkömmlichen Operationsverfahren und nicht winkelstabilen Plattenosteosynthesen konnte unser uneingeschränktes Nachbehandlungsregime bzw. ein solches frühfunktionelles Konzept, wenn überhaupt, bisher nur bei Frakturen am nicht osteoporotisch veränderten Knochen durchgeführt werden.

Im osteoporotischen Knochen des älteren Menschen konnte weder mit der T-Platte, der Kleeblattplatte, der Drittelrohrplatte, noch mit der Winkelplatte dieses Ziel erreicht werden. Hier kam es trotz der passageren Ruhigstellung und nur eingeschränkt durchführbaren frühfunktionellen Übungsbehandlung häufig zum Implantatversagen oder sekundären Fragmentdislokationen mit Korrekturverlust [114,133, 65, 107, 13].

So beschreiben Lill et al. unter Verwendung der T-Platte bei einem Kollektiv von 33 Patienten eine Plattenlockerungsrate von 18% und eine sekundäre Fragmentdislokation bei 72% aller Operierten [70].

Bäthis et al. beziffern ihre Plattenlockerungen bei der ebenfalls verwandten T-Platte gar mit 21% [8].

Aber auch unter Verwendung winkelstabiler Implantate werden von einigen Autoren nicht minder geringe sekundäre Repositionsverluste beschrieben.

Fragen et al. verzeichnen in 36 von 166 Fällen eine implantatbedingte, sekundäre Dislokation (21,6%) und unterstreichen in ihrer Studie insbesondere die Bedeutung des Strebens nach einer anatomiegerechten Reposition und Retention der Fragmente; sie resümieren auch aufgrund des mit dem Repositionsverlust einhergehenden cutting-out, dass winkelstabile Oberarmplatten zu keiner signifikanten Verbesserung im Outcome im Vergleich zu anderen Osteosyntheseverfahren führen [33].

5.1.1 Vergleich verfahrensspezifischer Komplikationen (sekundärer Korrekturverlust)

Im eigenen Kollektiv lagen die implantatbedingten Komplikationen mit 6 Plattenlockerungen bzw. Plattenausrissen, 2 sekundären Frakturdislokationen, 11 sekundären Schraubendislokationen und einer frühzeitigen Tuberkulum majus-Dislokation lediglich bei 7% (20/281).

Bezieht man jedoch, wie im Weiteren noch diskutiert werden soll, nach der radiologischen Analyse die verfahrensabhängigen Spät komplikationen in unsere Gesamtkomplikationsrate mit ein, so resultiert durch ein mit der Plattenlage verbundenes Impingementsyndrom eine Zunahme um 2,13% (6/273), während zusätzlich die durch eine sekundäre Tuberkulum majus-Dislokation verursachte Impingementsymptomatik verbunden mit einer Abduktionsschwäche nochmals mit 5,49% zu Buche schlägt.

Wir sehen uns daher veranlasst, zu konstatieren, dass ein lediglich durch den oberen Plattenanteil mitgefasstes und dadurch scheinbar fixiertes Tuberkulum majus- Fragment keine ausreichende Festigkeit gegenüber den Kräften der Rotatorenmanschette bietet; es sollte aufgrund unserer Erfahrungen immer auch mittels zusätzlicher Fadenzuggurtung (PDS) oder anderweitig osteosynthetisch (KD-Zuggurtung, Schrauben) refixiert werden.

In der Literatur taucht dieses Phänomen jedenfalls kaum auf, was darauf deuten könnte, dass die diesbezügliche Problematik nur wenig existent zu sein scheint, obgleich die anatomisch geformten Platten im Rahmen der Retention und Fixation dazu verleiten, sich in Sicherheit zu wiegen, wenn das ausgerissene Tuberkelfragment hinreichend unter der winkelstabilen Platte zu liegen kommt.

In den meisten Studien wird auf diese Problematik mit der Notwendigkeit einer Refixation des Tuberkulum majus verwiesen, ohne nennenswerte Hinweise auf etwaige Dislokationsraten selbst.

So weisen Hente et al. im Rahmen ihrer frühen postoperativen Erfahrungen mit der winkelstabilen Philos-Platte zum Beispiel auf eben dieses Problem der Dislokation des Tuberkulum majus Fragmentes hin und führen bei Mehrfragmentfrakturen mit Abriss der Tuberkula bzw. des Tuberkulum majus- Fragmentes konsequent nach anfänglicher Beobachtung dieses Phänomens eine zusätzliche Tuberkelrefixation (Fadenzuggurtung) durch [45].

In einer ebenfalls neueren Studie postulieren auch Kettler et al. die zwingende zusätzliche Refixation der Tuberkula. In Analogie zu unseren Erfahrungen offenbarte sich in deren retrospektiver Analyse an 176 von 225 nachuntersuchten Fällen ebenfalls keine

signifikante altersabhängige Korrelation der Ergebnisse bei auf gleicher Höhe liegenden Komplikationsraten wie bereits in 5.1 beschrieben [56].

Unsere Ergebnisse und Daten belegen aber auch eindrucksvoll die mit den winkelstabilen Implantaten verbundene Realisierung der gerade für das Schultergelenk so wichtigen frühfunktionellen Übungs- und Bewegungstherapie.

In einer vergleichenden biomechanischen Untersuchung simulierten Trapp et al. das Implantatversagen 3 verschiedener Marknägel mit winkelstabiler Verriegelungsmöglichkeit (T2-PHN von Stryker, Targon PH von Aesculap und PHN von Synthes) und 2 winkelstabiler proximaler Oberarmplatten (Philos von Synthes und SPS von Stryker) gegenüber dem Stabilitätsverhalten der herkömmlichen nicht winkelstabilen T-Platte von Synthes.

Die Autoren konnten bei den winkelstabilen Implantaten eine deutlich höhere Stabilität der winkelstabilen Verankerung im Bezug zur Festigkeit und zum Ausbruchverhalten gegenüber der T-Platte nachweisen [124].

Die minimal-invasiven Operationsmethoden stellen bezüglich der frühfunktionellen Nachbehandlung nachweislich keine Alternative dar.

Weber und Matter resümieren in ihrer AO-Multicenterstudie, dass bei insgesamt 61% minimal-invasiver Operationsverfahren nur in 51% der Fälle eine anatomische Rekonstruktion erreicht werden konnte. Die Hälfte der Patienten erfuhr eine verfahrensbedingte, längere postoperative Ruhigstellung und bei 20% erwies sich das minimal-invasive Verfahren als instabil bzw. insuffizient [128].

Im Gegensatz dazu zeigte sich bei winkelstabilen Osteosynthesen in der Studie von Hente et al. ein Implantatversagen von nur 5,7%.

Bartsch et al. berichten über eine implantatbedingte Versagensrate von 10,8%, wobei wir mit 7% implantatspezifischer Komplikationen auf Augenhöhe mit den besagten Autoren liegen und auch unsere Ergebnisse diesbezüglich die Vorteile der Winkelstabilität im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren bestätigen [6].

Hessler et al. erzielten unter Einsatz des gleichen winkelstabilen Implantates (Königsee), wie es auch von uns in der Mehrzahl der Fälle verwandt wurde, bei 46 Nachuntersuchten von 52 Fällen lediglich eine implantatspezifische Komplikation in 2 Fällen (4,34%) im Sinne einer sekundären Humeruskopfdислоkation mit Varusfehlstellung; entgegen unseren Erfahrungen zeigte sich allerdings kein cutting-out und kein Implantatversagen bei nur einer radiologisch nachweisbaren Kopfnekrose in der zweiten Nachuntersuchung nach >18 Monaten [46].

Betrachtet man nun vergleichend und verfahrensabhängig die Entwicklung der so gefürchteten Humeruskopfnekrose bzw. der avaskulären Nekrosen, die in der Vergangenheit und auch gegenwärtig oftmals der Grund waren und sind, auf eine großzügige Freilegung der Fraktur bzw. der Fragmente mit Blick auf eine mögliche Kompromittierung der Durchblutung zu verzichten und um von daher (biologische) minimal-invasive Verfahren eher wieder zu bevorzugen, so sprechen unsere Ergebnisse auch hier eine deutliche Sprache.

Die mit der Instrumentation winkelstabiler Implantate assoziierte Zugangsmorbidität via des bevorzugten deltoideopectoralen Zuganges oder via eines modifizierten Deltasplitting ist trotz anspruchsvoller Präparation gering. Durch die Winkelstabilität der beiden vorgestellten Plattensysteme kann unseres Erachtens bei ausreichender Verankerung der Kopffragmentschrauben die periostale Durchblutung verlässlicher geschont werden als mit herkömmlichen offenen, nicht winkelstabilen Operationsverfahren.

5.1.2 Vergleich Humeruskopfnekrose

Eine vollständige Humeruskopfnekrose zeigte sich bei 3,56% (10/281) und eine partielle Kopfnekrose bei 4,27% (12/281) unserer Fälle nach radiologischer Auswertung unseres gesamten Kollektivs.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit ergibt sich somit im eigenen Krankengut eine Kopfnekrosenrate von insgesamt 7,83%.

Kuner ermittelte in seiner AO-Sammelstudie nach durchgeführter plattenosteosynthetischer Versorgung eine inakzeptable Humeruskopfnekrosenrate von 44,6% und stellte diese einer Nekrosenrate von 33,3% bezogen auf die minimal-invasiven Verfahren gegenüber [66].

Trupka et al. weisen in ihrer Studie bei den 4-Fragmentfrakturen sogar eine Nekrosenrate von 67,4% nach, was mit einem daraus resultierenden deutlich schlechteren funktionellen Outcome dieses Kollektivs verbunden war [125].

Auch unter Einbeziehung der neueren und aktuellen Literatur liegen die Kopfnekrosenraten für winkelstabile Implantate derzeit zwischen 2% und 16%.

Frangen et al. berichten bei ihrem winkelstabilen Kollektiv von 166 Patienten über insgesamt 10,8% nachweislicher Nekrosen [33].

Kettler et al. verzeichnen bei 225 ebenfalls mittels winkelstabilem Implantat versorgter Patienten eine Nekrosenrate von 8% [56], während Kralinger et al. in ihrer vergleichenden

Untersuchung ORIF (n=12) versus CRPF (n=71) bei der Hälfte (50%) ihrer offen Operierten und bei 15,9% der in Form eines geschlossenen percutanen Verfahrens Operierten eine Humeruskopfnekrose beobachteten [63].

Nur in wenigen Studien wird nach Frakturausheilung über eine geringere Kopfnekroserate als 5% berichtet.

Unter Verwendung offener und minimal-invasiver Verfahren beschreiben Hessmann et al. bei lediglich 3% ihrer Patienten eine avaskuläre Nekrose [48].

Auch bei Resch et al. und Szyszkowitz et al. imponieren bei Verwendung percutaner Verfahren Kopfnekrosen des proximalen Humerus von lediglich <5% [99, 120].

Hessler berichtet in 2006, wie oben bereits aufgeführt, in seinem winkelstabilen Kollektiv von 46 Fällen lediglich über eine Kopfnekroserate von 2,17% (1/46), wobei es sich in 25 Fällen um 3- und in 9 Fällen um 4- Fragmentfrakturen nach Neer bei insgesamt 12 vorliegenden 2- Fragmentfrakturen mit insgesamt 7 Luxationsfrakturen handelte, um so mehr erstaunt der mittlere Constant-Score von 57 Punkten, was funktionell trotz der beschriebenen guten radiologischen Ausheilungen eher schlechten Ergebnissen entspricht.

Um das bekannte Problem der sekundären Implantat- bzw. Kirschnerdrahtwanderung und KD-Dislokation zu lösen, führten Resch et al. gar eine winkelstabile Fixierung der K-Drähte durch [99].

Auch Jaberg et al. beschreiben in 70% der mittels KD-Osteosynthese versorgten proximalen Humerusfrakturen gute Ergebnisse, jedoch mit einem relativ hohen Anteil an 2- Fragmentfrakturen im Gesamtkollektiv [50].

5.1.3 Vergleich Cutting-out (Sinterung u. sekundäre Dislokation)

Das so genannte Schrauben-Cutting-out im Sinne einer Schraubenperforation ins Glenohumeralgelenk hinein tritt sowohl als Frühkomplikation als auch, mit einer sekundären Fragmentsinterung verbunden, im Rahmen der Frakturheilung als Spätkomplikation auf. Analytisch betrachtet, handelt es sich hierbei um ein überwiegend der Rigidität des Implantates anzulastendes Phänomen am osteoporotisch veränderten Knochen, welches, früh erkannt, sich häufig leicht durch einen Schraubenwechsel (Austausch) oder Entfernung derselben lösen lässt. Hingegen zeigen unsere Langzeitergebnisse ebenso, dass eine nicht rechtzeitig erkannte Schraubenperforation häufig vergesellschaftet sein kann mit einer Humeruskopfnekrose; nicht selten kann sie auch

Ursache einer schmerzhaften Bewegungseinschränkung, einer posttraumatischen Omarthrose und nicht zuletzt Ursache einer so genannten frozen-shoulder sein.

Unter Verwendung eines ebenfalls winkelstabilen Implantates berichten Mückter et al. bei insgesamt 12,9% ihrer Fälle über eine Perforation der Humeruskopfschrauben mit der Konsequenz einer Re-Operation [80].

Nicht messen können wir uns, bei einer rein implantatbedingten Komplikationsrate von 7%, mit den Angaben von Lungershausen et al., die in einer neueren Studie über lediglich 3,9% sekundäre Implantatdislokationen bei 39 von 51 nachuntersuchten Patienten berichteten. Gleichzeitig lag die Versagensrate alternativer Osteosyntheseverfahren in ihrer Studie bei 21,9% (7/32) [75].

Gleichwohl bleibt die mit der Sinterung des osteoporotischen Knochens einhergehende Cutting-out-Problematik auch in Hinblick auf ein rigides winkelstabiles System trotz optimierter biologischer Eigenschaften gegenüber anderen Verfahren zwar minimiert, ist damit aber keineswegs gelöst und es bleibt nach unserer Einschätzung ein den osteoporotischen Mehrfragmentfrakturen des proximalen Humerus immanentes, schwer lösbares Problem.

So konnten Hessmann et al. in einer experimentellen Studie unter biomechanischen Gesichtspunkten eine deutliche Überlegenheit der nicht-elastischen (rigiden) winkelstabilen Platte gegenüber einer zunächst theoretisch mit biomechanischen Vorteilen bedachten semi-elastischen winkelstabilen Plattenschraubenverbindung nachweisen. Noch ungünstiger erwiesen sich in diesem biomechanischen Vergleich bezogen auf das Stabilitätsverhalten die ebenfalls der Prüfung unterzogenen nicht winkelstabilen Großfragment-T-Platten [48].

Folglich kommen die in dieser Studie zitierten winkelstabilen Plattensysteme dem Aspekt einer biologischen Osteosynthese ein ganz erhebliches Stück näher als alternative offene Verfahren.

Trotz dieses biomechanisch vorteilhaften Aspektes kam es unter Verwendung des so genannten, ebenfalls winkelstabilen Plan-Tan-Fixierungssystems (Plan Tan Humerus fixator plate) durch Sadowski et al. schon bei 4 von 7 Patienten zu einer Perforation der divergierenden Kopfschrauben [104].

Kettler et al. wiederum liegen mit ihren diesbezüglichen Komplikationsraten in etwa auf Augenhöhe mit unseren Ergebnissen. Bei sehr niedrigem Plattenimpingement (1,13%) der verwandten winkelstabilen Philos-Platte zeigte sich in 4 Fällen eine sekundäre Dislokation

mit Varusfehlstellung (2,27%) und in 8 Fällen ein so genanntes Schrauben cutting-out (4,54%) bei insgesamt 176 nachuntersuchten Fällen [56].

Es verwundert daher nicht, dass Tingart et al. im Rahmen ihrer bereits zitierten Literaturrecherche 2001 mit der Suche nach gesicherten Therapiekonzepten im Zeitraum von 1966 - 2000 für die Versorgung dislozierter proximaler Humerusfrakturen nach Auswertung aller Daten unter evidenzbasierten Gesichtspunkten zu dem Schluss kamen, dass die wissenschaftlichen Grundlagen zur Entscheidungsfindung einer erfolgversprechenden Therapie weiterhin unbefriedigend seien.

Insgesamt war der Erkenntnisgewinn der wissenschaftlichen Recherche mit Blick auf die Vergleichbarkeit wegen häufig nur geringer Fallzahlen, selektionierter Patienten, uneinheitlicher Frakturklassifizierungen, schlecht definierter Prognosefaktoren und wegen uneinheitlicher Ergebnisbewertungen deutlich erschwert.

Das Credo der publizierten Ergebnisse lautete und favorisierte vor 6 Jahren die Versorgung der dislozierten 2- Fragmentfrakturen nach Neer beim Älteren durch eine Versorgung mittels minimal-invasiver Osteosynthese mit guten funktionellen Ergebnissen, bei jüngeren Patienten auch mittels Plattenosteosynthese. Der Vorteil einer prinzipiellen Prothesenversorgung bei dislozierten 4-Fragmentfrakturen konnte durch die damaligen Daten nicht belegt werden [122].

In Kenntnis der wesentlichen Daten der letzten 5-6 Jahre und unter Hinweis auf die Ergebnisse unseres aussageräftigen Kollektivs von 273 Patienten mit 281 nachuntersuchten Frakturen erstaunt es um so mehr, dass in der besagten Literaturrecherche über „National Library of Medicine“ und „Knowledge Finder R“ mit den beiden Suchbegriffen „proximal humerus“ und „fracture“ auch bei der Therapie der dislozierten 3- und 4-Fragmentfrakturen nach Neer beim älteren Patienten die Minimalosteosynthese mit all ihren aufgezeigten Problemen und deutlich höheren Komplikationsraten gegenüber winkelstabilen Implantaten nachweislich favorisiert wurden.

Je nach selektioniertem Patientenkollektiv erzielte man aber auch mit der konservativen Therapie und mit der Plattenosteosynthese je nach Autor gute Ergebnisse.

Ein gegenüber herkömmlichen Implantaten biomechanisch nachweislich vorteilhafter ausgestattetes, winkelstabiles Osteosynthese-System kann aufgrund unserer dargestellten Langzeiterfahrungen gerade unter Hinweis auf die beschriebene Multivariabilität der Probleme des sekundären Korrekturverlustes auch nur so gut sein wie der Halt der Schrauben im häufig stark osteoporotisch verändertem Knochen selbst, verbunden mit der

jeweiligen Durchblutungssituation der Fragmente. Nicht zuletzt ist auch die Winkelstabilität angewiesen auf eine weitestgehend anatomiegerechte Reposition.

Des Gleichen hat die Wahl der Länge der Kopffragmentschrauben unmittelbaren Einfluss auf die Festigkeit und den Halt insbesondere im osteoporotisch veränderten Knochen. Deshalb sollten die Kopfschrauben immer sicher in der subchondralen Kalottenspongiosa verankert sein.

Zu kurz gewählte Schrauben ziehen häufig eine sekundäre Sinterung mit Varusfehlstellung, wenn nicht ein völliges Ausreißen des Kalottenfragmentes nach sich, während zu lang gewählte Schrauben mit Blick auf die sekundäre Sinterung eher ein Cut-out begünstigen.

Den Vorteil der Großfragment-Spongiosaschrauben sehen wir in einer sichereren Verankerungsmöglichkeit in der rarefizierten Kopfspingiosa aufgrund des größeren Außendurchmessers des Gewindes mit einem deutlich geringeren Kerndurchmesser im Vergleich zu Kleinfragment-Spongiosaschrauben, die zur besseren Verankerung mehr spongiös-trabekuläre Knochenmasse benötigen.

Im eigenen aufgearbeiteten Krankengut zeigte sich seitens der sekundären Sinterung mit Korrekturverlust in 4,98% der Fälle noch eine zusätzlich damit verknüpfte Varusfehlstellung, welche immer auch mit einer höheren Rate avaskulärer Kopfnekrosen einherging.

Nach unseren Erkenntnissen hat sich das aufgezeigte frühfunktionelle, standardisiert durchgeführte Nachbehandlungsregime, resultierend aus der mit den Implantaten verbundenen Winkelstabilität, nicht nachteilig auf unsere Komplikationsraten sekundärer Dislokationen ausgewirkt, wie auch unsere objektivierten funktionellen und subjektiven Scoreergebnisse veranschaulichen.

In mehrfachen Studien konnte bestätigt werden, dass sich das funktionelle Outcome und Benefit des Patienten durch eine frühzeitig eingesetzte Bewegungstherapie verbessern lässt.

Koval et al. erhielten signifikant bessere funktionelle Ergebnisse, je früher nach dem Trauma mit einer gezielten kontrollierten Bewegungstherapie begonnen wurde [61].

Auch die guten Ergebnisse von Bartsch et al. verdeutlichen neben anderen zitierten Autoren die Bedeutung der mit der winkelstabilen Platte verbundenen Primärstabilität, die bei 38 von 40 vorgestellten Fällen gegeben war, die unmittelbar postoperativ ebenfalls wie im eigenen Vorgehen einer uneingeschränkten krankengymnastischen Übungsbehandlung zugeführt wurden. Sekundäre Dislokationen des Kopffragmentes führten, wie aufgezeigt,

in 5% der Fälle zu einer Änderung des Nachbehandlungskonzeptes; für die Übrigen zeigte sich trotz schwieriger Frakturmorphologie primäre Übungsstabilität [6, 7].

5.1.4 Vergleich funktionelles Outcome und subjektives Benefit

Betrachtet man darüber hinaus unsere Gesamtergebnisse in Beantwortung der Frage, ob winkelstabile Implantate zu einer signifikanten Verbesserung des funktionellen Outcome im Vergleich zu den diskutierten alternativen Verfahren führen, so können wir anhand der ermittelten Schulterfunktions- und VAS- Scores feststellen, dass wir im Constant-Score über alle Fälle im Vergleich mit den Angaben in der Literatur zum Teil deutlich besser abschneiden oder auf gleicher Höhe derer liegen, die den winkelstabilen Implantaten den Vorzug geben.

Mit einem Altersdurchschnitt von 67,99 Jahren und einem numerischen Anteil von 145 Fällen (145/281) jenseits des 70. Lebensjahres zeigten sich im alters- und geschlechtsadaptierten CS bei 67% unseres Gesamtkollektivs sehr gute, bei 11% gute, bei 9% befriedigende und lediglich bei 13% aller Nachuntersuchten schlechte Ergebnisse, die sich im wesentlichen aus den diskutierten Fällen mit Komplikationen rekrutierten.

Der absolute Mittelwert unabhängig von der Frakturmorphologie lag über alle Fälle im (rohen) absoluten Constant-Score bei 70,90 Punkten mit einem Median von 75,00 Punkten.

Nach Alters- und Geschlechtsadaptierung ergab sich ein Mittelwert von 89,60 Prozent. Das Kollektiv mit 3- und 4- Fragmentfrakturen zuzüglich der 3 head splits erreichte akzeptable 84,50 Prozent, während nur unsere Fälle mit 4- Fragmentfrakturen (81/281) mit und ohne Luxationen des Kalottenfragmentes einen mittleren absoluten Constant von 68 Punkten erzielen konnten.

Die subjektive Zufriedenheit mit dem Ergebnis, dem Operationsverfahren und der verbliebenen Schmerzsymptomatik unserer Patientinnen und Patienten zeigte eine negative Korrelation zu den Fällen mit aufgezeigten Komplikationen und korrelierte positiv mit den Fällen ohne Komplikationen, mit zum Teil signifikant besserer Einschätzung als die ermittelten scorebasierten funktionellen Ergebnisse zeigten.

Hessler et al. ermittelten unter Einsatz des gleichen winkelstabilen Großfragment-Implantates bei 46 Nachuntersuchten einen mittleren absoluten CS nach 11 Monaten von

54 und nach >18 Monaten von leicht verbesserten 57 Punkten bei insgesamt niedriger implantatbedingter Komplikationsrate [46].

Mathews et al. verzeichneten im Rahmen ihrer Versorgung instabiler Oberarmkopffrakturen bei geriatrischen Patienten mit einem neuen winkelstabilen, antegraden Marknagelsystem (Targon-PH) bei 32 von 41 Nachuntersuchten mit einem Durchschnittsalter von 81 Jahren einen absoluten Constant-Score von im Mittel 57 Punkten. Berücksichtigt werden muss allerdings die eingeschränkte Compliance des Krankenguts und die Tatsache, dass vornehmlich 2- (16) und 3- (22) Fragmentfrakturen und nur insgesamt 3 4-Fragmentfrakturen vorlagen, dementsprechend gering fielen die mit dem winkelstabilen Nagelsystem korrelierenden Komplikationen aus bei einer gleichzeitig hohen Patientenzufriedenheit [76].

Auch Blum et al. (2003) sahen die Indikation ihres modifizierten Marknagels (UHN, PHN) mit der so genannten Spiralklingenverriegelung, der in ihrer Studie bei 52 Patienten zur Versorgung proximaler metaphysärer Humerusfrakturen Anwendung fand, eher für Typ A- und B- als für C- Frakturen gegeben. Für A- und B- Frakturen ergaben sich vergleichbar gute Ergebnisse, da sich auch frakturierte und dislozierte Tuberkula mittels Fadenzuggurtung an der Spiralklingenbasis refixieren ließen. Bei C- Frakturen war die Zugangsmorbidität der in antegrader Technik implantierten Marknägel deutlich erhöht. In der Regel war eine zusätzliche Schraubenfixation im Kopfbereich erforderlich und es resultierten somit ähnlich wie mit anderen Verfahren vergesellschaftet deutlich höhere Kopfnekrosraten [14].

In der zitierten vergleichenden Studie von Kralinger et al. offener Verfahren (ORIF n=12) versus geschlossener (CRPF n=71) percutaner Versorgungen der Oberarmkopffraktur spiegeln die Ergebnisse vorrangig die zu hohen unterschiedlichen Kopfnekrosraten beider Verfahren (wie in 5.1.2 dargestellt) wieder, seitens der funktionellen Ausheilungsergebnisse vermisst man jedoch eine genaue Aufschlüsselung und Zuordnung der scorebasierten Ergebnisse, was diesbezüglich die Vergleichbarkeit mit unseren detailliert aufgeschlüsselten Ergebnissen erschwert.

Statistisch gesehen hatten Patienten mit Komplikationen deutlich schlechtere Punktwerte als solche mit einem glatten Ausheilungsergebnis bei einem angegebenen medianen Constant von 89 Punkten sowie einer subjektiv hohen Patientenzufriedenheit trotz der nachgewiesenen hohen Kopfnekrosrate, die sich unter Hinweis auf die veröffentlichten in situ Abbildungen möglicherweise u.a. auch auf die zur Darstellung kommende Zugangsmorbidität im so genannten halb offenen Verfahren zurück führen lassen könnte. [63].

Viele Autoren favorisieren daher zu Recht zur Schonung der Fragmentdurchblutung auch in der offenen Vorgehensweise eine weitestgehend „geschlossene“ Reposition durch Ligamentotaxis und warnen vor einer zu großzügigen Freilegung, Denudierung und damit verbundener Deperiostierung des Knochens, was sich auch in unserem Fazit wieder spiegelt.

Auch unter Hinweis auf den überwiegend hohen frakturmorphologischen Schweregrad unserer 281 Fälle mit insgesamt 104 C-Frakturen und 113 3- sowie 81 4-Fragmentfrakturen und 3 head splits gestalteten sich unsere funktionellen Ergebnisse im Neer-Score gegenüber dem CS noch geringgradig verbessert bei einem mittleren absoluten Neer von 74,38 Punkten und einem zur gesunden Gegenseite korrigierten Neer von 79,43 Prozent. Für die reinen C- Frakturen ergab sich ein mittlerer absoluter Punktwert von 77, und bei den 4- Fragmentfrakturen ermittelten wir im Durchschnitt einen mit der Prothetik durchaus vergleichbaren, wenn nicht überlegenen Neer-Score von 69 Punkten.

Fragen et al., die in ihrer bereits zitierten retrospektiven Studie über 166 mittels vergleichbarem winkelstabilen Implantat versorgte Patienten resümieren, kommen zu dem Schluss, dass der verfahrensunabhängigen Variablen, im Sinne einer anatomiegerechten Reposition und Fixation, unabhängig vom gewählten Osteosynthesemittel eine entscheidendere Rolle zukomme als dem winkelstabilen Implantat selbst.

Mit einem mittleren CS von 73,4 Punkten im nicht altersadaptierten Constant-Score verzeichnen sie unseres Erachtens im Vergleich zur Literatur und im Vergleich zu nicht winkelstabilen Verfahrensarten ein im Schnitt führendes Ergebnis.

An dieser Stelle merken wir an, dass wir die These und das Postulat von Fragen et al. bezüglich der geforderten Qualität des Repositionsergebnisses sehr wohl teilen, da auch unsere Ergebnisse repositionsabhängig eine positive Korrelation zur Qualität derselben aufwiesen [33].

Bezüglich alternativer, nicht winkelstabiler Operationsverfahren im Rahmen der Versorgung dislozierter frakturmorphologisch ungünstiger 3- und 4- Fragmentfrakturen älterer Patienten bringt unsere Recherche jedoch eine deutliche Überlegenheit zu Gunsten der Winkelstabilität gegenüber alternativer Verfahren bei vergleichbarer Fraktуреinteilung und Aufschlüsselung unter Einbeziehung der prognostisch ungünstigsten Luxationsfrakturen und head splits zu Tage.

Zu diesem Ergebnis kommen auch Lungershausen et al., die Vorteile in der Verwendung des winkelstabilen Systems mit einer verminderten Anzahl sekundärer Dislokationen bei zumindest gleich guten funktionellen Resultaten gegenüber Alternativverfahren sehen.

In der winkelstabilen Gruppe zeigte sich ein absoluter Neer von 71,8 Scorepunkten gegenüber 67,6 Punkten im mittleren Neer-Score der alternativ nicht winkelstabil versorgten Patienten [75].

Ein weiteres Argument für die Winkelstabilität liefern, wie bereits anhand der mitgeteilten Komplikationsraten aufgezeigt, Kettler et al., bei denen der mittlere Constant-Score bei ihren nachuntersuchten 176 Patienten vergleichbar mit unseren Daten bereits nach 9 Monaten 70 Punkte (Rohwerte = absolute Punktezahl ohne Korrektur oder Adaptation) betrug [56].

Tabelle 9 stellt einen Ausschnitt des zitierten Literaturvergleichs dar, wobei Abbildung 74 die dazugehörige vergleichende statistische Auswertung (Metaanalyse) mittels Konfidenzintervallen wiederspiegelt.

Hierbei zeigte sich im Vergleich zu den zitierten Autoren eine deutlich überlegene Signifikanz unserer Daten, wobei insbesondere aber auch Kettler und Frangen aufgrund der Größe ihrer Kollektive auf eine vergleichbar hohe Signifikanz ihrer Daten blicken können.

Fokussieren wir unsere Daten auf weitere verfahrensunabhängige Variablen, wie Frakturmorphologie, Osteoporosegrad, Patienten-Compliance, frühfunktionelles Nachbehandlungsregime, Comorbiditäten und auf die von knapper werdenden Ressourcen möglicherweise abhängende Problematik, so sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass unsere Ergebnisse selbstverständlich gleichzeitig auch alle implantatspezifischen und die mit den Operateuren jeweils verknüpften Lernkurven beinhalten und wiederspiegeln.

In der nachfolgenden Abbildung 72 sind die statistisch berechneten 95%- Konfidenzintervalle bezogen auf die Mittelwerte der angegebenen Constant Scores der in Tabelle 9 zitierten Autoren graphisch dargestellt.

Varianzanalytisch sind wir dabei statistisch von normalverteilten Constant Scores der zitierten Autoren ausgegangen. Hierbei wurde aus der Varianz der Daten auf alle geschlossen und eine Normalverteilung der Daten angenommen.

Tab. 9 Übersicht und Vergleich CS und Kopfnekroseraten zitierter Autoren

<u>Autor</u>	<u>Jahr</u>	<u>Patienten</u> <u>[n]</u>	<u>Verfahren</u>	<u>Kopfnekrosen</u> <u>[%]</u>	<u>Constant</u>
Hente	2004	31/35	winkelstabil	16	76
Junker	2004	50	T-Platte	15	49
			kanülierte Winkelplatte	6	66,3
			LCP	9	80,3
Plecko	2005	64	winkelstabil	8,32	62,6
Kettler	2006	176/225	winkelstabil	8	70
Hessler	2006	46	winkelstabil	2,17	57
Kralinger	2006	12	ORIF	50	
			CRPF	15,9	
Frangen	2007	166	winkelstabil	10,8	73,4
Eigenes		281	winkelstabil	7,83	70,9

Patientengut

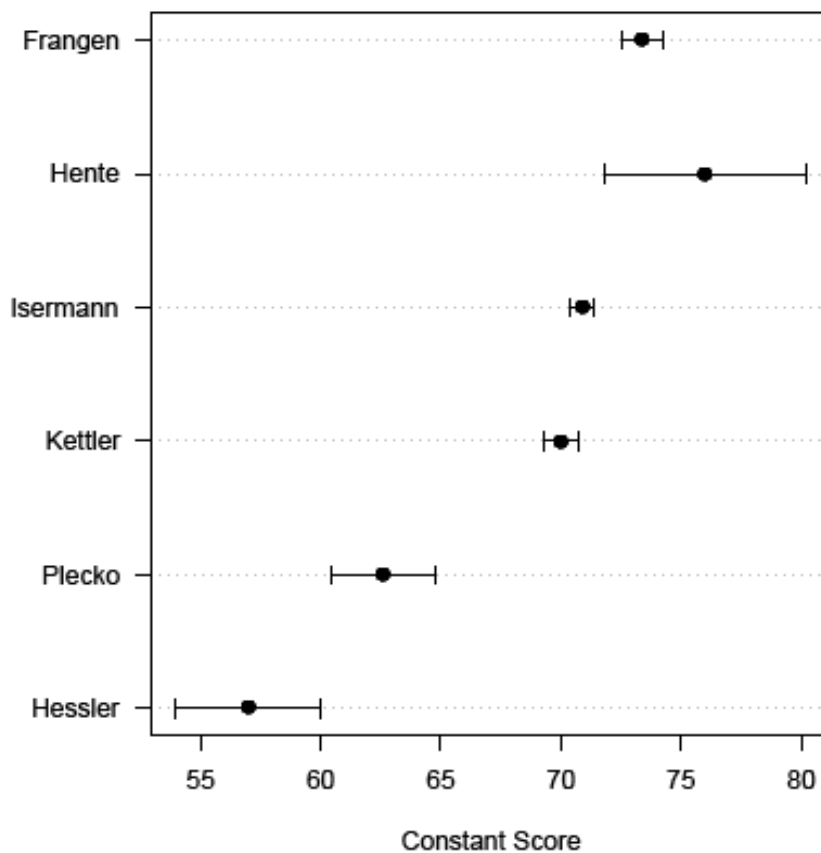


Abb. 72 95%- Konfidenzintervalle unserer vergleichenden statistischen Auswertung bzw. Analyse (Gegenüberstellung) der mittleren Constant Scorewerte der in Tabelle 9 aufgeführten und zitierten Autoren.

Um die unterschiedlichen Stichprobenumfänge zu berücksichtigen, sind die Konfidenzintervalle nach der unteren Grenze geordnet. Hierbei geht es lediglich um eine Rangfolgenmittlung unter Berücksichtigung der statistischen Unsicherheit (wenig Patienten = hohe Unsicherheit = breite Konfidenzintervalle). Sobald sich die Konfidenzintervalle für den Mittelwertschätzer nicht überlappen, kann man bedingt folgern, dass ein zu breites Konfidenzintervall (Vertrauensintervall) auf einen zu geringen Stichprobenumfang hinweist, was wiederum zum Teil mit der direkten Ablesbarkeit der daraus resultierenden Signifikanz gleichgesetzt werden kann. Dies ist allerdings nicht für alle Paarvergleiche generalisierbar, da es sich statistisch um ein multiples Testproblem handelt.

5.1.5 Vergleich mit Prothesenimplantation

Unter Hinweis auf die derzeitige Studienlage existieren zwar für die Indikationsstellung zur Prothesenimplantation im Rahmen der Versorgung dislozierter Humeruskopfmehrfragmentfrakturen evidenzbasierte Leitlinien, ein einheitlich umsetzbares Konzept wird jedoch nicht beschrieben, so dass die Option zur Hemiendoprothetik bzw. Frakturprothetik des Schultergelenkes in der Mehrzahl der Fälle von der jeweilig vorliegenden individuellen Situation abhängig gemacht wird [18, 25, 39, 40].

Aufgrund der Problematik insbesondere bei der Versorgung der 4-Fragmentfrakturen unter Einbeziehung der Luxationsfrakturen bevorzugen einige Autoren in derartiger Situation die primäre Humeruskopfprothese [59, 74, 97, 106].

So sieht Resch in seinem Resümee aus dem Jahr 2003 eine absolute Indikation zum primären Humeruskopfersatz bei Vorliegen einer 4-Fragmentfraktur mit Horizontalverschiebung des Kopfes gegenüber dem Schaft beim älteren Menschen, ebenso bei der 4-Fragment-Luxationsfraktur des Älteren. Eine weitere absolute Indikation sieht er in den Trümmerfrakturen des Humeruskopfes (Head-Splitting) sowie bei dorsalen Luxationsfrakturen und insbesondere auch bei Vorliegen nicht reponierbarer Frakturen des alten Menschen [100].

Einigkeit herrscht im Rahmen der prothetischen Versorgung in der Erkenntnis, dass die Prothese vornehmlich zu einer Schmerzreduktion oder Schmerzfreiheit und nicht so sehr auch zu guten funktionellen Ergebnissen im Bereich des Schultergelenkes führt [50].

Bezogen auf das postoperative Outcome herrscht auch bezüglich der Bedeutung der anatomischen Tuberkularefixation Konsens. Am ehesten kann durch die Verwendung so genannter Modular-Prothesen das Offset den anatomischen Voraussetzungen angepasst und eine optimale situationsbedingte Einstellung erreicht werden.

In einer Fall-Kontroll-Studie von insgesamt 20 implantierten Prothesen bei dislozierten 4-Fragmentfrakturen ermittelten Schmal et al. nach durchschnittlich 14 Monaten einen mittleren CS von 52 Punkten bei einer mit dem Score korrelierenden subjektiven Einschätzung der Schulterfunktion von 49%. Postoperativ wiesen 14 Patienten einen Tuberkulum-majus-Defekt auf, obgleich die eingesetzte EPOCA C.O.S.-Prothese weit über die sonst verwandten modularen Prothesen hinausgeht. Gestattet sie doch neben der anatomischen Dimensionierung auch die Einstellung der Retrotorsion und eine relative Positionierung des Kopfes zum Schaft durch einen Doppelexcenter; darüber hinaus bieten so genannte Ösen ausreichend Möglichkeiten zur anatomischen Refixierung der Tuberkula [106].

Im eigenen Patientengut zeigte sich für die Fälle (n=81) mit 4-Fragmentfrakturen ein mittlerer absoluter Constant-Score von 68 Punkten und ein CS für die 3 head splits von 54 Punkten.

Bezogen auf die Gruppe der C-Frakturen lag der CS bei im Durchschnitt 70 Punkten. Immerhin zeigte die subjektive Patientenzufriedenheit (VAS 1-6) dieser Gruppe noch in 47% sehr gute und gute sowie in 38% der Fälle mäßige Ergebnisse.

Bei den 3 head splits war je ein Patient sehr zufrieden, mäßig und unzufrieden.

Schmerzfrei (Constant VAS 0-15) zeigten sich ebenfalls 47%, während 46% diesbezüglich noch zufrieden waren, so zeigten sich 7% dieser Patienten sehr unzufrieden und von in der Regel starken Schmerzen geplagt.

Vergleicht man dieses Outcome aber nun mit den Ergebnissen nach primärer Implantation von Humeruskopfprothesen, so ergibt sich ein noch schlechteres funktionelles Outcome.

Zwischen 1998 und 2003 wurde in 7 verschiedenen Studien bei insgesamt 420 Patienten deren klinische Funktion nach Implantation einer Humeruskopfprothese mittels Constant-Score untersucht, wobei der CS im Mittel bei 52,9 Punkten lag.

Individuell betrachtet konnten Kollig et al. mit 66 CS-Punkten eines der besten Ergebnisse und Movin et al. mit durchschnittlich 38 CS-Punkten eher ein funktionell sehr unbefriedigendes Ergebnis erreichen [59, 79, 128].

Das kardinale mit der Schulterprothetik verknüpfte Problem liegt in der Schwierigkeit der anatomischen Refixation und Einheilung der Tuberkula.

Biomechanische Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Schulterfunktion bei ungünstiger Lage der Tuberkula signifikant verschlechtert [17, 34].

Im Rahmen einer retrospektiven Studie (Strohmann et al. 2007) des eigenen Krankengutes (n = 77), welches im Zeitraum von Januar 1999 bis Dezember 2006 auf dem Boden einer nicht rekonstruierbaren 4-Fragmentfraktur mit einer Hemiendoprothese versorgt wurde, zeigte sich bei 41 (30 Frauen, 11 Männer) durchschnittlich 46,9 Monate nachuntersuchten Patientinnen und Patienten mit einem Durchschnittsalter von 71,4 Jahren ein durchschnittlicher Constant-Score von 56,7 und ein mittlerer absoluter Neer-Score von 48,3 Punkten bei einer Komplikationsrate von 9%.

Diesen ebenfalls funktionell überwiegend schlechten Scoreergebnissen stand jedoch eine hohe Rate an schmerzfreien und schmerzarmen Patienten (70,7 %) mit einer relativ hohen subjektiven Patientenzufriedenheit (68,7 %) gegenüber [118].

Die aufgezeigten Ergebnisse und verglichenen Daten geben durchaus Anlass, unsere Vorgehensweise zu untermauern, in der Regel erst intraoperativ die Indikation zur Frakturprothetik zu stellen.

So konnten auch Dietrich et al. in einer vergleichenden prospektiven Studie (WSPOS vs. SHA), in der sie 52 Patienten mit 3- und 4-Fragmentfrakturen mittels einer winkelstabilen Philos-Platte versorgten, nachweisen, dass diese nach einem Jahr einen signifikant besseren Constant-Score aufwiesen als die Gruppe (n=59) der schulterhemiarthroplastisch versorgten Patienten. Bei gleichen Einschlusskriterien beider Kollektive mit einem Alter >70 Jahre ergab sich für die winkelstabile Gruppe ein Median im CS von 71 vs. 41 für die Gruppe der Hemiendoprothesen. Es zeigte sich allerdings eine deutlich höhere Revisionsrate (Rezidiveingriffe) zu Ungunsten der Winkelstabilität (25% vs. 2%), wobei sich jedoch mit Blick auf die Schmerzsituation im Oxford Shoulder Score kein nennenswerter Unterschied zwischen beiden Gruppen darstellte [28].

Zu vergleichbaren Ergebnissen gelangten auch Bosch et al., die in einer retrospektiven Studie 11 frühzeitig (primär) hemiarthroplastisch versorgte Patienten mit 15 spät (sekundär) prothetisch versorgten Patienten mit 3- und 4-Fragmentfrakturen verglichen. Durchschnittlich 42,9 Monate postoperativ wiesen die Frühoperierten eine deutlich bessere Schulterfunktion auf als die Spätoperierten (CS 65,6 vs. 47,5 Punkte) bei gleichzeitigem Nachweis einer stetigen Zunahme der Funktionseinbuße (schlechtere Scorewerte) je größer das Zeitintervall zwischen Trauma und Hemiendoprothetik war. Trotzdem lag im

Gesamtkollektiv eine hohe (73%) subjektive Patientenzufriedenheit und bei 2/3 der Patienten eine nachweisliche Schmerzfreiheit vor [18].

Unter dem so wichtigen Gesichtspunkt der Schmerzfreiheit und der Schmerzreduktion betrachtet, liegen eindeutig Vorteile bei den Prothesen gegenüber den mittels winkelstabilen Implantaten versorgten 4-Fragmentfrakturen.

So bestätigen unter anderem auch Cyffka et al., Kollig et al. und Gierer et al. in ihren Studien im Rahmen der prothetischen Versorgung eben diese hohe Schmerzfreiheit nach Prothesenimplantation, die von 66% bis 76% der Operierten erreicht werden konnte [25, 59, 38, 39].

Namhafte Autoren, die zum Teil in Tab. 10 aufgeführt sind, kommen zu ähnlichen Ergebnissen und heben hervor, dass weitestgehend unabhängig vom gewählten Prothesentyp das funktionelle Outcome zwar nicht zufrieden stellend sei, aber durch einen primären prothetischen Ersatz könne ein stabiles und schmerzfreies Gelenk ohne die Gefahr von Revisionseingriffen aufgrund von Implantatversagen oder eingetretenen Oberarmkopfnekrosen geschaffen werden.

Darüber hinaus gewährleistet eine frühe prothetische Versorgung sofortige aktive wie passive Übungsbehandlung und ermöglicht gerade beim älteren Menschen eine Verkürzung der Rekonvaleszenz und in der Mehrzahl der Fälle eine frühzeitige Entlassung in häusliche Umgebung.

Tab. 10 Übersicht und Vergleich CS (Prothese vs. winkelstabile Implantate) zitierter Autoren

<u>Autor</u>	<u>Jahr</u>	<u>Patienten [n]</u>	<u>Verfahren</u>	<u>Constant</u>
Movin	1998	29	Prothese	38
Cyffko	2002	102	Prothese	63
Robinson	2003	163	Prothese	64
Kollig	2003	38	Prothese	66,2
Schmal	2004	20	Prothese	52
Gierer	2006	97	Prothese	55,1
Dietrich	2007	59	Prothese	41
Eigenes Patientengut	1999 - 2006	41 / 77	Prothese	56,7
Eigenes Patientengut	2000 - 2006	197	winkelstabil	70,1
3- und 4-Fragmentfr., HS				
3-Fragment	2000 - 2006	113	winkelstabil	72
4-Fragment u. HS	2000 - 2006	84	winkelstabil	67,5

5.1.6 Kritische Anmerkungen und Fehlerquellen

Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um keine prospektive oder randomisierte kontrollierte, sondern um eine retrospektive Studie handelt, liegt ein wesentlicher Nachteil dieser nicht-interventionellen Studie möglicherweise darin begründet, dass sie keine anerkannten Beweise zur Klärung von Kausalzusammenhängen liefert, obgleich insbesondere das Ausheilungsergebnis einer mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese versorgten proximalen Oberarmmehrfragmentfraktur, wie aufgezeigt, von vielen (multivariat) verschiedenen Variablen bzw. Einflußgrößen abhängig ist.

Daher kann diese Studie aufgrund unseres im Vergleich zur Literatur numerisch sehr hohen Gesamtkollektivs auch unter Hinweis auf unsere statistischen Auswertungen lediglich mit dazu beitragen, die augenscheinliche, aber auch in so genannten interventionellen Studien zum Teil belegte Überlegenheit winkelstabiler Implantate gegenüber herkömmlichen Osteosyntheseverfahren zu untermauern.

Ohne Zweifel können retrospektive Studien Raum für Interpretationen bieten, aber auch die Qualität einer prospektiven Studie ist durch eine eingeeengte (Ein- und Ausschlusskriterien) Zielvorgabe im Design nicht über jeden Zweifel erhaben.

Ebenso kann die „Randomisierung“ in (kontrollierten) Studien im Bestreben möglichst gleich geformte Vergleichsgruppen schaffen zu wollen, dazu führen, im Vorfeld Patienten ausschließen zu müssen, die z. B. per definitionem zu stark von der bzw. einer definierten Norm abweichen.

Nach Cochrane wird mit Blick auf die evidenzbasierte Medizin (EbM) die kontrollierte und randomisierte Studie (RCT) als Goldstandard hervorgehoben, während beschreibende (klinische Erfahrungen) Studien und so genannte Fallserien (retrospektiv) oder Expertenmeinungen in der Rangfolge der Evidenzklassen lediglich die unteren Ränge in der Wertigkeit (Aussagekraft) bekleiden.

Bezogen auf Erkenntnisse der empirischen Unfallchirurgie aber sind unseres Erachtens monokausale Beziehungen zwischen Variablen kaum vorhanden.

In der Regel ist das Ergebnis einer Operation (traumatologische Therapie, chirurgische Behandlung) von einem ganzen Bündel von Ursachen und Einflussmöglichkeiten (multivariates Geschehen) abhängig. In der Statistik spricht man daher auch von so genannten stochastischen (mutmaßlichen) Zusammenhängen.

Zur Beschreibung dieser Interdependenz (wechsel- und gegenseitige Abhängigkeit) bedient man sich daher multivariater statistischer Analyseverfahren, wobei wir unter Hinweis auf die in dieser Arbeit durchgeführte Statistik bemüht waren, zumindest dem

Spezialfall der bivariaten und univariaten Fragestellungen und Zusammenhänge hinreichend Rechnung getragen zu haben.

Des Weiteren merken wir kritisch an, dass die Messung der Kraft im Constant Score im Vergleich mit der Literatur nicht einheitlich durchgeführt und wiedergegeben wird.

Hierin liegt aufgrund unterschiedlicher Meßmethoden zu unseren Ungunsten eine Fehlerquelle bzw. ein Fehlerpotential begründet, dies um so mehr, als wir aufgrund unserer eigenen Untersuchungen analog der aufgezeigten Vorgehensweise (Kraftmessung), wie im Original beschrieben und auch von der DGOOC empfohlen, die veröffentlichten Ergebnisse (Höhe der Kraftpunkte) einiger Autoren nicht nachvollziehen können.

In unserem überwiegend älteren weiblich dominanten Patientenkollektiv erreichten wir im Mittel einen Punktwert für die Kraft von 6 – 8 Punkten, was einem Gewicht von 2,5 – 3,5 kp entsprach, bei einer jedoch maximal zu erreichenden Punktzahl von 25 Punkten, was dann wiederum einem Gewicht von sage und schreibe 12 kp entspräche. Auch wir haben die Kraftmessung entsprechend der schon 1998 von Bankes et al. empfohlenen Methodik, jedoch wie beschrieben nicht mittels einer Federwaage oder eines Dynamometers, ausgeführt. Nimmt man nicht das Handgelenk (MP2 = Messpunkt 2)) sondern den humeralen Deltaansatz (MP1 = Messpunkt 1 = Drehmoment der am Handgelenk wirkenden Kraft) als Messpunkt für die Kraft bzw. das Drehmoment bei einer definierten Länge des Hebelarmes von z.B. 0,40 m, so erhält man analog der Hebelgesetz-Gleichung unter Berücksichtigung der Gravitation ($g = 9,81\text{m/s}^2$) bei zum Beispiel am Handgelenk für ein ca. 5 Sekunden gehaltenes Gewicht von 3,5 kg ein Kraft-Drehmoment am Deltaansatz von $3,5\text{kg} \times 0,4\text{m} \times 9,81\text{m/s}^2$, was mit ca. 14 Nm ($1\text{N} = 1\text{kg m / s}^2$) gleichzusetzen wäre und folglich mit 15 Punkten zu bewerten wäre (MP1 = 2,5 x MP2 und MP2 = 0,4 x MP1) [5].

Seitens des Neer Scores stellten wir ebenfalls bezogen auf unser dominant weibliches Patientenkollektiv höheren Lebensalters fest, dass 90% aller nachuntersuchten Frauen im Rahmen der subjektiven Stabilitätsprüfung ihrer Schulterfunktion die mit jeweils 2 Scorepunkten zu bewertenden Modalitäten wie Werfen, Hämmern und Stoßen rigoros verneinten, obgleich die objektive Untersuchung keinen Hinweis für das Vorliegen einer Instabilität zeigte bzw. bot.

6 Fazit

Nach unserem Kenntnisstand erweisen sich winkelstabile Implantate (Plattenfixateure) auch im osteoporotischen Knochen unter gleichzeitiger Wahrung biologischer Prinzipien (weichteilschonende Operationstechnik) als ein geeignetes Mittel und Osteosyntheseverfahren für die Versorgung dislozierter proximaler Humerusfrakturen, insbesondere auch für die 4- Fragment- und Luxationsfrakturen, die mit einer hohen Kopfnekroserate behaftet sind.

Damit verbunden kann konstatiert werden, dass durch eine sparsame Denudierung und immer anzustrebende anatomiegerechte Reposition mit Erhalt der periostalen Kopfdurchblutung sich im Vergleich zu herkömmlichen und zu alternativen Verfahren gerade mit der winkelstabilen Platte die gefürchtete Kopfnekroserate eindrucksvoll minimieren lässt.

Einen weiteren wesentlichen Vorteil des Implantates sehen wir in der mit der Winkelstabilität verbundenen Primärstabilität, die eine sofortige, postoperative, frühfunktionelle aktive wie passive Krankengymnastik ermöglicht.

Die Indikation zur primären Schulterprothesenimplantation stellen wir daher eher zurückhaltend und treffen in der Regel bei grenzwertigen Fällen mit schwerwiegender Frakturmorphologie erst intraoperativ bei frustanem Repositionsversuch oder aussichtsloser Prognose diese Entscheidung.

Wohl wissend, dass die primär implantierte Kopfprothese der sekundären Prothetik wegen der auch mit Prothesen der neueren Generation noch nicht gelösten Tuberkulaproblematik deutlich überlegen zu sein scheint.

Immer auch sollte bei der Wahl des geeigneten Verfahrens (Indikationsstellung, Therapieoption) ein langer Leidensweg der uns anvertrauten Patientinnen und Patienten, der mit einer vermeintlich „richtigen“ kopferhaltenden Indikation verknüpft sein kann, bedacht werden, um mehrfache Revisionseingriffe auf ein Minimum zu reduzieren bzw. zu beschränken.

Das Handling der Implantate ist anspruchsvoll, ebenso wie die anatomische Reposition und Retention der Fragmente, gerade deshalb und um eine weichteilschonende Präparation

(minimale Zugangsmorbidität) zu gewährleisten, gehört die Operation in die Hand eines erfahrenen Chirurgen.

Um eine sekundäre Dislokation insbesondere des in den meisten Fällen disloziert frakturierten Tuberkulum majus zu vermeiden, muss größter Wert auf eine zusätzliche Fadenzuggurtung unter Einbeziehung der RM an der Platte oder Refixation mittels additiver Zuggurtung bzw. mittels einer zusätzlichen Schraubenosteosynthese gelegt werden.

Darüber hinaus ist auf eine sichere Verankerung der Schrauben in der subchondralen Kopfspongiosa zu achten, um insbesondere der sekundären Sinterung mit Varusfehlstellung bei fehlender medialer Abstützung und dem cutting-out von Schrauben mit Arrosion des Glenoidknorpels vorzubeugen.

Unsere funktionellen Ergebnisse und Langzeiterfahrungen ermutigen uns, die winkelstabilen Implantate als Therapieverfahren der 1. Wahl für alle dislozierten proximalen Humerus-Mehrfragmentfrakturen zu betrachten; gleichwohl zeigen sich auch viel versprechende Ergebnisse unter der Verwendung von Marknägeln mit winkelstabiler Verankerungsoption im proximalen Nagelbereich für Typ A- und B- Frakturen.

Für 2- und 3- Fragmentfrakturen bieten in geübter Hand die Minimalosteosynthese und herkömmliche Platten, wie die T- und die Kleeblattplatte, auch unter ökonomischen Gesichtspunkten betrachtet, nach wie vor eine adäquate Alternative mit vergleichbar überwiegend guten bis befriedigenden Ergebnissen bei tolerabler Komplikationsrate.

Weitere Kriterien, auch hier besteht weitgehender Konsens, die die Wertigkeit und den Stellenwert winkelstabiler Plattensysteme unterstreichen, sind die hohe Patientenzufriedenheit, fußend auf überwiegend guten und zufriedenstellenden funktionellen Ergebnissen bei nachweislicher Schmerzreduktion und der damit verbundene Erhalt der Selbständigkeit sowohl im häuslichen, beruflichen als auch im soziokulturellen Umfeld unseres überwiegend älteren Patientenkollektivs mit einem überdurchschnittlich hohen Anteil des weiblichen Geschlechts.

6.1 Schlussfolgerung und Ausschau

Obwohl gerade winkelstabile Implantate einen Großteil der an eine Osteosynthese gestellten biologischen Eigenschaften erfüllen, vermögen die derzeit zur Anwendung kommenden, im Plattendesign unterschiedlichen Systeme, aber die von der Frakturmorphologie vorgegebene und abhängige Problematik keineswegs gänzlich zu beseitigen.

Im eigenen Vorgehen konnten zwischen der Großfragment- und Kleinfragmentplatte bezüglich der Komplikationsraten und des Outcome nur marginale Unterscheidungen ohne Signifikanz festgestellt werden.

Die bei beiden Platten vorgegebene anatomische Form begrenzt durch die limitierte Variabilität der Angulation der Kopffragmentschrauben in Zusammenhang mit deren Anzahl und dem Gewindedurchmesser die Fixation und Verankerung der Kopffragmente zum Teil erheblich, zumal auch die Winkelstabilität eine Reposition über die Platte nicht mehr zulässt und die divergierende Schraubenrichtung bis auf geringe Abweichungen durch die eingeschränkte Angulation bzw. Unidirektionalität mit vorgegeben ist.

Während die 6mm Großfragmentplatte drei Kopfschrauben aufweist, bietet die 4mm Kleinfragmentplatte 4-5 (begrenzt) divergierenden Schrauben eine entsprechend größere Auffächerungsmöglichkeit in den Kopffragmenten (Kalottenfragment).

Die von einigen Autoren verwandte winkelstabile 3,5mm Kleinfragment-Philos-Platte eröffnet hingegen insgesamt bis zu 9 Kopfschrauben in divergierender Verlaufsrichtung die Möglichkeit, die rekonstruierten Kopffragmente übungstabil zu fixieren.

Die z. B. mit dieser Platte verbundenen guten Ergebnisse nicht nur von Hente et al., die im Rahmen einer prospektiven Studie mit 35 Patienten, von denen 31 3- und 4-Fragmentfrakturen aufwiesen, im Verlauf beobachtet und ausgewertet wurden, berechtigen zur Annahme, dass durch die Polyaxialität bzw. Multidirektionalität der winkelstabilen Kopfschrauben zukünftig noch bessere Ergebnisse erwartet werden dürfen.

Der durchschnittliche CS mit 76 Punkten unterstreicht im Vergleich zur Literatur und den eigenen Ergebnissen die daran geknüpfte Erwartung [45]. Die Analyse wesentlich größerer Kollektive bleibt jedoch abzuwarten.

Der Markt preist derzeit eine Vielzahl von Implantaten mit Polyaxialität (siehe Abb. 73) und deutlich erhöhter Angulation der Schrauben bis zu 30°- 40° bei erhaltener Winkelstabilität mit technisch unterschiedlicher Gewährleistung derselben (Kaltverschweißung zwischen Schraube und Plattenloch im Gegensatz zu Gewinde-Gewinde-Prinzip) durch innovative Materialeigenschaften (SmartLock Verblockungs-technologie patentiert durch Prof. Wolter, Hamburg) an [135].

Erste Erfahrungen von Röderer et al. mit der Non-Contact-Bridging-(NCB-) Platte (siehe Abb. 73) in minimal-invasiver Operationstechnik erlauben bei guten funktionellen Ergebnissen mit niedrigen implantatspezifischen Komplikationsraten bezogen auf die mit der Platte verbundene Winkelstabilität und Polyaxialität ebenfalls bei noch abzuwartenden Langzeiterfahrungen einen positiven Ausblick, wobei sich unsere Ergebnisse durchaus auch mit den bisher veröffentlichten innovativen Verbesserungen oder Alternativen messen lassen [102].

Im Rahmen der besagten prospektiven Kohortenstudie ohne Kontrollgruppe zeigte die statistisch deskriptive Auswertung im Follow-up nach 6 Monaten von 51 Patienten der anfänglich 47 Frauen und 17 Männer mit einem Altersdurchschnitt von 73 Jahren, die mittels der NCB-PH-Platte versorgt wurden bei vergleichbarer Frakturaufteilung, einen durchschnittlichen Constant-Score von 62 und altersbereinigt von 75 Punkten.

Ferner wurden ein Platten-Cutting-out (1,96%), in 5,88% der Fälle eine frühe Oberarmkopfnekrose, in ebenfalls nur einem Fall eine Schraubenperforation als Folge einer sekundären Sinterung und in 2 Fällen (3,92%) ein isoliertes cutting-out der Schrauben im Kopfbereich gesehen.

Ein schmerzhaftes Impingement verzeichneten 3 Patienten (5,88%) und beherrschbare Wundheilungsstörungen traten 2-mal (3,92%) auf, so dass sich subsummiert nach Aussagen der Autoren bei diesem Verfahren eine Gesamtkomplikationsrate von immerhin noch 23,5% ergab [102].

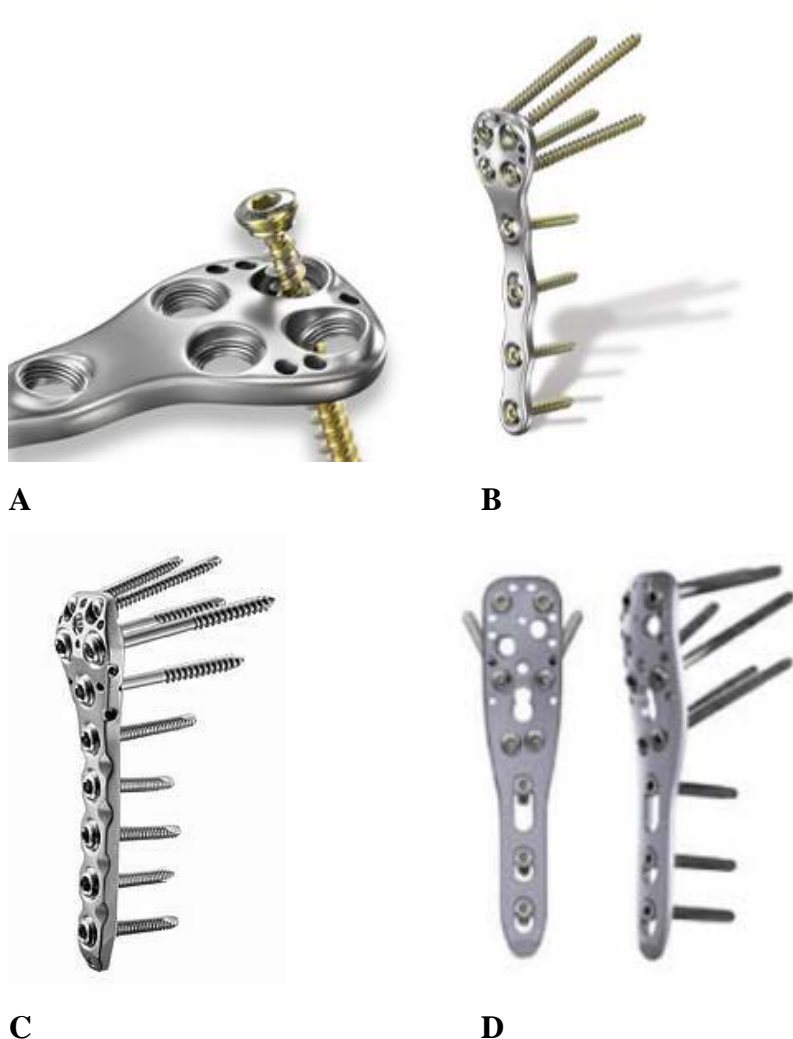


Abb. 73 A-D Beispiele zitierter vergleichbarer winkelstabiler Plattenfixateure sowie mit Neuerung: Polyaxialität (Multidirektionalität) bis 30° mit gewährleisteter Winkelstabilität in **A** und **B** (aap Implantate AG), in **C** ist die NCB-PH-Platte mit gewährleisteter Polyaxialität dargestellt und die Abbildung **D** zeigt die häufig zur Anwendung kommende (ziterte) Philos-Platte mit so genannten Langlöchern im meta- diaphysären Bereich und die Möglichkeit bis zu 9 divergierende Kopfschrauben winkelstabil oder konventionell im epi- metaphysären Bereich zu verankern.

Mit der Darstellung nur einiger der derzeit zur Verfügung stehenden winkelstabilen Plattensysteme neben der vorgestellten Großfragment-Königsee- und der Kleinfragment-Stryker-Platte im eigenen Krankengut soll gleichzeitig vor dem Hintergrund der multivariaten Gesamtproblematik auch verdeutlicht und abschließend aufgezeigt werden, dass zur Minimierung der aufgezeigten Komplikationen bei der Versorgung dislozierter proximaler Humerusmehrfragmentfrakturen nach unserer Einschätzung, die technischen Innovationen kaum mehr verbesserungsfähig (bis auf Nuancen) scheinen.

Das gegenwärtige und zukünftige Augenmerk sollte daher insbesondere auch auf die Prophylaxe und viel versprechende Forschung und Optimierung der Osteoporose-Therapie ebenso wie auf neue Ansätze durch tissue-engineering verbunden mit der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Frakturheilung gerichtet sein.

Verwiesen sei hier auf die Bedeutung des Leptin um die Gruppe von Prof. Amling (2004) als ein möglicher Therapieansatz der Einflussnahme auf die Entwicklung und Ausprägung einer (frühzeitigen) Osteoporose [2].

Seitens der Einflussnahme auf die Knochenbruchheilung selbst sei auch hier auf erste Erfolg versprechende Studienergebnisse verwiesen.

Zimmermann et al. (2007) berichten über positive Wirkungen zum Beispiel des bone morphogenetic protein 7 (BMP7) im Rahmen ihrer Anwendung bei posttraumatischen atrophischen Tibiaschaftpseudarthrosen, die sie mit den Ausheilungsergebnissen autologer Spongiosaplastiken verglichen. Die BMP- 7-Gruppe zeigte trotz eines ungünstiger selektierten Patientenkollektivs eine signifikant höhere Heilungsrate gegenüber der Gruppe, die mit dem etablierten Verfahren der so genannten (autologen) Eigenspongiosa-Transplantation behandelt wurde [137].

Trotz der begründeten Vorteile winkelstabiler Implantate sollte ein osteoporotischer mehrfragmentärer Oberarmkopftümmerbruch mit oder ohne Luxation der Kalotte und der Unmöglichkeit einer akzeptablen anatomischen Rekonstruktion nach derzeitigem Kenntnisstand der zugrunde liegenden Studienlage und aufgrund eigener Erfahrungen bei ungünstiger Überlebensprognose des Kopfes nach Möglichkeit einer sofortigen primären prothetischen Versorgung zugeführt werden, um so genannten Fehlschlägen und Versagern und der damit häufig verbundenen, langen und zum Teil schmerzhaften Rekonvaleszenz, verbunden mit einer oft zu hohen Funktionseinbuße des Schultergelenkes, vorzubeugen; dies um so mehr, als die primäre Schulterprothetik zweifelsfrei zu besseren Ergebnissen führt als eine sekundäre Implantation nach einem Fehlschlag.

7 Zusammenfassung

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurde der Stellenwert der winkelstabilen plattenosteosynthetischen Versorgung dislozierter proximaler Humerusfrakturen an 281 von 524 Fällen hinsichtlich der objektivierbaren Schulterfunktion sowie des subjektiven und objektiven Outcome evaluiert, die im Zeitraum vom 01.09.2000 bis 31.12.2006 in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Klinikum Dortmund gGmbH operativ versorgt wurden. Das Durchschnittsalter lag bei 67,99 Jahre und verteilte sich auf 195 Frauen und 78 Männer bei einer Nachuntersuchungsrate der ausgewerteten Fälle von 53,63% bei einem mittleren Follow-up von 30,20 Monaten. Luxationsfrakturen und stark dislozierte, instabile Mehrfragmentfrakturen wurden mit höchster Dringlichkeit operativ versorgt. Die Indikation zur Prothesenimplantation stellten wir in der Mehrzahl der Fälle bei frustanem Repositionersgebniss und ungünstiger Prognose erst introperativ. Nach der AO Klassifikation zeigten sich 49 A-, 128 B- und 104 C-Frakturen. In der Neer- Klassifikation lagen 84 2- Fragment-, 113 3-Fagment- und 81 4-Fragmentfrakturen sowie 3 Head Splits vor. Der rohe Constant Score lag im Durchschnitt bei 70,90 mit einem Median von 75 Punkten, während der unkorrigierte Neer Score einen absoluten Mittelwert von 74,38 bei einem Median von 77 Punkten aufwies. Im adaptierten Constant zeigten sich bei lediglich 13% und im korrigierten Neer bei 25% der nachuntersuchten Patienten schlechte bzw. mangelhafte Ergebnisse. Statistisch erwies sich für alle vier Scores ein zum Niveau von 5% signifikantes Abnehmen der Scorewerte mit der Zunahme des Schweregrades der Fraktur in der AO- und der Anzahl der Fragmente in der Neer- Klassifikation. Für alle vier Scores konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem winkelstabilen Kleinfragment- („Stryker“) und dem Großfragment- („Königsee“) Implantat festgestellt werden. Ferner erschloss sich statistisch bis auf den adaptierten Constant eine signifikante Verschlechterung der Scoreergebnisse mit Zunahme des Alters der Patienten. In den beiden VAS (Schulnote 1-6 und Constant-Schmerzscore 0-15) zeigte sich eine sehr hohe subjektive Patientenzufriedenheit. Unsere implantatbedingte Komplikationsrate lag bei 7,1% (20/281). Insgesamt mussten wir 6-mal eine frühzeitige Reosteosynthese durchführen. In 2 Fällen war die Implantation einer Hemiendoprothese bei frustanem Rekonstruktionsversuch von 4- Fragmentfrakturen nach Neer unumgänglich. In 11 Fällen verzeichneten wir frühzeitig aufgetretene Schraubenperforationen durch die Kopfkalotte ins Gelenk hinein. Eine vollständige Oberarmkopf-

nekrose stellten wir in 3,56% (10/281) und eine partielle Kopfnekrose in 4,27% (12/281) der Fälle fest. Eine sekundäre Dislokation des Tuberkulum majus trat 15-mal auf und eine sekundäre Sinterung beziehungsweise Varusfehlstellung konnten wir bei 14 Patienten nachweisen. Nach unserem Kenntnisstand erweisen sich winkelstabile Implantate auch im osteoporotischen Knochen unter gleichzeitiger Wahrung biologischer Prinzipien als ein geeignetes Mittel für die osteosynthetische Versorgung dislozierter proximaler Humerusmehrfragmentfrakturen (1. Wahl). Die mit der Winkelstabilität verbundene Primärstabilität ermöglicht eine sofortige postoperative Krankengymnastik. Die Indikation zur primären Schulterprothesenimplantation stellen wir auf Grund unserer Ergebnisse daher eher zurückhaltend. Größter Wert muß auf eine zusätzliche Refixation dislozierter Tuberkula gelegt werden. Im Vergleich zur Literatur liegen unsere Ergebnisse auf Augenhöhe derer, die winkelstabile Implantate bevorzugen und stellen sich bezogen auf die primäre und sekundäre Schulterprothetik bei 4- Fragment- und komplexen Luxationsfrakturen vergleichbar, wenn nicht deutlich besser dar.

8 Literaturverzeichnis

1. **Allgöwer M, Ehrsam R, Ganz R, Matter P, Perren SM** (1969) Clinical experience with a new compression plate "DCP", Acta Orthop. Scand. Suppl (Band 125), S. 45-61
2. **Amling M, Schilling AF, Haberland M, Rueger JM** (2004) Leptin: Faktor in der zentralnervösen Regulation der Knochenmasse, Der Orthopäde, Band 30, Nummer 7, S. 418-424
3. **Aschauer E, Resch H, Hübner C** (2007) Perkutane Osteosynthese der proximalen Oberarmfraktur, Operative Orthopädie und Traumatologie, Band 19, S. 276-293
4. **Babst R., Brunner F** (2006) Proximale Humerusfrakturen, Orthopädie und Unfallchirurgie, Band 1, S. 521-548
5. **Bankes MJ, Crossmann JE, Emery RJ** (1998) A standard method of shoulder strength measurement for the Constant score with a spring balance. J Shoulder Elbow Surg, 7: S. 116-121
6. **Bartsch S, Hullmann S, Hillrichs B, Giers R, Echtermeyer V** (2001) Die Osteosynthese der dislozierten Humeruskopffrakturen mit der winkelstabilen proximalen Oberarm-Platte. Fortschritt in der Behandlung einer Problemfraktur? Implantat, Operationstechnik und erste Erfahrungen, Aktuelle Traumatologie, Band 31, S. 64-71
7. **Bartsch S, Echtermeyer V** (2003) Osteosyntheseverfahren bei dislozierten proximalen Humerusfrakturen. Trauma Berufskrankh 2003, 5 (Suppl 1), S.1-S.10
8. **Bäthis H, Tingart M, Bouillon B, Tiling TH** (2001) Die operative Therapie der proximalen Humerusfraktur. Ist die T-Platte noch ein zeitgemäßes Osteosyntheseverfahren?, Zentralblatt für Chirurgie, Band 126, S. 211-216

9. **Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S** (1986) Operative Zugangswege in Orthopädie und Traumatologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York
10. **Baumgartl F, Kremer K, Schreiber HW** (Hrsg.) (1976) Spezielle Chirurgie für die Praxis. Band III. Teil 1, Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York
11. **Baumgartl F, Kremer K, Schreiber HW** (Hrsg.) (1982) Spezielle Chirurgie für die Praxis. Band III. Teil 3, Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York
12. **Beickert R, Trapp OM, Bühren V** (2007) Versorgung instabiler proximaler Humerusfrakturen – Möglichkeiten und Grenzen der Marknagelung, Trauma und Berufskrankheit, Band 9, S. 54-60
13. **Birrer K, Kübler N, Babst R** (2000) gewebeschonende winkelstabile Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen. Erste Erfahrungen mit einer kanülierten Winkelplatte. Hefte zu „Der Unfallchirurg“, 64. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, S. 350
14. **Blum J, Hessmann MH, Rommens PM** (2003) Behandlung proximaler metaphysärer Humerusfrakturen mit Verriegelungsmarknagelung und Spiralklinge – erste Erfahrungen mit einem neuen Implantat, Aktuelle Traumatologie, Jahrgang 33, S. 7-13
15. **Böhler L** (1954) Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Auflage Maudrich, Wien, S. 14-15
16. **Böhler J** (1976) Konservative Therapie der Humeruskopf- und halsfrakturen. Hefte Unfallheilkunde 126: 21-26
17. **Bono CM, Renard R, Levine RG, Levy AS** (2001) Effect of displacement of fractures of the greater tuberosity on the mechanics of the shoulder. J Bone Joint Surg Br 83: 1056-1062

18. **Bosch U, Fremerey W, Skutek M, Lobenhoffer P, Tscherne H** (1996) Die Hemiarthroplastik - Primär- oder Sekundärmaßnahme für 3- und 4-Fragment-Frakturen des proximalen Humerus beim älteren Menschen? Der Unfallchirurg, Band 99, S. 656-664
19. **Buchholz S, Nast-Kolb D** (2003) Die Oberarmkopffraktur. Unfallchirurg, Band 106, S. 498-513
20. **Catalogue C**, Instruments de Chirurgie 1935, S.396, Abb. 314-316
21. **Codman EA** (1934) The shoulder. Boston, Thomas Todd, S. 285-314
22. **Constant CR, Murley AH** (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. Clin Orthop 160-164
23. **Constant CR** (1991) Assessment of shoulder function. Othopade 20, S. 289-295
24. **Constant CR** (1997) An evaluation of the Constant-Murley shoulder assessment. J Bone Joint Surg Br 79, S. 695-696
25. **Cyffka R, Lein Th, Hellmund R, Bonnaire F** (2002) Funktionelle Ergebnisse der Schulterendoprothetik in der Versorgung der dislozierten Humeruskopfmehrfragmenfraktur im Alter. 65. Jahrestagung der DGU
26. **Damanakis K, Schaal O, Mann J, Müller KH** (1996) Ein modifiziertes Behandlungskonzept bei Humeruskopffrakturen des älteren Menschen. Unfallchirurg 99: S61-68
27. **Danis R** (1947) Thèorie et pratique de l'ostèosyntèse, Masson & Cie, Paris
28. **Dietrich M, Meier C, Lattmann T, Zingg U, Grüninger P, Platz A** (2007) Komplexe proximale Humerusfraktur beim alten Menschen, Der Chirurg

29. **Durst J, Rohen JW** (1991) Chirurgische Operationslehre in einem Band. Mit topographischer Anatomie, Schattauer, Stuttgart – New York
30. **Eckart WU** (2001) Geschichte der Medizin, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York
31. **Einsiedel T, Becker C, Däxle M, Lechner F, Kinzl L, Gebhard F** (2003) Einschränkung der Alltagsbewältigung geriatrischer Patienten nach knöchernen Verletzungen der oberen Extremität – ein unterschätztes Problem?, 67. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
32. **Fisher RA** (1925) Statistical Methods for research workers. Oliver & Boyd, London
33. **Frangen TM, Dudda M, Martin D, Arens S, Greif S, Muhr G, Kälicke T** (2007) Operative und klinische Erfahrungen mit winkelstabilen Implantaten bei proximalen Humerusfrakturen – Wirklich alles besser?, Zentralblatt für Chirurgie, Jahrgang 132, S. 60-69
34. **Frankle MA, Greendwald DP, Markee BA, Ondrovic LE, Lee WE** (2001) Biomechanical effects of malposition of tuberosity fragments on the humeral prosthetic reconstruction for four-part proximal Humerus fractures. J Shoulder Elbow Surg 10: 321-326
35. **Frigg R** (2001) Locking Compression Plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the Dynamic Compression Plate and the Point Contact Fixator (PC-Fix). Injury 32 Suppl 2, S. 63-66
36. **Frigg R, Appenzeller A, Christensen R, Frenk A, Gilbert S, Schavan R** (2001) The development of the distal femur Less Invasive Stabilization System (LISS). Injury 32 Suppl 3, S. 24-31
37. **Gerber C, Schneeberger AG, Vinh TS** (1990) The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. J Bone Joint Surg Am 72, S. 1486-1494

38. **Gierer P, Ewert A, Ilmer Ch, Mittelmeier T** (2002) Primäre Hemiarthroplastik mit der EPOCA Schulterprothese bei Humeruskopffraktur H.z. Unfallchir. 66.Jahrestagung der DGU
39. **Gierer P, Ewert A, Gradl G, Förster C, Mittelmeier T** (2003) Die Humeruskopfmehrfragmentfraktur- Primäre Hemiarthroplastik mit einer modularen Humeruskopfprothese, 67. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
40. **Gierer P, Simon C, Gradl G, Ewert A, Vasarhelyi A, Beck M, Mittelmeier T** (2006) Die Humeruskopfmehrfragmentfraktur – Versorgung mit einer Humeruskopfprothese?, Der Orthopäde, Band 35, Nummer 8, S. 834-840
41. **Goethe von JW** (2005) Faust I und II. Urfaust, Anaconda Verlag GmbH, Köln
42. **Gohlke F, Janßen E, Leidel J, Heppelmann B, Eulert J** (2004) Histomorphological findings on proprioception in the shoulder, Der Orthopäde, Band 27, S. 510-517
43. **Habermeyer P**, Die Humeruskopffraktur (1997) Unfallchirurg 100: 820-837
44. **Habermeyer P** (2002) Schulterchirurgie, Urban & Fischer, München - Jena, Kap. 1, S. 11; Kap. 3, S. 65-66; Kap. 15, S. 405
45. **Hente R, Kampshoff J, Kinner B, Füchtmeier B, Nerlich M** (2004) Die Versorgung dislozierter 3- und 4-Fragmentfrakturen des proximalen Humerus mit einem winkelstabilen Plattenfixateur. Unfallchirurg, Band 106, S. 769-782
46. **Hessler C, Schmucker U, Matthes G, Ekkernkamp A, Gütschow R, Eggers C** (2006) Ergebnisse nach Versorgung instabiler proximaler Humerusfrakturen mittels winkelstabiler Platte, Unfallchirurg, Band 109, S. 867-874
47. **Hessmann M, Gehling H, Gotzen L** (1996) Die proximale Humerusfraktur im höheren Lebensalter. Langenbecks Arch Chir suppl II: 907

48. **Hessmann M** (1999) Plate fixation of proximal humeral fractures with indirect reduction: surgical technique and results utilizing three shoulder scores. *Injury* 30: 453-462
49. **Hockings M, Haines JF** (2003) Least possible fixation of fractures of the proximal humerus. *Injury* 34: 443-447
50. **Jaberg H, Jakob RP** (1987) Trümmerfrakturen des proximalen Humerus. *Orthopäde* 16: 320-335
51. **Jaeger M, Maier D, Köstler W, Südkamp NP** (2006) Klinische Frühergebnisse des humeralen Oberflächenersatzes (Resurfacing Head EPOCA-Prothese), 70. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie)
52. **Josten Ch, Marquaß B** (2005) Endoprothetische Versorgung proximaler Humerusfrakturen, 9.Tagung des Arbeitskreises Mitteldeutscher Orthopädischer Universitätskliniken
53. **Kääb MJ** (2005) Möglichkeiten und Grenzen minimal-invasiver Schulterchirurgie. Habilitationsschrift, Humboldt-Universität zu Berlin, Medizinische Fakultät - Universitätsklinikum Charité
54. **Kälicke T, Lorber R, Müller EJ** (2006) Die Versorgung proximaler Humerusfrakturen mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese bei geriatrischen Patienten – Wird wirklich alles besser?, 70. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
55. **Karger-Decker B** (2001) Die Geschichte der Medizin. Von der Antike bis zur Gegenwart, Albatros Verlag, Düsseldorf
56. **Kettler M, Biberthaler P, Braunstein V, Zeiler C, Kroetz M, Mutschler W** (2006) Die winkelstabile Osteosynthese am proximalen Humerus mit PHILOS-Platte: Darstellung von 225 dislozierten Frakturen, *Der Unfallchirurg*, Band 109, S. 1032-1040

57. **Kinzl L, Eisele R, Liener UC** (2005) The Treatment of Proximal Humerus Fractures with Intramedullary Nails, Aktuelle Traumatologie, Jahrgang 35, S. 108-112
58. **Klaue K, Perren SM (1982)** Fixation interne des fractures par l'ensemble plaque-vis à compression conjuguée (DCU). Helv Chir Acta 49, S. 77-80
59. **Kollig E, Kutscha-Lissberg F, Roetman B, Mielke E, Muhr G, Hahn MP** (2003) Primary Hemiarthroplasty after complex fracture of the humeral head – functional late results. Zentralbl. Chir. 128 (2): 125-130
60. **Konrad G, Markmiller M, Rüter A, Südkamp N** (2007) Biomechanische Evaluation der glenohumeralen Stabilität durch Muskelkraftvektoranalyse. Effekt einer verminderten Glenoidinklination bei globaler Rotatorenmanschettenruptur, Unfallchirurg, Band 110, S. 124-129
61. **Koval KJ, Gallagher MA, Marsicano JG et al.** (1997) Functional outcome after minimally displaced fractures of the proximal part of the humerus. J. Bone Joint Surg Am, Band 79, S. 203-207
62. **Krämer K-L, Maichl F-P** (1993) Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie, S. 1-56
63. **Kralinger F, Irenberger A, Lechner C, Wambacher M, Golser K, Sperner G** (2006) Vergleich der offenen vs. perkutanen Versorgung der Oberarmkopffraktur, Unfallchirurg, Band 109, S. 406-410
64. **Kristiansen B, Christensen SW** (1986) Plate fixation of proximal humeral fractures. Acta Orthop Scand 57: 320-323
65. **Köchle R, Hofmann A, Hessmann M, Rommens PM** (2006) Die Kleeblattplatte zur Versorgung der Humeruskopffraktur, Der Unfallchirurg, Band 109, S. 1017-1024

66. **Kuner EH, Siebler G** (1987) Luxationsfrakturen des proximalen Humerus – Ergebnisse nach operativer Behandlung: Eine AO-Studie über 167 Fälle. Unfallchirurgie 13: 64-71

67. **Kuner E, Schlosser V** (1995) Traumatologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York

68. **Laminger KA, Traxler H** (1999) Osteosynthese proximaler Humerusfrakturen – Die Behandlung instabiler Frakturen am proximalen Humerusende durch elastische intramedulläre Wendeln. Unfallchirurgie 25: 154

69. **Lephart SM, Henry TJ** (1996) The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. J Sports Rehab 5, S. 71-87

70. **Lill H, Langer K, Prasse-Badder J, Schmidt A, Verheyden P, Echtermeyer V** (1997) Die T- Plattenosteosynthese bei dislozierten proximalen Humerusfrakturen. Unfallchirurgie 23: 183-190

71. **Lill H, Korner J, Glasmacher S, Hepp P, Just A, Verheyden P, Josten C** (2001) Die gekreuzte Schraubenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen. Unfallchirurgie 104: 852-859

72. **Lill H, Bewer A, Korner J, Verheyden P, Hepp P, Krautheim I, Josten C** (2001) Konservative Therapie dislozierter proximaler Humerusfrakturen. Zentralbl. Chir 126: 205-210

73. **Lill H, Hepp P, Rose T, König K, Josten C** (2004) Die winkelstabile anterolateralen Delta-Splitting – Zugang – Technik und erste Ergebnisse. Zentralblatt für Chirurgie, Band 129, S. 43-48

74. **Lill H** (2006) Die proximale Humerusfraktur. Neue Techniken – Neue Implantate – Tipps und Tricks, Georg Thieme Verlag, Stuttgart - New York

75. **Lungershausen W., Bach O, Lorenz CO** (2003) Humeruskopffrakturen – winkelstabile Plattenosteosynthes, Zentralblatt für Chirurgie, Jahrgang 128, S. 28-33
76. **Matthews J, Lobenhoffer P** (2004) Ergebnisse der Versorgung instabiler Oberarmkopffrakturen bei geriatrischen Patienten mit einem neuen winkelstabilen antegraden Marknagelsystem, Unfallchirurg, Band 107, S. 372-380
77. **Menck J, Döbler A, Döbler JR** (1997) Vaskularisation des Humerus. Langenbecks Arch Chir 382: 123-127
78. **Meyer C, Alt V, Kraus R, Giebel G, Koebke J, Schnettler R** (2005) Die Arterien des Humerus und deren Bedeutung für die Frakturbehandlung, Zentralblatt für Chirurgie, Band 132, S.562-567
79. **Movin T, Sjoden GO, Ahrengart L** (1998) Poor function after shoulder replacement in fracture patients. A retrospective evaluation of 29 patients followed for 2 – 12 years. Acta Orthop Scand 69: 392-396
80. **Mückter H, Herzog L, Becker M, Vogler W, Meeder PJ, Buchholz J** (2001) Die winkel- und rotationsstabile Osteosynthese proximaler Humerusfrakturen mit der Humerus-Fixateurplatte
81. **Müller B, Bonnaire F, Kuner EH** (1998) Behandlungskonzept, Technik und Ergebnisse bei dislozierten Frakturen des proximalen Humerus. Aktuelle Traumatologie 28: 61
82. **Müller CA, Henle P, Konrad G, Szarzynski M, Strohm PC, Südkamp NP** (2007) Der „AO/ASIF-Flexnail“. Klinische Ergebnisse der Marknagelosteosynthese von Humerusfrakturen, Unfallchirurg, Band 110, S. 219-225
83. **Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H** (1963) Technik der operativen Frakturenbehandlung, Springer, Berlin

84. **Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H** (1992) Manual der Osteosynthese. AO-Technik, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg
85. **Neer Ch S** (1970) Displaced proximal humerus fractures-PartI. Classification and evaluation. J Bone Joint Surg (Am) 52, S. 1077-1089
86. **Neer CS** (1979) Displaced proximal humerus fractures, part I. Classification and evaluation JBJS 52-A: 1077
87. **Neer CS** (1979) Displaced proximal humerus fractures, part II. Treatment of three- and four-part displacement. JBJS 52-A: 1090
88. **Neer CS 2nd** (1987) Displaced proximal humeral fractures. Part I. Classification and evaluation. By Charles S. Neer, I, 1970. Clin Orthop, S. 3-10
89. **Ochsener PE, Ilchman T** (1991) Zuggurtungsosteosynthesen mit resorbierbaren Kordeln bei proximalen Humerusmehrfragmentbrüchen. Unfallchirurg 94: 508
90. **Perren SM, Huggler A, Russenberger M, Straumann F, Müller SM, Allgöwer M** (1969a) Cortical bone healing. A method of measuring the change in compression applied to living cortical bone. Acta Orthop Scand [Suppl] 125, S. 5-16
91. **Perren SM, Klaue K, Frigg R, Predieri M, Tepic S** (1989) The concept of biological plating: the limited-contact dynamic compression plate, LC-DCP, Orthop Trauma
92. **Perren SM, Klaue K** (1991) Von der Schienung zur Kompression – oder – wie sehr sind wir an der primären Knochenheilung interessiert?, Springer, S. 9-20
93. **Platzer W** (1979) Bewegungsapparat. Band 1, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

94. **Plecko M, Kraus A** (2005) Die winkelstabile Plattenosteosynthese bei Frakturen am proximalen Humerus mit der LPHP (Locking Proximal Humerus Plate), Operative Orthopädie und Traumatologie, Band 17, S. 25-50
95. **Poeck K** (1978) Neurologie. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York
96. **Povacz F** (2000) Geschichte der Unfallchirurgie, Springer, Berlin – Heidelberg
97. **Ragg TH, Loitz D, Reilmann H** (2002) Ist die Frakturprothese eine therapeutische Option bei der Humeruskopfmehrfragmentfraktur? H.z. Unfallchirurg 66. Jahrestagung der DGU
98. **Rees J, Hicks J, Ribbans W** (1998) Assessment and management of three- and four-part proximal humeral fractures. Clin Orthop 18-29
99. **Resch H, Povacz P, Fröhlich R, Wambacher M** (1997) Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. J.Bone Joint Surg Br. 79: 295-300
100. **Resch H** (2003) Die Humeruskopffraktur. Unfallchirurg, Band 106, S. 602-617
101. **Robinson CM, Page RS, Hill RM, Sanders DL, Court-Brown CM, Wakefield AE** (2003) Primary hemiarthroplasty for treatment of proximal humeral fractures. J.Bone Joint Surg jul; 85 – A(7), 1215-1223
102. **Röderer G, Gebhard F, Erhardt J, Al-Agha S, AbouElsoud M, Kinzl L** (2007) Die Non-Contact-Bridging-(NCB-) Platte. Ein neues winkelstabiles System zur minimal-invasiven Versorgung von Frakturen des proximalen Humerus – Technik und erste Ergebnisse, Unfallchirurg, Band 110, S. 505-512
103. **Rommens PM, Heyvaert G** (1993) Die konservative Behandlung subkapitaler Humerusfrakturen. Unfallchirurgie 19: 114

104. **Sadowski C, Riand N, Stern R, Hoffmeyer P** (2003) Fixation of fractures of the proximal humerus with the PlanTan Humerus fixator plate early experience with a new implant. *J Shoulder Elbow Surg* 12, S. 148-151
105. **Schiebler TH** (1977) Lehrbuch der gesamten Anatomie des Menschen. Cytologie Histologie Entwicklungsgeschichte Makroskopische und Mikroskopische Anatomie, Springer Verlag, Berlin- Heidelberg- New York
106. **Schmal H, Klemt C, Südkamp NP** (2004) Stellenwert der Schulterprothese bei der Behandlung der 4-Fragment-Fraktur des Oberarmkopfes, *Unfallchirurg*, Band 107, S. 575-585
107. **Schmand J, Andreß HJ, LobGC** (1999) Osteosynthese subcapitaler Humerusfrakturen: Kleeplatte vs. Minimalosteosynthese. Hefte zu „Der Unfallchirurg“, 63. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, S. 454
108. **Schmidt RF, Thews G, Lang F** (Hrsg.) (2000) *Physiologie des Menschen*, Springer Verlag
109. **Seggl W, Weiglein A** (1991) Die arterielle Blutversorgung des Oberarmkopfes und ihre prognostische Bedeutung bei Luxationen, Frakturen und Luxationsfrakturen des Oberarmkopfes. *Act Chir Austriaca* 23, S. 1-19
110. **Seide K, Morlock MM, Schürmann U, Wolter D** (1999) Wirkprinzipien der winkelstabilen Schrauben-Platten-Verbindung bei Fixateur-interne-Osteosynthesen, *Trauma Berufskh* 1, S. 326-331
111. **Siebenrock KA, Gerber C** (1992) Frakturklassifikation und Problematik bei proximalen Humerusfrakturen. *Orthopäde* 21: 98-105
112. **Sobotta J, Becher H** (1972) *Atlas der Anatomie des Menschen*. 1. Band, Urban & Schwarzenberg, München – Berlin - Wien

113. **Sobotta J, Becher H** (1973) Atlas der Anatomie des Menschen. 3. Band, Urban & Schwarzenberg, München – Berlin - Wien
114. **Speck M, Lang FJ, Regazzoni P** (1996) Proximale Humerusmehrfragmentfrakturen – Misserfolge nach T-Platten-Osteosynthesen. Swiss Surg 2: 51-56
115. **Speck M, Regazzoni P** (1997) 4-Fragmentfrakturen des proximalen Humerus. Unfallchirurg 100: 349
116. **Stengel D, Lefering R** (2006) Klinische Studien in der Unfallchirurgie. III: p-Werte und Konfidenzintervalle, Band 109, S. 793-796
117. **Stengel D, Lefering R** (2004) Klinische Studien in der Unfallchirurgie. Teil2: Hypothesenformulierung und Hypothesentestung. Unfallchirurg 107, S. 437-439
118. **Strohmann T, Leyer U, Benali Y, Langendorff HU** (2007) Ergebnisse und Erfahrungen nach Implantation von Humeruskopfendoprothesen bei Neer III- und IV- Frakturen des proximalen Humerus, „HOMO REPARANDUS“, 10. Dortmunder Unfall- und Orthopädie- Tagung
119. **Südkamp NP, Jaeger M** (2006) Schulter und Schultergürtel – Luxation, Orthopädie und Unfallchirurgie, Band 1, S. 95-122
120. **Szyszkowitz R, Seggl W, Schleifer P, Cundy PJ** (1993) Proximal humeral fractures. Management techniques and expected results .Clin Orthop 13-25
121. **Thomas M, Dieball O, Busse M** (2003) Normalwerte der Schulterkraft in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht – Vergleich zum Constant- UCLA-, ASES-Score und SF-36 Fragebogen, Z Orthop Unfallchir, Band 141, S. 160-170
122. **Tingart M, Bathis H, Bouillon B, Tiling T** (2001) Die dislozierte proximale Humerusfraktur: Gibt es gesicherte Therapiekonzepte? Chirurg 11: 1284-1291

123. **Tingart M, B athis H, Lefering R, Boullion B, Tilling T** (2001) Constant-Score und Neer-Score Ein Vergleich von Scoreergebnis und subjektiver Patientenzufriedenheit, *Der Unfallchirurg*, Band 104, S. 1048-1054
124. **Trapp O, Schreiber U, Steinhauser E, Bühren V** (2006) Biomechanische Simulation des klinischen Versagens winkelstabiler Implantate am proximalen Humerus, 70. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
125. **Trupka A, Wiedermann E, Ruchholtz S, Brunner U, Habermeyer P, Schweiberer L** (1997) Dislozierte Mehrfragmentfrakturen des Humerus. *Unfallchirurg* 100: 105-110
126. **Wachtl SW, Marti CB, Hoogewoud HM, Jakob RP, Gautier E** (2000) Treatment of proximal humerus fracture using multiple intramedullary flexible nails. *Arch Orthop Trauma Surg* 120: 171-175
127. **Wanner GA, Romero J, Hersche O, Smekal S, Ertel W** (1998) Die dislozierte proximale Humerusfraktur – Ergebnisse nach Stabilisierung mit Doppelplatte. *Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd* 115: 1211-1212
128. **Weber E, Matter P** (1998) Operative Behandlung proximaler Humerusfrakturen – Internationale Multicenterstudie. *Swiss Surg* 4: 95-100
129. **Wijgman AJ, Roolker W, Patt TW, Raaymakers EL, Marti RK** (2002) Open reduction and internal fixation of three- and four-part fractures of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 84: 1919-1925
130. **Wirbel R, Knorr V, Saur B, D hr B, Mutschler W** (1999) Minimalinvasive Osteosynthese dislozierter proximaler Humerusfrakturen. *Operat Orthop Traumatol.* 11: 44
131. **Wittner B, Holz U** (1995) Der Oberarmkopfbuch beim alten Menschen. *OP-J* 1/11, S. 63-70

132. **Wolter D, Bürgel P** (1991) Wer war C. Hansmann in die Plattenosteosynthese und ihre Konkurrenzverfahren, Springer, S. 4-6
133. **Wolter D, Zimmer W** (1991) Die Plattenosteosynthese und ihre Konkurrenzverfahren, Springer, Berlin
134. **Wolter D, Schürmann U, Seide K** (1999) Universeller Titan-Fixateur-interne-Entwicklungsgeschichte, Prinzip, Mechanik, Implantatgestaltung. Trauma Berufskh. 1: S. 307-319
135. **Wolter D, Jürgens C** (2006) Winkelstabile Verbindungen bei Osteosyntheseimplantaten, Trauma und Berufskrankheit, Band 8, Nummer 4, S. 206-211
136. **Zifko B, Poigenfürst J, Pezzeri C** (1992) Die Markdrahtung instabiler proximaler Humeruskopffrakturen. Ortopäde 21: 115
137. **Zimmermann G, Müller U, Löffler C, Wentzensen A, Moghaddam A** (2007) Therapieerfolg bei atrophischen Tibiaschaftpseuarthrosen. Bone Morphogenetic Protein 7 (BMP 7) versus autologe Sponiosaplastik, Unfallchirurg, Band 110, S. 931-938

9 Curriculum vitae

Persönliche Daten

Name	Hubert Isermann
Geboren	27.08.1953
Geburtsort	Paderborn
Eltern	Georg und Maria (geb. Schmidt) Isermann (1919-1980 und 1920-1969)
Familienstand	verheiratet seit 28.02.1978
Ehefrau	Gabriele Isermann, geborene Ernst
Kinder	Ivonne-Maria, geb. 15.08.1978 Michel-George, geb. 06.03.1983 Dennis, geb. 18.08.1984

Schul- und Berufsausbildung

1960 – 1964	St. Meinolfus–Schule in Etteln
1964 – 1971	Reismann–Gymnasium in Paderborn: Mittlere Reife
1971 – 1974	Krankenpflegeschule in Soest: staatl. anerkanntes Krankenpflegeexamen
1976 – 1979	Abendgymnasium der Stadt Dortmund: Abitur (Note: 1,6)
1979 – 1986	Medizinstudium an der RWTH in Aachen Forschungsschwerpunkt: aseptische Lockerungen der Hüftendoprothetik
1981	Ablegen der ärztl. Vorprüfung
1983	I. Staatsexamen
1985	II. Staatsexamen
1986	III. Staatsexamen
09.06.1986	Approbation als Arzt Beginn der Facharztausbildung in der Chirurgie und Unfallchirurgie in den Städt. Kliniken Dortmund

Berufspraxis / Tätigkeiten

- 1974 - 1978** Tätigkeit als exam. Krankenpfleger (Soest/Dortmund)
- 1986 – 1989** Unfallchirurgie als Assistenz- und Stationsarzt (Dortmund)
(Chefarzt Dr. G. Kramer)
- 1986-2003** Notarzt im Rettungsdienst (Dortmund)
- 1989 – 1993** Abdominalchirurgie als Assistenz- und Stationsarzt (Dortmund)
(Klinikdirektor Prof. Dr. D. Löhlein)
- 27.02.1993** Facharzt für Chirurgie (Anerkennung Gebietsbezeichnung)
Fachkundenachweis: Notarzt im Rettungsdienst
- 1994 – 2003** Erster Stationsarzt: Unfallchirurgie, septische Wiederherstellungs-
Verbrennungs- und Handchirurgie, regelmäßige Teilnahme an Fort-
Weiterbildungs- und Spezialisierungsmaßnahmen (Prof. Dr. H.-U.
Langendorff)
- 26.04.1997** Facharzt für Unfallchirurgie (Anerkennung Gebietsbezeichnung)
- seit 1997** Funktionsoberarzt für Schwerstverbranntenabteilung
- 1998-2001** Schwerpunkt: Handchirurgie
- 2002-2003** Schwerpunkt: Septische- und Extremitätenchirurgie
Konsiliarius: Diabetische Fußkrankungen
- seit 2003** Leitender Arzt: Zentrale Notaufnahme im Klinikzentrum Nord
Management Polytrauma und Großschadensfälle,
Versorgung Frischverletzter (Unfallklinik Dortmund)
Konsiliarius: interdisziplinär
Management berufsgenossenschaftliche Heilverfahren mit BG-
Ambulanz (D-Arzt- und §6-Verfahren)
Management ambulante Operationen mit Handambulanz
- 2007** Zusatzbezeichnung: Notfallmedizin
- 2008** ATLS-Provider-Kurs (DGU)

10 Veröffentlichungen / Vorträge

Isermann H, Müller-Lange P, Langendorff H-U (1994) Behandlungsstrategie der Toxisch-epidermalen Nekrolyse (TEN) S. 382-384

32. Jahrestagung der DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR PLASTISCHE UND WIEDERHERSTELLUNGSSCHIRURGIE E.V. 12.-15.10. in Hamburg

Isermann H, Langendorff H-U (1996) Prioritätenorientierte Versorgung

Mehrfachverletzter unter besonderer Berücksichtigung des Polytraumatisierten im Alter S. 2-3, 4. Dortmunder Unfallchirurgie-Tagung H.-U. Langendorff, L. Wolff (Hrsg) Der Unfall im Alter

Leyer U, Isermann H, Langendorff H-U (2007) Erfahrungen und Langzeitergebnisse der Rekonstruktion am proximalen Humerus unter Verwendung einer winkelstabilen Oberarmplatte bei 524 Fällen, „HOMO REPARANDUS“ 10. Dortmunder Unfall- und Orthopädie-Tagung, Alter in Bewegung 22.-23.06.2007

Leyer U, Isermann H, Strohmam T, Langendorff H-U (2007) Experiences and long term results in the reconstruction of fractures of the proximal Humerus with a Humerus plate with angular stability in 524 cases, Combined AIOD – GKS meeting “Osteosynthesis International” 14.-15. September 2007 in Straßburg

11 Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. H.-U. Langendorff für die Überlassung des Themas meiner Dissertation, für seine stetig fruchtenden Anregungen, Hilfestellungen, Verbesserungsvorschläge und vor allem für die Umsetzung und Durchführung meiner klinisch-radiologischen Nachuntersuchungen in seiner Klinik.

Weiterer aufrichtiger Dank gebührt meinem langjährigen sehr geschätzten unfallchirurgischen Kollegen, Herrn Oberarzt Dr. med. U. Leyer, der mir konstant eine große fachliche Hilfe und Stütze war. Der mit den Vortragsterminen verbundene zeitliche Druck war mir stets ein Ansporn.

Bedanken möchte ich mich insbesondere aber auch bei all meinen Patientinnen und Patienten, die weder Mühen, Zeit, noch finanziellen mit der Untersuchung verbundenen Aufwand gescheut und so erst diese retrospektive Studie ermöglicht haben.

Nicht weniger Dank gebührt all meinen akademischen Lehrern, im Besonderen denen der Medizinischen Fakultät der RWTH (Universitätsklinikum) in Aachen.

Keineswegs geringer fällt mein Dank für jene aus, die mich auf meinem medizinischen Weg (Marienkrankenhaus Soest und Städtische Kliniken Dortmund) ausgebildet und in all den Jahren meiner ärztlichen Tätigkeit als Facharzt für Chirurgie und Unfallchirurgie oft vorbildlich begleitet haben, so dass ich mir bis zum heutigen Tag, selbst mit Beginn der zum Teil unverantwortlichen Umwälzungen und ökonomischen Zwänge unseres sich verändernden Gesundheitssystems, meine Leidenschaft für die uns anvertrauten Verunfallten, Kranken und Verletzten bewahren konnte.

Darüber hinaus danke ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Unfallchirurgischen Klinik und der hiesigen Radiologischen Abteilung unter der Führung von Herrn Chefarzt Dr. med. P. Distelmaier im Klinikzentrum - Nord der Klinikum Dortmund gGmbH, die mich während meiner Studie und darüber hinaus unterstützt haben und die mir oftmals hilfreich zur Seite standen, namentlich Herrn Oberarzt Dr. Olaf Struckmeier.

Herrn Prof. Ligges und Herrn Nils Raabe vom Lehrstuhl für Statistik an der Universität Dortmund bin ich zu Dank verpflichtet für ihre Hilfe und Unterstützung bei der statistisch-analytischen Auswertung der Ergebnisse mit R. Erst dadurch konnten unsere Daten ins rechte Licht gesetzt werden und die Aussagekraft unseres Resümees die Gewichtung erfahren, die sich hinter der Auswertung von 273 Einzelschicksalen mit 281 dislozierten proximalen Oberarmbrüchen verbirgt.

Fabian, Dir sei gedankt für Deine organisatorischen Fähigkeiten und für Deinen freundlichen und herzlichen Umgang mit all unseren Patientinnen und Patienten.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie, namentlich bei meiner geliebten Frau Gaby und bei meinen geliebten erwachsenen Kindern Ivonne, Michel und Dennis aus tiefstem Herzen für einfach „Alles,, ganz liebevoll bedanken. Ohne ihr Verständnis, ohne ihre Teilhabe an dem vorliegenden „Konstrukt der Winkelstabilität“ und ohne ihre wissenschaftliche Menschlichkeit hätte diese Studie kein Herz und dem Kontext fehlte die Seele. Danke für alles. Ein Hoch auf die „Isermann’sche Konstante“!

Nicht verschweigen will ich zu guter letzt, den Dank, den ich meinen viel zu früh verstorbenen Eltern, Georg und Maria Isermann, schulde. Ohne ihre Güte, ihren festen Glauben und die in mich gesetzte Hoffnung und das Vertrauen hätte meine Liebe zur Medizin nicht wachsen und gedeihen können.

12 Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Dortmund, 11.05.2008

Hubert Isermann