

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. E. Brug)

Rationelle Therapie von subcapitalen Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen

Eine retrospektive Studie des Patientengutes
der Jahre 1991 bis 1998

INAUGURAL – DISSERTATION
zur
Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Sinje Frey
aus Münster

2003

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-
Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. H. Jürgens

1. Berichterstatter: PD Dr. U. Joosten

2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. E. Brug

Tag der mündlichen Prüfung: 21.07.2003

Zusammenfassung.

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie
- Direktor: Univ.-Prof.- Dr. E. Brug-
Referent: PD Dr. U. Joosten
Koreferent: Univ.-Prof. Dr. E. Brug

Zusammenfassung

Rationelle Therapie von subcapitalen Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen
Sinje Frey

Aufbauend auf der Frakturklassifikation von Neer und der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen ist es Ziel dieser Arbeit, Richtlinien bzw. Hilfestellungen für die Wahl eines möglichst rationellen operativen Verfahrens zu geben.

In den Jahren 1991 bis 1998 wurden an der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie des Universitätsklinikums Münster 67 Patienten aufgrund einer subcapitalen Humerusfraktur und/ oder einer Humeruskopffraktur operiert. Die Krankenakten, Ambulanzakten und die Röntgenbilder wurden ausgewertet. Spätresultate wurden anhand einer Nachuntersuchung in 44 Fällen ermittelt.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Methoden der deskriptiven Statistik. Die Ergebnisse der Auswertung werden dargestellt und mit den Angaben verschiedener anderer Autoren verglichen. In einer Kasuistik werden typische Frakturformen und Osteosyntheseverfahren anhand von Röntgenbildern aus verschiedenen Heilungsstadien exemplarisch gezeigt.

Die Auswertung der Untersuchungen zeigte sowohl hinsichtlich der Komplikationsraten als auch der Spätresultate eine deutliche Abhängigkeit vom Frakturtyp bzw. der Anzahl der dislozierten Fragmente.

Der Einsatz von Osteosyntheseplatten ist im Zeitraum des untersuchten Krankengutes seltener geworden und die Schraubenosteosynthese gewann zunehmend an Bedeutung. Primäre Humeruskopfresektionen wurden im gegebenen Krankengut nicht durchgeführt. In zwei Fällen kam es zu einer sekundären Kopfresektion. Ein Ergebnis verlief befriedigend, das andere war ein Fehlschlag.

Inhalt

I.	Einführung	1
1.	Anatomische Grundlagen	1
1.1.	Knöcherner und ligamentärer Aufbau des Schultergelenkes.....	1
1.2.	Die Muskeln des Schultergelenkes.....	2
1.3.	Die Blutversorgung des Humeruskopfes	3
1.4.	Nervale Strukturen der Schulterregion	4
1.5.	Die Muskulatur und ihre Bedeutung für die Fragmentfehlstellung.....	5
2.	Epidemiologie.....	6
2.1.	Häufigkeit, Altersverteilung, Geschlechtsverteilung, Seitenverteilung	6
2.2.	Unfallursachen.....	7
2.3.	Begleitverletzungen	8
3.	Diagnostik.....	8
4.	Klassifikation.....	11
4.1.	Die Klassifikation nach NEER	11
4.2.	Die Klassifikation der ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR OSTEOSYNTHESEFRAGEN (AO).....	15
4.3.	Die Klassifikation nach SCHWEIBERER et al.....	17
4.4.	Klassifikation nach WEIGAND et al.	18
4.5.	Frakturen im Wachstumsalter.....	19
4.5.1.	Klassifikation nach SALTER und HARRIS.....	19
4.5.2.	Klassifikation nach AITKEN	20
5.	Verschiedene Therapiekonzepte.....	20
5.1.	Konservative Verfahren.....	20
5.2.	Operative Verfahren	23
5.3.	Kindliche Frakturen	44
5.4.	Komplikationen und Spätergebnisse in Abhängigkeit vom Osteosyntheseverfahren.....	47
5.4.1.	Frühkomplikationen.....	47
5.4.2.	Spätkomplikationen	49

5.4.3.	Typische Komplikationen im Kindesalter	50
5.4.4.	Spätergebnisse bei der Bewertung nach dem Neer-Schema.....	51
5.5.	Zusammenfassung	52
II.	Ergebnisse der Studie.....	53
1.	Epidemiologie.....	55
1.1.	Häufigkeit	55
1.2.	Altersverteilung	55
1.3.	Geschlechtsverteilung.....	57
1.4.	Seitenverteilung	57
2.	Verteilung der Frakturen auf die Klassifikation	57
2.1.	Klassifikation der ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR OSTEOSYNTHESEFRAGEN	57
2.2.	Klassifikation nach NEER.....	58
2.3.	Kindliche Frakturen: Klassifikation nach Salter/ Harris	59
2.4.	Altersverteilung in den Segmentklassen.....	60
3.	Unfallursachen.....	62
3.1.	Unfallursachen insgesamt.....	62
3.2.	Geschlechtsabhängige Verteilung der Unfallursachen	63
3.3.	Altersabhängige Verteilung der Unfallursachen	63
3.4.	Unfallursachen und daraus resultierende Frakturen	64
4.	Begleitverletzungen	65
5.	Zeitpunkt der Operation.....	66
6.	Zeitliche Entwicklung der operativen Behandlung von subcapitalen Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen	67
7.	Operative Versorgung der Humeruskopffrakturen.....	70
7.1.	Verwendung der Osteosyntheseverfahren in verschiedenen Altersklassen.....	70
7.2.	Verwendung der Osteosyntheseverfahren bei den einzelnen Frakturtypen	71
7.3.	Dauer des stationären Aufenthaltes	72
7.4.	Dauer der Operation in Abhängigkeit vom Osteosyntheseverfahren	74
7.5.	Auswahl des Operateurs	75

8.	Nachbehandlung	75
8.1.	Stabilität und Ruhigstellung	75
8.2.	Krankengymnastik	77
8.3.	Metallentfernung	78
9.	Komplikationen	79
9.1.	Intraoperative Komplikationen	80
9.2.	Postoperative Komplikationen	80
9.2.1.	Frühkomplikationen	81
9.2.2.	Spätkomplikationen	81
10.	Spätergebnisse unter Auswertung der Nachuntersuchung	81
10.1.	Ergebnisse der Bewertung anhand der Bewertungsskala nach Neer	82
10.2.	Auswirkungen der Fraktur und der operativen Versorgung auf die Arbeitsfähigkeit	84
10.3.	Subjektive Bewertung des Operationsergebnisses	84
11.	Kasuistik	85
III.	Diskussion	102
1.	Kritischer Vergleich der Frakturklassifikationen	102
2.	Vergleich des eigenen Krankengutes mit der Literatur	104
3.	Bewertung der einzelnen Osteosyntheseverfahren	105
3.1.	Frakturen durch das Collum anatomicum	106
3.2.	Subcapitale Frakturen	106
3.3.	Solitärer Abriß des Tuberculum majus	107
3.4.	3-Segment-Frakturen	107
3.5.	4-Segment-Frakturen	108
3.6.	Luxationsfrakturen	108
4.	Offene Frakturen	109
5.	Kindliche Frakturen	110
6.	Zusammenfassung	111

IV.	Literaturverzeichnis	113
V.	Danksagung.....	124
VI.	Lebenslauf	125

I. Einführung

1. Anatomische Grundlagen

1.1. Knöcherner und ligamentärer Aufbau des Schultergelenkes

Die vordere Extremität hat sich im Laufe der Evolution durch den aufrechten Gang des Menschen zur oberen Extremität und somit zum Träger des Greif- und Sinnesorgans Hand entwickelt. Deshalb erhielt sie eine außergewöhnliche Vergrößerung ihres Bewegungsumfanges durch Ausbildung der Klavikula und der Schaffung verschiedener Gelenkkombinationen (Sternoklavikulargelenk–Akromioklavikulargelenk–Skapulohumeralgelenk–Akromiohumeralgelenk).

Die Gelenkkette wird durch die Beweglichkeit der Skapula, die mit einer Stellungsänderung der Gelenkfläche einher geht, erweitert. Da die Gelenkkapsel sehr weit ist, ermöglicht sie einen noch größeren Bewegungsumfang. Ist der Arm adduziert, bildet sie unterhalb des Labrum glenoidale eine Reservefalte, den Recessus axillaris, der bei Abduktion aufgehoben wird.

Die Reservefalte ist am collum scapulae, am Labrum glenoidale und distal am Collum anatomicum befestigt. Die Epiphysenfuge liegt intrakapsulär, während das Tuberculum majus et minus extrakapsulär bleiben.

Die Führung der Muskeln setzt sich aus der Führung der Rotatorenmanschette zusammen. Die Muskeln sind mantelförmig angeordnet und strahlen als Sehnen in die Gelenkkapsel ein.

Die Rotatorenmanschette wird aus folgenden Muskeln gebildet:

Dem M. supraspinatus, M. infraspinatus, M. teres minor und M. subscapularis. Eine Funktion ist die Verstärkung der Gelenkkapsel.

Die Bänder haben bei der Stabilisierung des Gelenkes nur geringe Bedeutung [119], besitzen aber verschiedenen Rezeptoren, die über einen neuromuskulären Regelkreis Einfluß auf die aktive muskuläre Stabilisierung nehmen [61].

Die Muskeln wirken gleichzeitig auch als Kapselspanner, damit die relativ weite Gelenkkapsel nicht bei ihren Bewegungen eingeklemmt wird.

Außerdem wird eine Dislokation der Gelenkflächen verhindert, die schon allein durch das Gewicht des Armes, aber ganz besonders beim Tragen von Lasten, eintreten würde.

Wird eines der Tubercula abgetrennt oder besteht eine Muskelatonie, so kommt es zur Subluxation des Humeruskopfes [41].

Zusätzlich zur Rotatorenmanschette wirken auch die übrigen Muskeln des Schultergürtels bei den umfangreichen Bewegungen im Schultergelenk mit. Ausschlaggebend ist der Muskelmantel und die Sehne des langen Bizepskopfes. Das Schultergelenk ist somit ein Gelenk mit Muskelführung.

Aus der Grundstellung heraus ist im Schultergelenk lediglich eine Abduktion von 90° möglich, weil dann der Humerus am Dach der Gelenkpfanne anstößt. Ein weiteres Anheben des Armes über die Horizontale hinaus wird durch eine Stellungsänderung der Cavitas glenoidalis durch Drehen der Skapula erreicht. Das Schultergelenk kann so bis zu 180° abduziert werden.

Bei Außenrotation erreicht man Werte von ungefähr 80° , bei Innenrotation bis zu 95° . Der Arm kann bis 40° retrovertiert und bis 90° antevertiert werden. Bei Stellungsänderung der Gelenkpfanne kann die Anteversion in eine Eleversion überführt werden [120]. Es können dann Werte von bis zu 170° erreicht werden.

Bei seitwärts abgehobenem Arm kann bis 70° jeweils ein- und auswärts gedreht werden.

1.2. Die Muskeln des Schultergelenkes

Das Schultergelenk ist das Kugelgelenk mit dem größten Bewegungsumfang aller Gelenke. Die Muskulatur des Schultergürtels gliedert sich in eine dorsal gelegene und eine ventral gelegene Gruppe.

Die Schultermuskulatur entspringt am Schultergürtel und setzt am Humerus an. Sowohl die Rotatorenmanschette als auch die Muskeln M. teres major, M. subscapularis, M. deltoideus und M. latissimus dorsi gehören zu den dorsalen Schultermuskeln.

Die ventralen Schultermuskeln werden von den M. pectoralis major und M. pectoralis minor gebildet.

1.3. Die Blutversorgung des Humeruskopfes

Der Schultergürtel und die obere Extremität gehören zum Versorgungsbereich der A. subclavia. Die Arterie verläuft unterhalb des Plexus brachialis im Sulcus A. subclaviae der ersten Rippe und gelangt durch die Skalenuslücke in das Trigonum clavipectoriale. Nach Unterquerung der Klavikula wird diese Arterie als A. axillaris bezeichnet und führt bis zum Unterrand des M. pectoralis major.

Von der A. axillaris aus zweigen einige Gefäße ab, die für die Versorgung des Humeruskopfes von Bedeutung sind. Dazu gehören die A. Circumflexa anterior humeri et A. Circumflexa posterior humeri, die zum Schultergelenk und zum M. deltoideus führen.

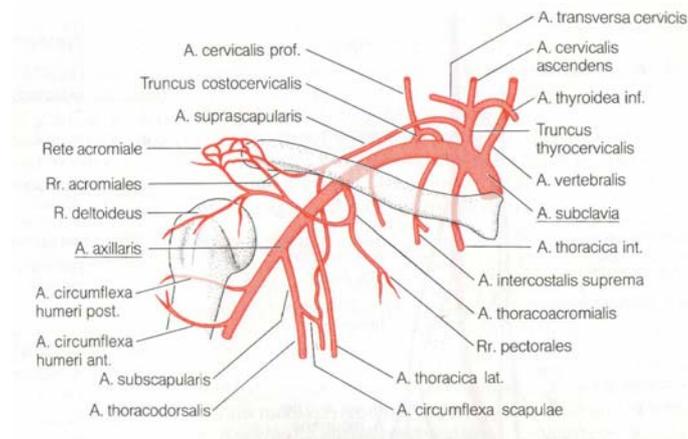


Abbildung 1: Blutversorgung des Humeruskopfes [119]

Grundsätzlich gibt es kein zentrales, den Humeruskopf versorgendes Gefäß. Die Blutversorgung erfolgt ausschließlich über die A. circumflexa anterior humeri und die A. circumflexa posterior humeri, wobei die A. circumflexa anterior humeri den Hauptteil der arteriellen Versorgung übernimmt. Diese Arterie gibt einen Ast, die A. arcuata, ab, die im Sulcus intertubercularis in den Kopf eindringt und ihn im wesentlichen versorgt. Gerber et al. beschreiben hier eine besondere Gefahr bei Ligation der Arterie [35]. Die Tubercula werden durch Mikroanastomosen am Ansatzbereich der Rotatorenmanschette versorgt.

Kommt es zur Fraktur, und die Fraktur läuft durch das Collum chirurgicum, so bleiben die Aa. circumflexae unverletzt. Kommt es zur subcapitalen Humerusfraktur, bei der die A. circumflexa zerstört wird, kann das Anastomosennetz, welches sich durch die dorsalen Gefäße des Periostes und der Rotatorenmanschette gebildet hat [35], einen Ausfall der Versorgung kompensieren [86].

Die Fraktur des Collum anatomicum hingegen zieht eine Versorgungsunterbrechung des Frakturbereiches nach sich und birgt somit das Risiko einer avaskulären Kopfnekrose.

1.4. Nervale Strukturen der Schulterregion

Die Schulter und der Arm werden vom Plexus brachialis innerviert. Der Plexus brachialis, das sogenannte Armgeflecht, setzt sich aus den Rr. anteriores der Spinalnerven mit den Segmenten C5 bis Th1 und kleineren Bündeln aus C4 und Th2 zusammen.

Die Rr. anteriores formieren sich zu drei Trunci, den Truncus superior, medius et inferior. Nachdem sie durch die Skalenuslücke oberhalb der A. subclavia in den Bereich der Clavicula gelangt sind, schließen sie sich zu drei Fasciculi zusammen, den Fasciculi lateralis, medialis et posterior. Nach topographischen Gesichtspunkten teilt man den Plexus brachialis in einen supra- und einen infraclavikulären Teil ein. Der infraclavikuläre Teil entspricht den drei starken Faszikeln.

Der N. medianus entsteht mit einer lateralen Wurzel, der Radix lateralis aus dem Fasciculus lateralis und einer medialen Wurzel, der Radix medialis, die aus dem Fasciculus medialis entspringt. Die Vereinigung der beiden Wurzeln findet vor der A. axillaris statt und wird als Medianusgabel bezeichnet. Von hier aus läuft der N. medianus gemeinsam mit der A. brachialis am Septum intermusculare brachii mediale entlang in die Ellenbeuge. Dieser Nerv versorgt fast alle Flexoren am Unterarm und einige Handmuskeln.

Die sensiblen Autonomgebiete des N. medianus an der Hand sind die Endglieder des Zeige- und Mittelfingers. Der N. ulnaris geht ausschließlich aus dem Fasciculus medialis hervor und läuft auf der medialen Seite des Oberarms hinter dem Septum intermusculare brachii mediale zum Sulcus n. ulnaris an der Unterseite des Epicondylus medialis, wo er dicht unter der Haut liegt. Das Versorgungsgebiet des Nervs liegt im

Bereich der Hand- und Fingermuskeln, das Autonombgebiet liegt am Endglied des Kleinfingers.

Aus dem dritten Faszikel, dem Fasciculus posterior, entspringen sowohl der N. axillaris als auch der N. radialis. Der N. axillaris verläuft durch die laterale Achsellücke, dann unter dem M. deltoideus und das Collum chirurgicum des Humerus begleitet von der A. circumflexa humeri posterior und zwei gleichnamigen Venen.

Hier innerviert er den M. deltoideus und den M. teres minor und innerviert sensibel die oberen seitlichen und dorsalen Hautgebiete des Oberarmes. Bei Lähmungen dieses Nervs ist die Abduktionsfähigkeit im Schultergelenk herabgesetzt. Bei gleichzeitigem sensiblen Ausfall des Nervs treten Sensibilitätsstörungen seitlich über dem M. deltoideus auf. Der N. radialis verläuft dorsal am Humerus schraubenförmig im Sulcus n. radialis zusammen mit der A. profunda brachii zwischen Caput mediale et laterale des M. triceps brachii nach kaudal.

Im Versorgungsgebiet dieses Nervs liegen motorisch die Streckergruppe des Ober- und Unterarmes, sensibel die Haut über der Streckseite des Ober- und Unterarmes sowie dorsal die Haut der Grund- und Mittelglieder der radialen zweieinhalb Finger [119].

Bei Verletzungen im Bereich des proximalen Humerus muß somit besonders mit Verletzungen des Plexus brachialis und des N. axillaris gerechnet werden. Bei Mehrfragment-Frakturen wird die Häufigkeit mit 30% angegeben [22][63][73][74]. Aus diesem Grunde sollte immer vor Behandlungsbeginn eine genaue Sensibilitäts- und Motorikprüfung erfolgen [22].

1.5. Die Muskulatur und ihre Bedeutung für die Fragmentfehlstellung

Kommt es zu einer Fraktur des Collum chirurgicum, so zieht der M. pectoralis major das distale Fragment nach medial. Da bei dieser Frakturart die Tubercula unversehrt bleiben, kann die Rotatorenmanschette das Kopffragment in neutraler Stellung halten.

Wird das Tuberculum majus abgesprengt, entsteht durch den Zug der Mm. supraspinatus, infraspinatus et teres minor eine Dislokation des Fragmentes nach kranial und nach dorsal. Es kommt zum Längsriß in der Rotatorenmanschette. Nicht selten kommt es zu einer Verkeilung des dislozierten Tuberculum majus unter dem Akromion, was zur Behinderung der Abduktion führt. Dislozierte Drei-Segment-Frakturen bedeuten in jedem Fall eine Rotationsfehlstellung des Kopfes. Wenn zum Bruch des

Collum chirurgicum zusätzlich das Tuberculum majus frakturiert, dreht die Sehne des M. subscapularis den Kopf am Tuberculum minus nach hinten. Kommt es zur Fraktur des Tuberculum minus, dann ziehen die Mm. infraspinatus et teres minor das Tuberculum majus nach hinten-außen und die Gelenkfläche rotiert nach ventral [43].

Bei dislozierten Vier-Segment-Frakturen besteht oft kein Gelenkflächenkontakt mehr, da durch die Frakturen im chirurgischen und anatomischen Hals die Gelenkfläche nach lateral, ventral, dorsal oder sogar nach kaudal kippt.

Die abgerissenen Tubercula werden durch den divergierenden Zug der einzelnen Muskeln der Rotatorenmanschette nach vorne bzw. nach hinten und nach oben gezogen. Der proximale Schaft wird durch den M. pectoralis major adduziert.

2. Epidemiologie

2.1. Häufigkeit, Altersverteilung, Geschlechtsverteilung, Seitenverteilung

Proximale Humerusfrakturen findet man bei 4-5% aller Frakturen im Erwachsenenalter, sie machen etwa 47% der Oberarmfrakturen aus [103][113].

Diese Frakturen sind besonders typisch für ältere Patienten, da die Gefahr einer Fraktur des proximalen Humerus signifikant mit einem herabgesetzten Mineralsalzgehalt des Knochens steigt [134][65][124].

Bei Kindern und Jugendlichen machen sie etwa 4% aller kindlichen Frakturen aus [27][83][96][109].

In einer Studie von NEER ist bei der Auswertung 162 proximaler Humerusfrakturen ein Durchschnittsalter von 55,6 Jahren bei einer Spannweite von 22 bis 89 Jahren festgestellt worden. Vergleichbare Ergebnisse findet man auch bei Jakob und Siebler [129][58]. Nach Damanakis [23] nimmt mit dem Schweregrad der Fraktur die prozentuale Häufung der schlechten Resultate zu. Auch die subjektive Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis korrelierte weitestgehend mit dem Schweregrad der Verletzung [23]. Bei Betrachtung der komplizierten Frakturen fallen niedrigere Angaben des Durchschnittsalters auf [42][55][74]. Zieht man vergleichend die Studie von Kuner und Siebler [73] über Luxationsfrakturen hinzu, liegt das Durchschnittsalter bei 44,3 Jahren,

in der Studie von Paavolainen [105] bei 46,5 Jahren. Betrachtet man die Geschlechtsverteilung der Frakturen, so ergibt dies ein recht ausgewogenes Verhältnis. Nach Siebler und Kuner war die rechte Seite häufiger betroffen als die linke [128]. Einer Studie von Siebler et al. zufolge waren Knaben häufiger betroffen als Mädchen [127], andere Autoren stellen ein ausgewogenes Seitenverhältnis zwischen der rechten und der linken Seite dar [58][73][90]. Bei Patientengruppen mit deutlich höherem Durchschnittsalter dominieren die Frauen. Kristiansen und Christensen fanden in ihrem Krankengut 132 Frauen und 56 Männer bei einem Durchschnittsalter von 70 Jahren [69].

2.2. Unfallursachen

Zu den häufigsten Unfallursachen für Humeruskopffrakturen zählen der Sturz auf den ausgestreckten Arm, ein direkter Schlag von der Seite sowie die exzessive Rotation des abduzierten Armes [43]. Da proximale Humerusfrakturen zu den häufigsten Verletzungen vor allem der älteren Menschen gehören, beschreiben Szyszkowitz et al. die jeweilige Behandlung dieser Frakturen als „sehr wichtig“, das biologische Alter, die Knochenstruktur und die individuellen Bedürfnisse spielen eine große Rolle [134]. Häufig spielen beim alten Menschen beispielsweise neben einem schlechten Allgemeinzustand auch ein insulinpflichtiger Diabetes und neuromuskuläre Schwäche eine große Rolle für die Ursache des Sturzes [65]. Bei älteren Frauen konnten Jensen et al. einen erheblichen Einfluß der durch die Menopause bedingten Osteoporose auf das Frakturgeschehen nachweisen [59]. Beim Sturz nach vorn werden die Arme zum Schutz flektiert und abduziert, so daß die Mm. pectoralis major, latissimus dorsi et teres major den Sturz abfangen können. Die daraus resultierende Kraft ist nach kaudal gerichtet. Auf den Oberarmkopf wirkt jetzt eine Schubkomponente.

Nach Rose sind vor allem bei jüngeren Patienten oft größere Gewalteinwirkungen beteiligt [113], wie beispielsweise Rasantraumen bei Verkehrs- und Sportunfällen, besonders bei Skiunfällen [32]. Hier werden besonders schwere Frakturformen beobachtet. In einer Studie nach Towfigh et al. [138] wurde die größte Häufung bei häuslichen Unfällen, gefolgt von Verkehrsunfällen, Sportunfällen und Arbeitsunfällen gefunden. Ein ähnliches Verteilungsmuster findet man auch bei Siebler und Kuner [128].

2.3. Begleitverletzungen

Die Humerusfraktur kann Bestandteil eines Polytraumas sein. Nach Siebler und Kuner [128] haben von 86 Patienten, deren proximale Humerusfraktur operativ versorgt wurde, 29 eine Begleitverletzung erlitten. Davon ist als häufigste das Polytrauma mit 15 Fällen zu nennen, eine Commotio cerebri erlitten sieben Patienten. Bei jeweils einem Patienten ist es zu einer Contusio cerebri, zu einer Humerusfraktur der Gegenseite oder zu einer Malleolarfraktur gekommen, jeweils zwei Patienten haben eine Ellenbogenfraktur der gleichen Seite oder eine Tibiakopffraktur durchgemacht.

Die Häufigkeit primärer neurologischer Ausfälle wird bei Kwasny et al. [74] mit 30% angegeben, primäre Gefäßläsionen sind eher selten und betreffen im Mittel 1,8 bis 4,3% der Patienten [85].

3. Diagnostik

Eine genaue Anamnese hilft, den Unfallmechanismus zu ermitteln. Meist gibt der Patient bei Beschreibung des Unfallherganges, des Schmerzes und der Schmerzsymptome schon eingehende Hinweise, die Rückschlüsse auf eine mögliche Frakturformen und Fehlstellungen zulassen. Oft hält der Patient schon seinen verletzten Arm mit der gesunden Hand. „Es besteht ein Druckschmerz über dem Humerus, und besonders bei Abduktionsfrakturen kann eine deutliche Deformität zu sehen sein. Später wird ein großes, sich wegen der Schwerkraft nach unten ausbreitendes Hämatom zum Leitzzeichen werden“ [84].

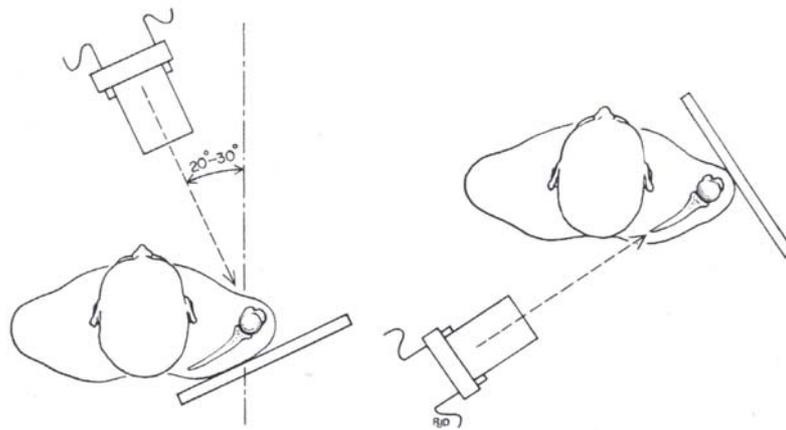


- | |
|---|
| <p>1: Der Patient wird meist seinen verletzten Arm mit der gesunden Hand halten</p> <p>2: Es besteht Druckschmerz über dem Humerus</p> <p>3: Ein Hämatom wird zum Leitzeichen</p> |
|---|

Abbildung 2: Inspektionsbefund [84]

Abnorme Beweglichkeit und Krepitation sowie sichtbare Knochenfragmente zeichnen sich als sichere Zeichen einer Fraktur aus, sagen aber nichts über den Ort der Fraktur aus. Der Bewegungsumfang des Schultergelenkes ist bei einer Fraktur des Oberarmkopfes schmerzhaft eingeschränkt. Die Abduktion bleibt jedoch weiterhin eingeschränkt möglich, da sich die Skapula sofort mitdreht und so die Einschränkung im Humeroglenoidalgelenk ausgleicht [25].

Um eine korrekte Frakturklassifizierung durchführen zu können und somit auch eine richtige Therapie wählen zu können, sind Röntgenuntersuchungen unerlässlich.



- a) Die a.-p. steht senkrecht zur Schulterblattebene; die Röntgenröhre wird um 30° nach medial geschwenkt
- b) Die seitliche Aufnahme wird in der Schulterblattebene gemacht

Abbildung 3: Röntgenebenen nach Neer [98]

Nach Szyszkowitz et al. [134] stellen die Nativaufnahmen des proximalen Humerus neben der klinischen Untersuchung die Basis der Diagnostik dar: „Erforderlich ist die Darstellung sämtlicher Fragmente in zwei senkrecht zueinanderstehenden Ebenen. Obligat ist die a.-p. und axial-axilläre Aufnahme. Ergänzend kann die transskapuläre oder transthorakale Aufnahme erforderlich sein“ [12]. Nach Jerosch et al. ist im Rahmen der Primärdiagnostik bei radiologisch fraglicher Fragmentdislokation sowie bei persistierenden Beschwerden nach proximalen Humeruskopffrakturen eine sonographische Untersuchung empfehlenswert [61]. „Hier können auch fakultative Begleitverletzungen wie Rupturen der Rotatorenmanschette oder der langen Bizepssehne oder ein Hämathros nachgewiesen werden“ [12].

Gelegentlich werden computertomographische Aufnahmen angefertigt, die zur ergänzenden Beurteilung der Frakturverhältnisse nützlich sind, insbesondere wenn intraartikuläre Fragmente aufgetreten sind. Eine 3D-Rekonstruktion kann zusätzlich eine Ergänzung in der Diagnostik darstellen, „um vor allem die Fraktur in der axialen Ebene zu beurteilen, insbesondere falls ein Nativröntgen z. B. aus Schmerzgründen nicht möglich oder unzureichend zu beurteilen ist“ [134].

4. Klassifikation

Eine Klassifikation von Frakturen ist nur dann sinnvoll, wenn über die morphologische Beschreibung hinaus Aussagen über Prognose und Therapie gemacht werden.

Dies ist besonders am proximalen Humerus von Bedeutung, da eine Beteiligung der Blutversorgung des Gelenkkopfes Ursache für die häufigste Komplikation ist: die avaskuläre Kopfnekrose [43][50]. Von prognostischer Relevanz sind weiterhin die Art des Frakturverlaufes sowie eine mögliche Valgusimpaktierung der Kopfkalotte [43].

4.1. Die Klassifikation nach NEER

Das Wissen über die Pathologie der proximalen Humerusfrakturen wurde durch die Klassifikation von Neer [97] erweitert, die besonders den Zusammenhang zwischen Frakturformen und Gefährdung der Kopfdurchblutung aufzeigt.

Neer stellte eine Beziehung zwischen Frakturformen und Weichteilschäden, wie Verletzungen der Rotatorenmanschette und Gelenkkapsel, auf. Er beobachtete, wie bereits Codmann im Jahre 1934 [20], daß die Frakturlinien meist zwischen vier Hauptsegmenten liegen: Humeruskopf, Schaft, Tuberculum majus, Tuberculum minus. Nach Habermeyer et al. [43] beschreibt die von Neer [101] modifizierte Vier-Fragment-Klassifikation eher ein Konzept als eine numerische Klassifikationstabelle, als welche die AO-Klassifikation [93] eingestuft werden kann. „Die Neer-Einteilung berücksichtigt unverschobene und minimal dislozierte Brüche nicht, da sie stets konservativ versorgt werden. Fragmentdislokationen mit mehr als 1,0 cm Länge und Kippung des Kopfes um mehr als 45° gelten als behandlungsbedürftig und unterliegen der Klassifikation. Neer unterteilt nur noch in Zwei-, Drei- und Vier-Fragment-Brüche, unabhängig davon, welches Fragment betroffen ist. Die Prognose verschlechtert sich mit der Anzahl der Fragmente. Diese Einteilung gilt auch für Luxationsfrakturen. Impressionsfrakturen der Kopfkalotte oder deren Trümmerbrüche („head splitting fractures“) werden nicht eingeteilt und extra aufgeführt“ [43].

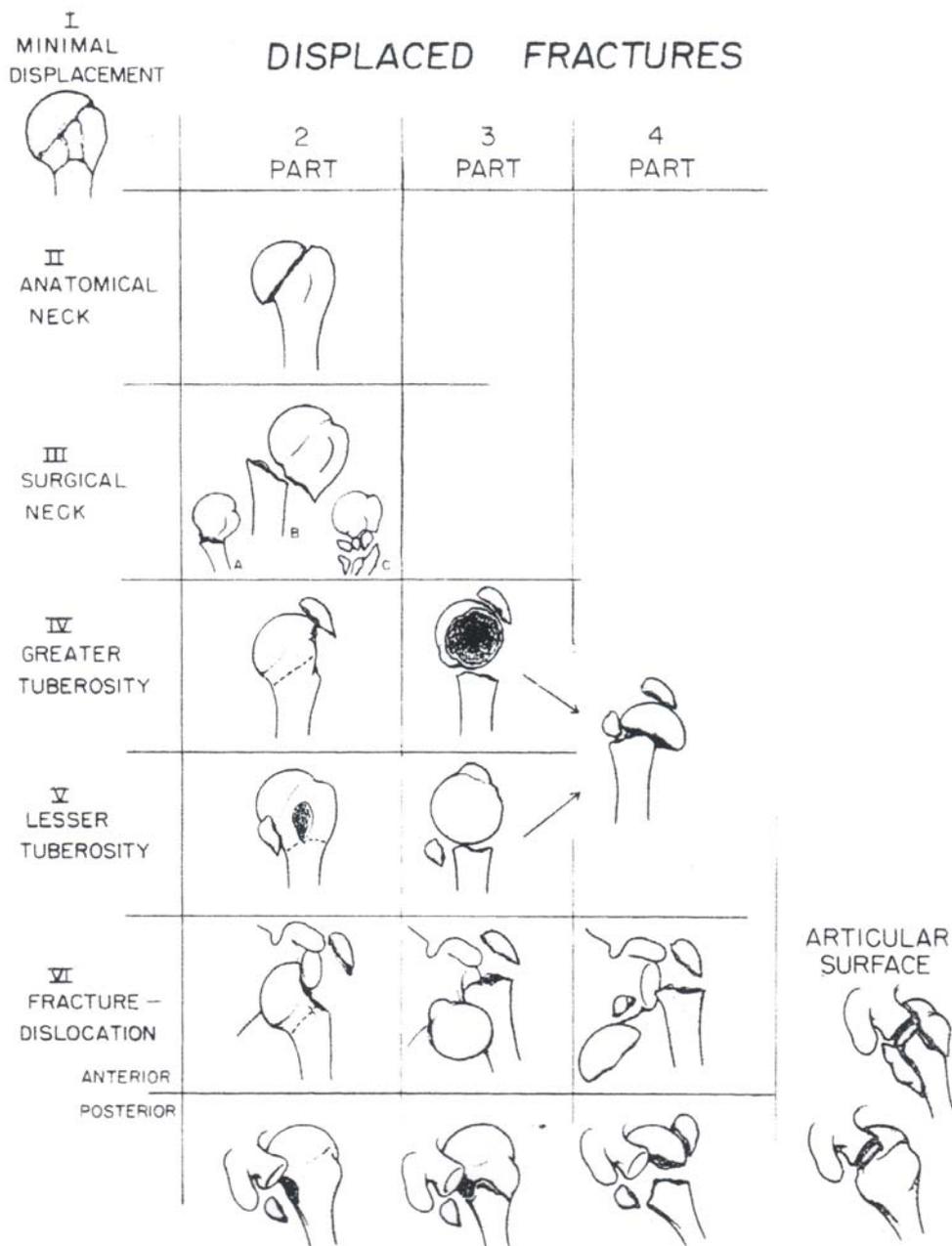


Abbildung 4: Die anatomische Klassifikation, Neer [98]

Gruppe I: Minimale Dislokation

In dieser Gruppe sind alle Frakturformen aufgeführt, unabhängig von der Anzahl ihrer Fragmente, bei denen die Fragmente nicht weiter als 1 cm disloziert sind und keine Abkipfung von mehr als 45° besteht.

Diese Frakturen bedürfen keiner operativen Therapie [98] und heilen schon nach einer kurzen Dauer der konservativen Ruhigstellung meist mit einem befriedigendem Ergebnis und normaler Beweglichkeit aus (in 94% der Fälle nach Clifftort [19]).

Diese Gruppe kann aus Gründen der Themenstellung vernachlässigt werden und findet hier nur der Vollständigkeit halber Berücksichtigung.

Gruppe II: Fraktur durch das Collum anatomicum

Eine solitäre Fraktur durch das Collum anatomicum ist äußerst selten und kann leicht übersehen werden. Deshalb sind nach Neer [98] gute Röntgenbilder im a.p.-Strahlengang notwendig, um sie zu diagnostizieren.

Bei dieser Fraktur ist die alleinige Versorgung der A. arcuata unterbrochen, was durch Gerber [35] nachgewiesen werden konnte. Da dislozierte Brüche im anatomischen Hals die Blutversorgung unterbrechen können, besteht somit auch ein hohes Risiko einer avaskulären Kopfnekrose.

Gruppe III: Fraktur durch das Collum chirurgicum

Bei der sehr häufigen Fraktur durch das Collum chirurgicum ist die Rotatorenmanschette intakt und hält den Kopf in neutraler Position [43]. Nach Habermeyer et al. sind Frakturen im chirurgischen Hals eine Domäne der konservativen Behandlung.

Gruppe IV: Abriß des Tuberculum majus

Ein Abriß des Tuberculum majus tritt häufig nach Schulterluxationen sowie bei Stromverletzungen oder Krampfanfällen auf [92][136]. Meist ist das Tuberculum majus nur wenig disloziert. Wird es jedoch durch den Zug der Supraspinatussehne unter das Akromion gezogen, kommt es zum Impingement [43].

Der Abriß des Tuberculum majus geht immer mit einem longitudinalem Einriß der Rotatorenmanschette einher [43][98]. Kommt es zusätzlich zu dieser Fraktur auch noch zu einem Bruch im Collum chirurgicum, so wird das Kopffragment durch den M. subscapularis nach innen rotiert und der Riß in der Rotatorenmanschette vergrößert. Die ansetzende Muskulatur wirkt dann einer geschlossenen Reposition entgegen [98].

Gruppe V: Abriß des Tuberculum minus

Nach Habermeyer et al. [43] ist dies die seltenste Bruchform am Oberarmkopf. Eine Zwei-Segment-Fraktur dieser Gruppe ist relativ unkompliziert [98].

Kommt es hingegen zu einer Fraktur des Collum chirurgicum, so kann der M. supraspinatus das Kopffragment nach außen rotieren, wodurch der auch hier immer vorhandene Längsriß in der Rotatorenmanschette vergrößert wird [43]. Als Komplikation der konservativen Behandlung von Tuberculum minus Frakturen wird die Pseudarthrose beschrieben. Neer [102] empfiehlt hier die Exzision des Knochenfragmentes und die Refixation der Subskapularissehne.

Gruppe VI: Luxationsfrakturen

Böhler [11] stellte bereits 1929 fest, daß es schwierig, wenn nicht unmöglich sei, eine unblutige Reposition und Retention durchzuführen. Außerdem erkannte er, daß die avaskuläre Kopfnekrose eine besonders häufige Komplikation bei diesem Frakturtyp sei. Daneben seien primäre neurologische Ausfälle oft beobachtete Komplikationen (20%) und nur selten reversibel [73]. Bei der Untersuchung der Luxationsrichtung überwiegen die axilläre und subkorakoidale Luxation, während die posteriore nur selten auftritt [85].

Der Humeruskopf sollte so früh wie möglich wieder eingenenkt werden, um eine weitere Zerstörung der Blutversorgung zu verhindern [73].

Die Prognose einer Luxationsfraktur wird im wesentlichen durch die Anzahl der Fragmente bestimmt. Dies gilt für die Funktion als auch für das Auftreten einer Kopfnekrose [73].

Bei Zwei- und Drei-Segment-Frakturen dieser Gruppe ist eine ausreichende Blutversorgung über eines der beiden Tubercula und die anhängenden Weichteile gewährleistet, nicht aber bei den Vier-Segment-Frakturen [98]. Wenn die knorpelige Gelenkfläche zu mehr als 50% geschädigt ist, wird das Gelenk instabil und es treten neben einer posttraumatischen Arthrose rezidivierende Luxationen auf. Die beste Therapie ist in diesem Fall die Kürzung des M. subscapularis. Gelegentlich wird ein prothetischer Ersatz notwendig [98][48].

Drei-Segment-Frakturen der Gruppen V und VI

Wie schon oben erwähnt weisen diese Frakturen eine Rotation- und Dislokationsfehlstellung auf. Deshalb läßt sich durch alleinige geschlossene Reposition kein anatomisches Ergebnis erzielen [22][149]. Neer wies in seiner Studie ein befriedigendes Ergebnis bei drei (16%) konservativ versorgten und bei 19 (63%) operativ behandelten Patienten [99] nach. Die Indikation für eine konservative Therapie beschränkt sich seiner Meinung nach höchstens auf ein geriatrisches Patientengut, Risikopatienten oder einen unkooperativen Patientenkreis.

Vier-Segment-Frakturen der Gruppe V

Mehr-Segment-Frakturen des proximalen Humerus (besonders die Vier-Segment-Frakturen) sind Problemverletzungen, die häufig mit schlechten klinischen Ergebnissen ausheilen. Schmerzen und Funktionseinbußen werden durch Schrumpfung der Gelenkkapseln, Schädigung der Rotatorenmanschette, verbliebene Subluxationen, Pseudarthrosen, Infekte und avaskuläre Nekrosen hervorgerufen.

Nach Hägg und Lundberg [47] findet man bei geschlossener Reposition zu 34% eine Nekroserate, bei blutiger Reposition und Stabilisierung zu 59%. Bei Sturzenegger et al. [132] trat eine Nekrose bei 34% der Plattenosteosynthesen auf.

4.2. Die Klassifikation der ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR OSTEOSYNTHESEFRAGEN (AO)

Diese Klassifikation wurde im Jahre 1983 von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) entwickelt. Hierzu wurde eine anhand von 730 chirurgisch behandelten Oberarmkopffrakturen entwickelte Gliederung, die dislozierte und nicht dislozierte Brüche und auch seltene Brüche erfaßt, verwendet. Die AO Klassifikation unterscheidet drei große Gruppen, aufgeteilt in Gruppe A, B und C.

Gruppe A, die extraartikuläre Zwei-Segment-Frakturen umfaßt, beschreibt ein sehr geringes oder fehlendes Nekroserisiko. In der Gruppe B (extraartikuläre Drei-Segment-Frakturen) wird eine fakultatives Nekroserisiko angegeben. Frakturen der Gruppe C, die Frakturen durch das Collum chirurgicum beschreiben, gehen immer mit einer hohen Nekroserate einher [44].

Die drei Gruppen unterteilen sich wieder in die Untergruppen 1, 2, und 3. Diese Unterteilung beschreibt das Ausmaß der Dislokation,- eine weitere Unterteilung differenziert die Frakturen bezüglich Segmentzahl und Dislokationsrichtung.

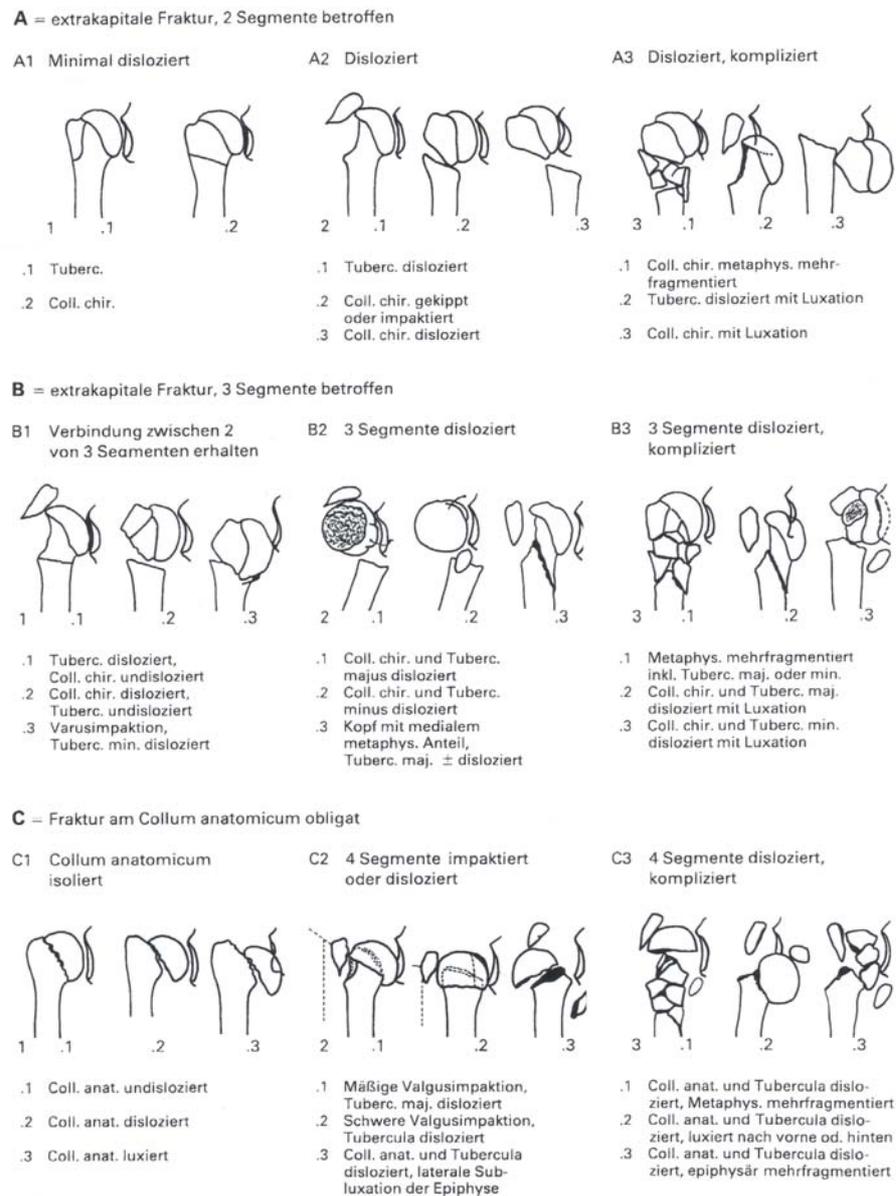


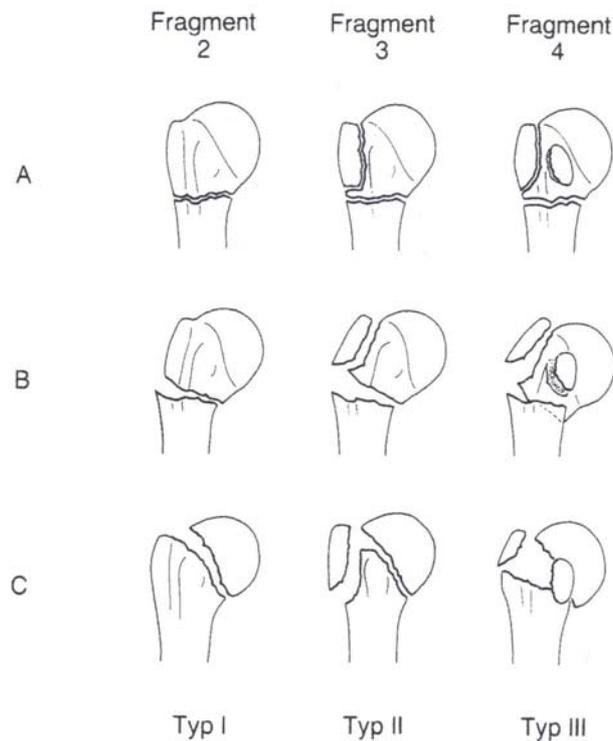
Abbildung 5: AO-Klassifikation 1983 [50]

4.3. Die Klassifikation nach SCHWEIBERER et al.

Mit der Grundlage von Neer und aufbauend auf der AO Klassifikation [43] entwickelte Schweiberer [42] eine Einteilung, die er 1989 veröffentlichte.

Es werden nicht dislozierte Frakturen (Gruppe A) von dislozierten Frakturen (Gruppe B) und intrakapsulären Frakturen (Gruppe C) unterschieden. Gleichzeitig wird die Anzahl der Segmente erfaßt (Tuberculum majus, Tuberculum minus, Humeruskopf und Schaft). Die Prognose verschlechtert sich mit Anstieg der Skala A-B-C, sowie nach Typ I, II und III. Die intrakapsulären Vier-Segment-Frakturen (C III) sind die Problemfrakturen mit der schlechtesten Prognose.

Schweiberer empfiehlt, von dieser Einteilung ausgehend, analog zu Neer alle Brüche der Gruppe A konservativ zu behandeln. Dies gilt auch für die Frakturen der Gruppen B und C, die durch sorgfältige Reposition in die Gruppe A überführt werden können [43].



Modifizierte Klassifikation der Humeruskopffrakturen. Gruppe A = extrakapsulär ohne Dislokation; Gruppe B = extrakapsulär mit Dislokation; Gruppe C = intrakapsulär (anatomischer Hals) mit oder ohne Dislokation. Unterteilung in 2-3-4-Fragmente, unabhängig welches Fragment betroffen ist. Diese Einteilung gilt auch für die Luxationsfrakturen. Frakturen im anatomischen Hals (Typ C) haben die schlechteste Prognose.

Abbildung 6: Klassifikation nach Schweiberer [43]

4.4. Klassifikation nach WEIGAND et al.

Diese Klassifikation folgt ebenfalls der Vier-Segment-Einteilung nach der Klassifikation von Neer. Es wird zunächst die Stellung des Kopfes nach den Kriterien luxiert oder nicht luxiert beurteilt. Weiter ist die Anzahl der frakturierten und dislozierten Segmente entscheidend. Insgesamt besteht die Gliederung aus 17 Untergruppen [142].

Gruppe A

*Typ I - Minimal verschobene Fraktur**Typ II - Zweifragmentfraktur*

- a. Abscherung des Kopfsegmentes
- b. Abriß des Tuberculum majus
- c. Abriß des Tuberculum minus
- d. Fraktur am Collum chirurgicum
 1. Eingestauchte und abgewinkelte Fraktur
 2. Instabile Fraktur
 3. Trümmerfraktur

Typ III - Dreifragmentfraktur

- a. Abriß des Tuberculum majus und Fraktur am Collum chirurgicum
- b. Abriß des Tuberculum minus und Fraktur am Collum chirurgicum

Typ IV - Vierfragmentfraktur

Einteilung der Frakturen des proximalen Humerusendes.

Gruppe B

Typ I - Luxationsimpressionsfraktur

- a. Vordere Luxation mit dorsokranieller Impression
- b. Hintere Luxation mit ventromedialer Impression

Typ II - Zweifragmentluxationsfraktur

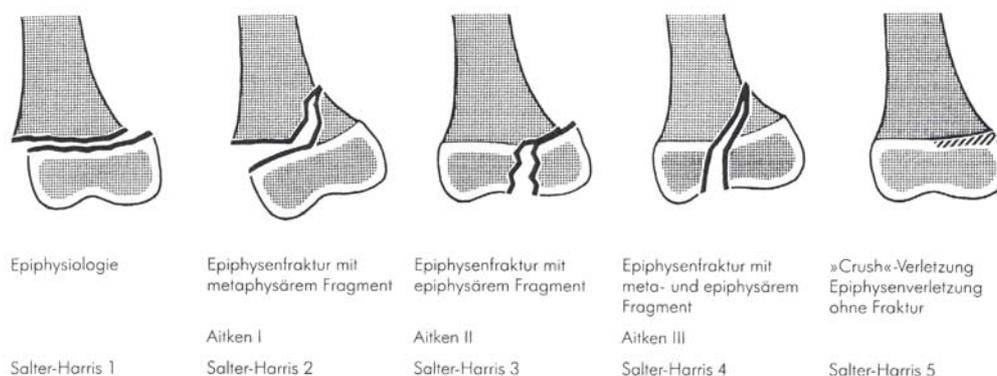
- a. Vordere Luxation mit Abriß des Tuberculum majus
- b. Hintere Luxation mit Abriß des Tuberculum minus

Typ III - Dreifragmentluxationsfraktur

- a. Vordere Luxation mit Abriß des Tuberculum majus und Fraktur am Collum chirurgicum
- b. Hintere Luxation mit Abriß des Tuberculum minus und Fraktur am Collum chirurgicum

*Typ IV - Vierfragmentluxationsfraktur***Abbildung 7: Klassifikation nach Weigand [142]****4.5. Frakturen im Wachstumsalter****4.5.1. Klassifikation nach SALTER und HARRIS**

Die Epiphysenfugenverletzungen werden entsprechend der Prognose nach Salter und Harris in fünf Stadien eingeteilt. Bei den Stadien I und II ist das Stratum germinativum (die für das Längenwachstum verantwortliche Zone) der Epiphysenfuge unverletzt und die Prognose demnach gut. Bei den Stadien III, IV und V ist das Stratum germinativum verletzt, eine unsachgemäße Behandlung ohne exakte Reposition führt zur kallösen Überbrückung und einem partiellen Fugenverschluß [51].

**Abbildung 8: Einteilung der Epiphysenverletzungen [26]**

4.5.2. Klassifikation nach AITKEN

Diese Klassifikation wird in drei Gruppen eingeteilt. Die Klasse eins entspricht etwa der Klasse II von Salter und Harris, Klasse zwei kommt der Klassifikation III von Salter und Harris sehr nahe, und Klasse drei beschreibt die Klassifikation IV [51].

5. Verschiedene Therapiekonzepte

5.1. Konservative Verfahren

Indikationen für die konservative Therapie

Die primär stabilen und durch Reposition stabilisierten Humeruskopffrakturen werden in der Regel konservativ behandelt und heilen unter frühfunktioneller Therapie mit meist befriedigendem Ergebnis aus [9][17][71][85][122][149]. Die nur gering dislozierten und eingestauchten Frakturen durch das Collum chirurgicum können mit Verbänden erfolgreich ruhig gestellt werden [16][56].

Desaultverband

Die Indikation für Desaultverbände erstreckt sich über Schulterluxationsfrakturen, stabile subcapitale Frakturen und Epiphysenlösungen am proximalen Humerusende [56]. Der Desaultverband ist unkompliziert und problemlos anzulegen. Man befestigt zunächst ein unter der Achsel gelegenes Keilkissen und fixiert den Oberarm an den Rumpf. Zuletzt erfolgt die Fixierung des Unterarmes durch die eigentlichen Desault-Touren.

Wird der Verband zu eng angelegt, kann es zu Atembehinderungen kommen, ältere Patienten und besonders das Bestehen kardialer und pulmonaler Leiden stellen eine Kontraindikation für diesen Verband dar [56].

Nach Hermann et al. [52] wurden diese Bindentouren auch über die kontralaterale Schulter geführt.



Abbildung 9: Desaultverband [52]

Gilchristverband

Der Gilchristverband ist für wenig dislozierte subcapitale Humerusfrakturen geeignet. Er wird von einer Schlauchbinde von vierfacher Armeslänge gebildet [16].

Nach ungefähr zwei Drittel der Länge wird der Schlauch quer eingeschnitten und der Arm eingeführt. Das verbleibende kürzere Ende wird um den Hals des Patienten gelegt und bildet eine Schlaufe für das Handgelenk. Das längere Ende wird um den Rücken geführt und mit einer Schlaufe am distalen Oberarm befestigt [16].

Nach Hermann et al. ist der Gilchristverband ein Trikotschlauch-Verband, der den Arm in Desault-Stellung fixiert und den Oberkörper frei läßt [52].

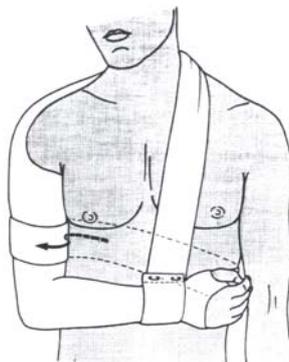


Abbildung 10: Gilchristverband [52]

Velpeauverband

Diese Art des Verbandes eignet sich für reponierbare, stabile Humerusfrakturen durch das Collum chirurgicum mit primärer Antekurvatur. Der Velpeauverband stellt auch eine Indikation für reponierte dorsale Humeruskopfluxationsfrakturen dar [56]. Im Gegensatz zum Desaultverband wird das Ellenbogengelenk spitzwinklig gebeugt. Mit zirkulären Touren werden Polster in beiden Axillen fixiert.

Eine Kontraindikation stellt diese Verbandsart bei Durchblutungsstörungen der betroffenen Extremität sowie bei älteren Patienten. Auch hier wird die Atmung behindert [56].

Nach Hermann liegt die Hand an der kontralateralen Klavikula (vgl. auch Velpeau-Stellung) [52].

„Gefahrpunkte sind die Überdehnung des N. ulnaris im Sulcus nervi ulnaris und die Drosselung der Gefäße in der Ellenbeuge durch die spitzwinklige Armhaltung.“ [52].



Abbildung 11: Velpeauverband [52]

Collar-and-Cuff Verband

Leicht verschobene und angulierte Humerushalsfrakturen wie auch viele andere Verletzungen kann man allen durch äußere Stützung zufriedenstellend behandeln. Zuerst sollte der Arm in einer Schlinge unterstützt werden. Wo die Lösung einer Einstauchung unerwünscht ist, ist eine breite Armschlinge zu bevorzugen (s.u.). Wo die Fraktur eine Einstauchung aufgegeben hat, kann in gewissem Rahmen eine Collar-and-cuff-Schlinge durch die Schwerkraft eine Abwinklung korrigieren.

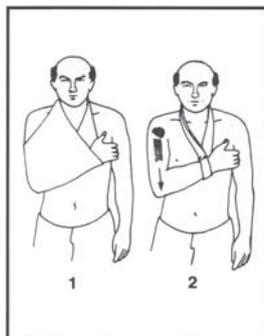


Abbildung 12: Collar-and-Cuff Verband [84]

5.2. Operative Verfahren

Die Darstellung einer Drahtcerclage des proximalen Humerus im Jahre 1775 [53] in einem französischen Journal ist als erste dokumentierte interne Fixation einer frischen Fraktur des Humerus anerkannt [30].

Eine erneute Übersetzung des Textes zeigt jedoch, daß diese Operation damals nicht wirklich stattgefunden hat, wenngleich dieses Verfahren auch schon zu dieser Zeit Thema lebhafter Diskussionen gewesen sein muß [30].

Die erste glaubwürdige Darstellung einer Osteosynthese frischer Frakturen stammt aus dem Jahre 1839 [30] und wurde von Flaubert of Rouen durchgeführt und von L. H. Laloy in *De la suture des os, The`se inaug.*, veröffentlicht Paris (1939).

Grundprinzipien der Osteosynthese

Schienung

Als Schienung wird das Anbringen eines steifen Implantates im oder am frakturierten Knochen bezeichnet. Das Implantat verringert dabei die Beweglichkeit der Fraktur. Man verwendet externe (z. B. Fixateure externe) und interne (z.B. Platte oder Marknagel) Formen der Schienung.

Das Verfahren der Schienung soll die reponierte Knochenform erhalten. Mit dem Implantat soll das nicht tragfähige Knochensegment überbrückt werden, bis der Knochen wieder in der Lage ist, die Belastung zu übernehmen [94].

Kompression

Bei einer Kompressionsosteosynthese kann am implantiertem Material eine effiziente Stabilisierung erreicht werden. Das Prinzip besteht darin, daß zwei Flächen (Knochen auf Knochen oder Implantat auf Knochen) aneinander gedrückt werden [94].

Am Beispiel einer Querfraktur in einem geraden Diaphysenknochen soll die axiale interfragmentäre Kompression gezeigt werden. Die Fraktur wird reponiert und eine gerade Platte angelegt. Ziel ist es, die Platte unter Zugspannung und den darunterliegenden Knochen unter Kompression zu bringen. An der Frakturstelle kann man jetzt beobachten, daß die Frakturlinie unter der Platte beinahe verschwunden ist, während auf der Platte gegenüberliegenden Seite der Frakturspalt noch gut sichtbar ist.

Diese „Spalte“ bedeutet Stabilitätsverlust, es kommt zu Mikrobewegungen mit konsekutiver Knochenresorption. Deshalb muß eine Platte überbogen werden, damit auch in der gegenüberliegenden Kortikalis Kompression erzeugt werden kann.

Die Biege- und Torsionsstabilität kann weiter erhöht werden, wenn zusätzlich eine Zugschraube durch die Platte eingesetzt wird. Die Kraft, die durch eine Zugschraube in der Frakturfläche erzeugt wird, übersteigt die durch eine Platte ohne Zugschraube erreichbare Kraft bei weitem [94].

Lagerung

Die Lagerung des Patienten ist ein weiterer Punkt bei der Operationsplanung. „Der Patient wird in der sogenannten „Beach-chair-Position“ (halbsitzende Position) gelagert“ [48].

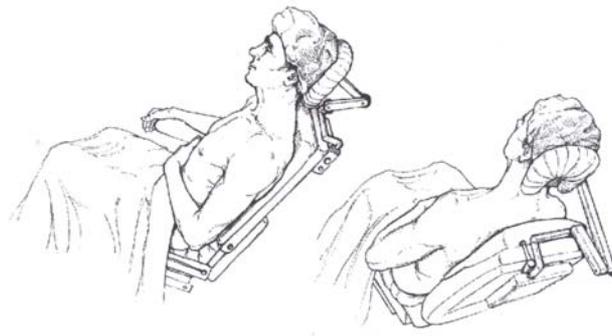


Abbildung 13: „Beach-chair“ Position [48]

Zugang

Der Standardzugang für eine Humeruskopffraktur kann am besten durch die Lücke zwischen M. pectoralis und M. deltoideus freigelegt werden [134]. Erweitert wird der Zugang durch ein Abtrennen des M. deltoideus von seinem Ursprung an Klavikula und Akromion. Dieser wird dann nach lateral geschlagen. So kann das Tuberculum majus schonend dargestellt werden [94].

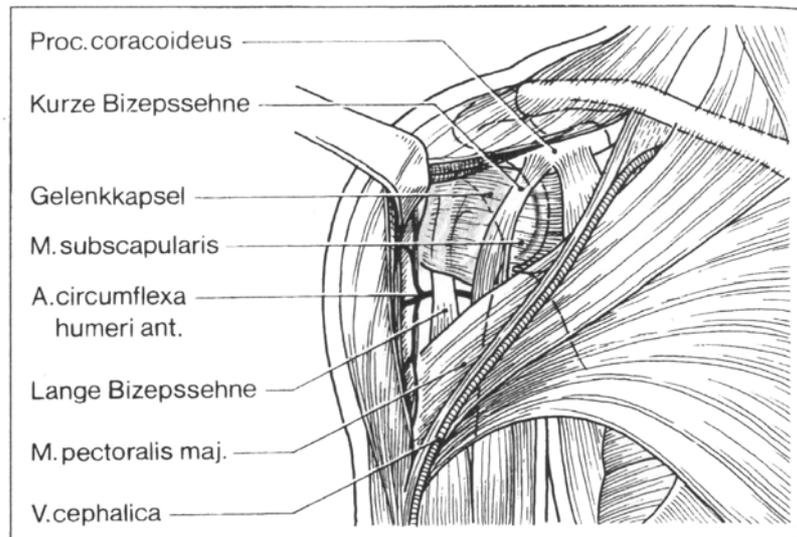


Abbildung 14: Darstellung des operativen Zugangs [26]

Indikation zur Osteosynthese

Absolute Operationsindikationen sind [138]:

- offene Humeruskopffrakturen,
- dislozierte Frakturen des Tuberculum majus, da sich dieses durch den Zug der Supraspinatussehne unter dem Akromion verkeilt,
- nicht reponierbare Luxationsfrakturen,
- Frakturen mit extremer Dislokation oder fehlendem Kontakt der Hauptfragmente nach erfolglosem Repositionsversuch,
- konservativ nicht reponierbare Frakturen infolge Interponat,
- irreponible und instabile Epiphysenlösungen und Epiphysenbrüche,
- pathologische Frakturen.

Eine weitergehende relative Indikation besteht für Müller und Walde [92] bei Verletzungen mit Adipositas, kardiorespiratorischer Insuffizienz oder Rippenserienfrakturen, da diese Patienten fixierende Verbände nur sehr schlecht tolerieren.

Im Mittelpunkt dieser Betrachtung steht zweifelsfrei die Fragen nach dem geeigneten Operationsverfahren. Insgesamt entscheidet immer der jeweilige Frakturtyp die Art des Vorgehens.

Es muß zwischen der Behandlung nach biologischen und mechanischen Prinzipien und den Bedürfnissen der Patienten abgewogen werden [73]. Geschlossene Verfahren haben ein geringeres Nekroserisiko. Bezüglich des Funktionsgewinnes haben operative Verfahren bei dislozierten Mehr-Segment-Frakturen jedoch eine bessere Prognose [42]. Biomechanik und Weichteilschonung müssen bei der Wahl des Implantates Berücksichtigung finden [43].

Die für Gelenk- und gelenknahe Frakturen anderer Skelettabschnitte gültige Forderung nach anatomischer Reposition und stabiler Fixation läßt sich am Humerus aus anatomischen und mechanischen Gründen nur bedingt realisieren. Größere Achsabweichungen können gegebenenfalls funktionell ausgeglichen werden [3][73][76].

Eine posttraumatische Arthrose zeigt oftmals in geringerem Maße die Folgen wie an den belasteten Gelenken der unteren Extremität [9][73][4].

Perkutane und offene Anwendung von Kirschner-Drähten

Nach Enes-Gaiao ist die Indikation und Technik der Spickdrahtosteosynthese bei subcapitaler Humerusfraktur speziell bei älteren Menschen gegeben [28]. „Die Patienten können den verletzen Arm am ersten postoperativen Tag bewegen, die geringfügigen Beschwerden durch die subcutan versenkten Drahtenden verschwinden in einigen Tagen.“[28]. Die vier wichtigsten Indikation stellt Enes Gaiao bei Patienten im hohen Lebensalter, bei stark dislozierten Frakturen mit Achsenfehlstellung, nicht retentierbaren Luxationsfrakturen und bei polytraumatisierten Patienten dar.

Siebler und Kuner beschreiben die Anwendung von Kirschner-Drähten auch bei Kindern. In ihrer Studie erhielten zwölf von 24 Patienten eine Bohrdrahtosteosynthese [127]. Die perkutane Anwendung der Kirschner-Drähte ist vorteilhaft, da sie Weichteile und Knochen schont.

Das Verfahren führt fast immer zur Übungsstabilität und ist besonders für Frakturen geeignet, die keine operative Freilegung erfordern und wo eine stabile Osteosynthese ohne offene Reposition zu erreichen ist [92]. Dieses Verfahren ist weiterhin sehr geeignet bei Patienten, die an Osteoporose leiden [85][138].

Nach Müller et al. [92] dauert die stationäre Aufnahme in der Regel 14 Tage bei perkutaner Drahtung und ungefähr drei Wochen bei offener K-Drahtung. „Die Drähte wurden im Mittel nach 9 Wochen entfernt“ [54]. Die ambulante Nachbehandlung dauert in beiden Fällen zehn bis zwölf Wochen.

Die Anzahl der verwendeten Drähte hat keinen Einfluß auf das Ergebnis. Es kann jedoch deutlich verbessert werden, wenn die Drähte von distal nach proximal eingebracht werden [67]. Der zuerst eingebrachte Draht dient der Reposition dislozierter Fragmente, wodurch selbst luxierte Humerusköpfe in ihre ursprüngliche Position gebracht werden können [3]. Eine weitleumige Punktionskanüle als Führung der K-Drähte kann Haut und Weichteile schützen und ein Abgleiten der Drähte an der Corticalis beim Einbohren verhindern [44].

Einer Studie von Imhoff et al. zufolge waren „deutliche Unterschiede des Frakturtyps in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht festzustellen“ [54]. Meist zeigen ältere

Patienten eine stärker eingeschränkte Funktion. „Ein signifikanter Unterschied in Abhängigkeit von der Operationsmethode läßt sich nicht finden, wobei allerdings die offene Versorgung oft aus der Schwierigkeit oder Unmöglichkeit der geschlossenen Reposition resultierte“ [54]. Insgesamt bezeichnet der Autor dieses Operationsverfahren als erfolgreich. Er findet keine signifikanten Unterschiede zwischen geschlossenem und offenem Vorgehen.

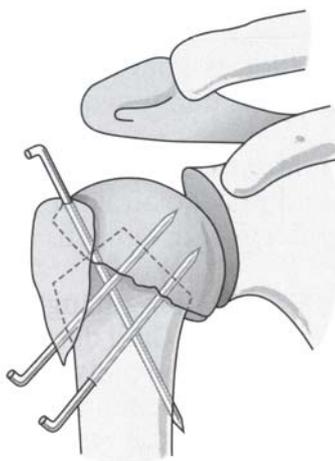


Abbildung 15: Anwendung von Kirschner-Drähten [51]

Kocialkowski zeigt, daß durch die hohe Inzidenz an Metallwandungen bei den glatten K-Drähten (40,9%) den Drähten mit Gewinde der Vorzug gegeben werden sollte [67]. Eine mögliche Wanderung birgt die Gefahr der Perforation [92][128][91]. Deshalb empfiehlt es sich die Drahtenden umzubiegen [3].

Schraubenosteosynthese

Schrauben finden entweder als Zugschrauben zur stabilen Fixation von Knochenfragmenten oder zur Befestigung von Platten am Knochen Verwendung [94]. Man unterscheidet die Art des Einbringens in den Knochen, ihre Größe und Funktion und die jeweilige Knochenstruktur, für die sie bestimmt sind. Weiter unterscheidet man nichtschneidende und selbstschneidende Schrauben, interfragmentäre Zugschrauben, kleine und große Kortikalisschrauben sowie Spongiaschrauben.

Die Kortikalisschrauben haben ein durchgehendes Gewinde und sind nicht selbstschneidend. Zuerst muß mit einem Gewindeschneider das Gewinde vorbereitet

werden. „Sobald der Schraubendurchmesser sich 40% des Knochendurchmessers nähert, nimmt die Haltekraft einer Schraube ab.“ [94].

Die Spongiosaschrauben sind durch einen relativ dünnen Kern und weites, tiefgeschnittenes Gewinde charakterisiert. Diese Schrauben haben eine beachtliche Haltekraft im lockeren spongiösen Knochen. Man führt das auf die Zunahme des Verhältnisses von äußerem Durchmesser zum Schaft zurück [94].

Spongiosaschrauben schneiden ihr Gewinde selbst, außer in sehr dichtem, junglichem Knochen oder ausnahmsweise in der Kortikalis, wo es vorgeschritten werden muß [94].

Schrauben mit durchgehendem Gewinde werden zur reinen Fixation von Platten verwendet. Spongiosaschrauben mit Teilgewinde benutzt man als Zugschrauben zur statischen Kompression. [94].

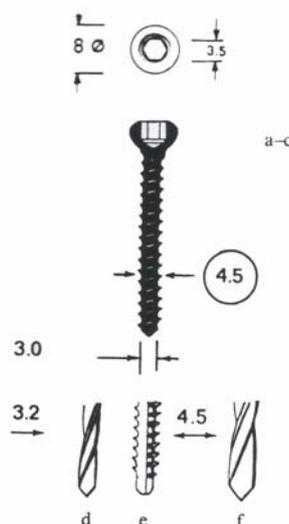


Abbildung 16: Spongiosaschraube mit 8-mm-Kopf [94]

Die Stabilität der Frakturmontage ist von zwei Faktoren abhängig, einerseits von der Plattensteifigkeit und andererseits von der Haltekraft der Schrauben im Knochen. Die effektivste Art, eine rigide Fixation zu erreichen, besteht darin, sie auch unter Kompression zu setzen. Eine Kompression der Fragmente kann erzielt werden, wenn die Schraube senkrecht zur Frakturbene eingebracht wird. Dies hängt jedoch jeweils vom Schraubentyp ab.

„Das Gewinde einer Zugschraube greift nur in der gegenüberliegenden Kortikalis, während in der Kortikalis unter dem Schraubenkopf keine Verankerung erfolgt, sei es,

daß die Schraube einen gewindelosen Schaft besitzt, oder das Bohrloch der nahen Kortikalis gleich oder größer ist als der äußere Schraubendurchmesser“ [94].

Beim Anziehen wird das Fragment an das schraubenkopfnahes Fragment gedrückt. Beachtenswert ist, daß die Schraube im kopfnahen Fragment nur durch den Schraubenkopf gehalten wird. Entweder kann hier eine Schraube mit partiellem Gewinde verwendet werden oder man bohrt das kopfnahes Schraubenloch zu einem Gleitloch auf. Zugschrauben schonen ausreichend die Weichteile, bieten jedoch nur wenig Halt im spongiösen Knochen Erwachsener. Sie eignen sich aber für die kompakte Spongiosa Jugendlicher mit geschlossener Epiphysenfuge [141][73][92].

Eine Rotationsstabilität kann durch alleinige Anwendung dieser Schrauben nicht erzielt werden. Der Indikationsbereich dieser Schrauben liegt bei der interfragmentären Kompression stufenfrei rekonstruierter Fragmente im Gelenksbereich und bei der Fixation eines abgerissenen Tuberculum majus. Hier ermöglichen die Schrauben eine frühfunktionelle Nachbehandlung. Abrißfrakturen sind ebenfalls für die Zugschraubenfixation geeignet [94]. Die Schraubenosteosynthese zeigt ein stabiles Bild, jedoch kann es hier eher zu Mikrobewegungen im Knochen kommen. Diese Bewegungen sollen der Frakturheilung helfen.

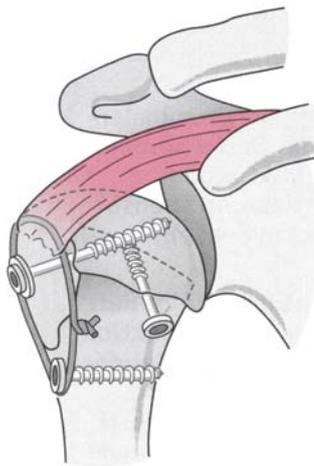


Abbildung 17:

Abrißfraktur des Tuberculum majus versorgt mit Spongiosaschrauben in Kombination mit einer Zuggurtung [51]

Zuggurtung mit Drahtcerclage

Technisch werden zwei parallele Kirschner-Drähte (zur Adaption) und eine achtertouriger Draht (zur Erzeugung des Zuggurtungseffektes) verwendet. Dieser Verfahren ist biomechanisch elegant und wenig traumatisierend. Bevorzugt wird die Zuggurtung am Olekranon und am Innenknöchel angewandt [26].

Wörsdörfer [146] favorisiert als Alternative zur K-Draht-Osteosynthese beim älteren Menschen die Zuggurtungsosteosynthese. Jaberg [55] bevorzugt bei Problemfrakturen des proximalen Humerus Schrauben- beziehungsweise Zuggurtungsosteosynthesen. Isolierte Abrißfrakturen des Tuberculum majus können auch mit einer Drahtcerclage versorgt werden, die die Zugkräfte neutralisiert. Dies wird bei osteoporotischem Knochen empfohlen [128][77][133].

Die Zuggurtung erzeugt die Kompression durch die dynamische Komponente der funktionellen Belastung, indem auftretende Zugkräfte in Druckkräfte umgewandelt werden [94]. Da das Osteosynthesematerial nur sehr wenig Raum beansprucht, stellt es kein mechanisches Hindernis bei Bewegungen im Schultergelenk dar [139]. Krankengymnastik ist in vollem Umfang möglich.

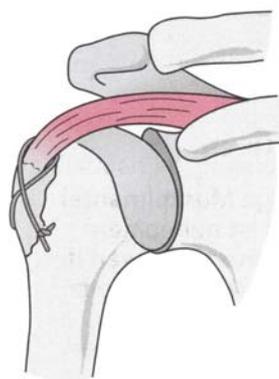


Abbildung 18:

Abrißfraktur des Tuberculum majus mit einfacher Zuggurtung versorgt [51]

Eine Metallentfernung muß je nach Alter des Patienten abgewogen werden. Nach Vukov et al. [139] lassen sich auch nach Jahren keine Veränderungen beim anliegenden Knochen und benachbarten Weichgewebe nachweisen. Beim jungen Patienten

empfiehlt sich die Metallentfernung. Alternativ zu den Metalldrähten empfehlen Ochsner und Ilchmann resorbierbare Kordeln aus Polydioxanon. „Klinisch und radiologisch konnte zwischen der Patientengruppe, die mit Draht versorgt wurde und der Patientengruppe mit Kordel kein Unterschied festgestellt werden. Insbesondere fanden wir keinen negativen Einfluß der Kordel auf die Kopfnekroserate und auf die sekundäre Dislokation“. Eine belastende Nachoperation entfällt hier [104].

Die alleinige Zuggurtung findet bei isolierten Tubercula-Abrissen Anwendung [139][144]. Eine Kombination mit Kirschner-Drähten oder Spongiosaschrauben erweitert die Indikation auf alle Frakturen der Neer-Klassen IV-VI [141]. In dieser Kombination konnten Walz et al. in über der Hälfte der Mehr-Segment-Frakturen befriedigende bis gute Ergebnisse erzielen [141].

Den Behandlungsergebnissen von Habermeyer et al. [43] zufolge führen die Plattenosteosynthesen zu wesentlich häufigeren Kopfnekrosen als die sog. Miniimplantate wie Schrauben, Zuggurtung oder Kirschner-Drähte.

Plattenosteosynthese

Die verwendeten Platten bei der Plattenosteosynthese unterscheiden sich durch ihre Form und Funktion. Sie können als Schutz-, Zuggurtungs-, Kompressions-, Neutralisations- oder Abstützplatten eingesetzt werden.

Werden Zugschrauben mit einer Platte kombiniert, so übernimmt die Platte die Neutralisationsfunktion, für die interfragmentäre Kompression bleibt weiterhin die Zugschraube verantwortlich [94]. Die Abstützplatten sind relativ dünn und dienen zur Abstützung der metaphysären Kortikalis, insbesondere bei Spongiosadefekten.

Die Technik der Platte besteht in einem sparsamen Freilegen der beiden Hauptfragmente, einer offenen Reposition und einer meist überbrückenden Plattenmontage. Bei einer gelenkbildenden Fraktur wird gleichzeitig die Gelenkfläche stufenlos rekonstruiert, falls notwendig, wird eine Unterfütterung mit Spongiosa vorgenommen.

Die Plattenosteosynthese ist stabil in Konstruktion und haftet zu einem größeren Anteil am Knochen, doch kann es durch die größere Fläche am Knochen zu vermehrter Osteoporose unter der Platte kommen („stress-protection“).

T-Platte

Die T-Platte wird meist als Abstützungsplatte, gelegentlich auch als Zuggurtungsplatte eingesetzt und von verschiedenen Autoren als Standardverfahren für die Osteosynthese der proximalen Humerusfrakturen angesehen [85]. Die Anbringung sollte von lateral an den Humerus geschehen.

So kann sie ihre Zuggurtungswirkung voll entfalten [92] und blockiert nicht die lange Bizepssehne im Sulcus intertubercularis.

Bleibt ein Spalt zwischen Platte und Knochen, wird die Kraftübertragung weitgehend durch die Platte übernommen. Die Stabilität einer solchen Frakturmontage ist einerseits abhängig von der Rigidität und andererseits von der Haltekraft der Schrauben im Knochen.

Bei voller Belastung über einen längeren Zeitraum kann eine derartige Fixation infolge Überbelastung und Materialermüdung nachgeben [94].

Die durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes beträgt bei T-Platten-Osteosynthesen 18 Tage. Eine ambulante Weiterbehandlung ist in der Regel für 22 Wochen nötig [92].

Insgesamt betrachtet entscheidet immer der jeweilige Frakturtyp die Art des Vorgehens. Besteht beispielsweise eine ausgedehnte subcapitale Trümmerzone, so bewährt sich am ehesten nach Szyszkowitz immer noch die T-Platte [134].

Einer Studie von Lill et al. zufolge, wurden 48 Patienten mit einer T-Platte operativ nach einer proximalen Humerusfraktur versorgt. Die durchschnittlich postoperative Komplikationsrate beläuft sich hier auf 21%, drei Patienten ein Hämatom oder Weichteilinfektion davon trugen, sechs Patienten erlitten eine Metallockerung und eine Patient entwickelte eine Pseudarthrose [81]. Meißner [85] berichtet, daß keine Übungsstabilität erreicht werden kann, da es zu Auslockerungen der Schrauben käme. Beim gesunden Knochen ist die T-Platte durchaus geeignet, so daß eine übungsstabile Osteosynthese erzielt werden kann, so beschreiben Hawkins et al. und auch Jaberg et al. [45][55]. Dies ermöglicht eine frühzeitige Mobilisation und beugt somit einer Einsteifung der Schulter vor [87].

Wiedemann et al. konnten zeigen, daß der Operationszeitpunkt neben dem Frakturverlauf und dem Operationsverfahren den stärksten Einfluß auf das Gesamtergebnis der Therapie ausübt. Es werden bei Versorgung innerhalb der ersten 24

Stunden insbesondere bei Vier-Segment-Frakturen bessere Resultate im Vergleich zu späteren Operationszeitpunkten erzielt [145].

Der häufigste operationstechnische Fehler besteht in einem zu hohen Anlegen der Platte, was zu Impingement führt und eine Reoperation notwendig macht [105].

Die Platten sollten das Tuberculum majus nicht überragen [92]. Eine weitere Komplikation stellt das Eindringen von Schrauben in die Gelenkhöhle dar [87].



Abbildung 19: T-Platte, rechtwinklig [135]

Kleeblattplatte

Die Kleeblattplatte wird bei Tibiatrümmerfrakturen sowie bei proximalen Oberarmfrakturen eingesetzt. Der Kopfteil der Platte kann leicht der Knochenform angepaßt werden. Falls notwendig können auch eine oder beide Schultern der Platte abgezwickt werden [135].



Abbildung 20: Kleeblattplatte [135]

Winkelstabile proximale Oberarm-Platte

Das Problem der herkömmlichen Osteosynthese liegt in der fehlenden Winkel- und Längenstabilität der Schrauben gegenüber der Platte, so daß im osteoporotischen Knochen keine ausreichenden Stabilisierung des Kopffragmentes gegenüber dem Schaft zu erzielen ist [6]. Nach Kuner et al. und Lill et al. [73][81] kippen die Schrauben entsprechend der Einstauchung und Sinterung im Frakturbereich und lockern aus.

Seit einiger Zeit finden aber auch winkelstabile Platten Verwendung.

„Durch die winkelstabile Schraubenverankerung im Plattenlager und divergierenden Schraubenverlauf, welcher die ganze Breite des Kopffragmentes nutzt, wird bei der Winkelstabilen Proximalen Oberarm-Platte (WPOP) eine hohe primäre Stabilität erreicht“ [6].

Szyszkowitz [134] sieht eine Möglichkeit der Stabilisierung in der Instillation von Knochenzement in die Schraubenkanäle.

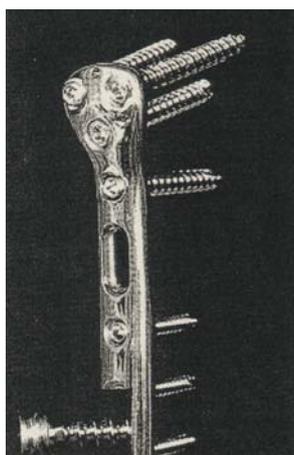
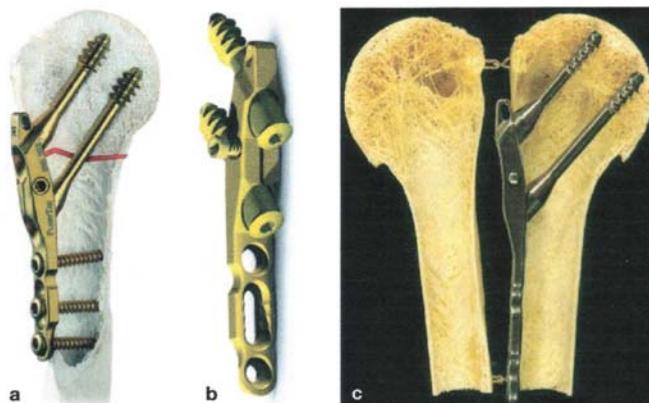


Abbildung 21: Die winkelstabile proximale Oberarm-Platte und der proximale Anteil einer 6,0 mm Spongiaschraube mit Kopfgewinde [6]

Mückter et al. berichten von einer Studie, in der sie ein Spezial-Implantat zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen angewandt haben. Für dieses wurde nach [88] der Anspruch einer uneingeschränkten postoperativen Übungsstabilität postuliert [89].



- a) Humerus-Fixateurplatte, montiert an einem Skelettknochen mit schematischer Darstellung einer Fraktur im Collum chirurgicum
- b) Fixateurplatte
- c) Humerus-Fixateurplatte angelegt an ein Skelettknochenpräparat mit fortgeschrittener Osteoporose

Abbildung 22: Fixateurplatte [89]

Der Vorteil dieses Implantates macht die Berücksichtigung der osteoporotischen Involution der Spongiosa im Bereich des proximalen Humerus aus. Die Schrauben der Platte sind so ausgelegt, daß sie genau in die noch verbliebene tragfähige Knochenstruktur der Humeruskopfkalotte eingreifen [89].

Die Indikation für diese Art der Platte waren nach AO-Klassifikation alle Frakturen im Collum chirurgicum der Gruppe A2 und A3 und B1-3. Ausgeschlossen wurden Frakturen im Collum anatomicum. Das Fazit dieser Studie beschreiben Mückter et al. [89] als ermutigend.

Besonders günstig ist die frühfunktionelle Übungsstabilität bei gleichzeitiger Schmerzreduktion, die gerade bei älteren Patienten eine rasche und intensive physiotherapeutische Nachbehandlung ermöglicht [89].

Klingenplatte

Dieses Osteosyntheseverfahren eignet sich besonders zur Fixation kleiner Kopffragmente, wie man sie beispielsweise bei Frakturen durch das Collum anatomicum vorfindet. Aufgrund der Seltenheit dieser Fraktur durch das Collum anatomicum sind jedoch nur wenige derart behandelte Fälle dokumentiert [2].

Eine Halb- oder Drittelrohrplatte wird winkelig vorgebogen, in das Kopffragment eingeschlagen und mit dem Schaft unter Kompression verschraubt [123].

Dieses Osteosyntheseverfahren stellt sich als sehr stabil dar und bietet die Möglichkeit einer ausreichenden interfragmentären Kompression über den gesamten Bruchspalt und erfüllt damit die Voraussetzung für eine Revaskularisierung des Kopffragmentes [2].

Die Klingenplatte ist überall dort verwendbar, wo eine sichere Fixierung und Rotationsstabilität unbedingt erforderlich ist und nicht durch weniger rigide Verfahren erzielt werden kann [123]. Eine weitere Indikation ist der osteoporotische Knochen alter Patienten. Hier würden die Schrauben einer T-Platte nur ungenügend Halt finden.

Eine Modifizierung dieses Verfahrens stellte Yamano vor, der eine Hookplatte benutzt. Hierbei werden zwei rechtwinklige Haken in das Kopffragment eingeschlagen und kleinere Fragmente mit einer Zuggurtung befestigt [149].

Externe Fixation

Diese auch von Kristiansen beschriebene Technik zeichnet sich durch ein geringes Risiko für neurovaskuläre Verletzungen, befriedigende Fragmentposition, ausreichende Stabilität, gute funktionelle Ergebnisse und eine niedrige Infektionsrate aus [69][70][71][72][94].

Die wichtigste Indikation für einen Fixateur externe sind die II° und III° offenen Frakturen mit schwerem Weichteiltrauma, infizierte Pseudarthrosen sowie Korrekturingriffe bei Achsenabweichungen und Längendifferenz [94].

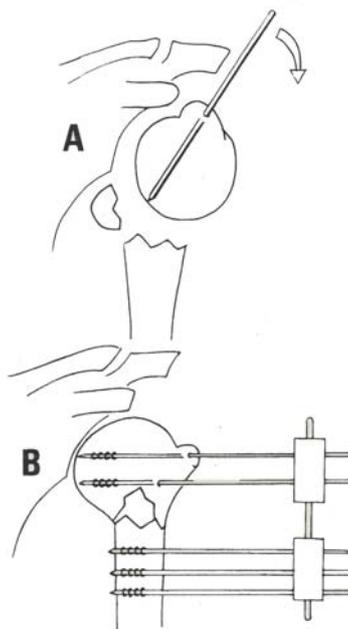
Gleichzeitige kann eine frühzeitige Schmerzfreiheit erzielt werden wie Brooks et al. [15] berichtet. Diese Art der Fixation bietet die Möglichkeit, Knochen und Weichteile weit außerhalb der Verletzungszone zu stabilisieren.

Der operative Zugang stellt sich so dar, daß innerhalb der „sicheren“ Weichteilzone der Fixateur externe so angebracht wird, daß er weder den Zugang für eine primäres Wunddebridement noch für sekundäre Eingriffe behindert [94].

Man verwendet fünf Steinmann-Nägel und einen Hoffmann-Fixateur. Zwei Nägel werden in den Humeruskopf und drei in den Schaft eingeführt. Der erste eingebrachte Steinmann-Nagel dient zusätzlich der Reposition. Nachdem die anderen Nägel eingebracht wurden, verbindet man sie mit dem Hoffmann-Fixateur [72].

Eine Weiterentwicklung dieses Gerätes stellt der Orthofix dar. Bei dieser dynamisch-axialen externen Fixation wird durch eine besondere Schraubengeometrie eine höhere Stabilität der Nägel erreicht [7].

Die Lokalisation der einzelnen Nägel in Abhängigkeit von dem Frakturtyp kann am Beispiel entnommen werden.



Displaced three-part fracture. *a*, Internal rotation of the head due to an avulsion of the greater tuberosity. *A*, Transcutaneous derotation of the head using a Steinmann pin. *B*, Reduction of the greater tuberosity using a Hoffmann half-pin. *C*, External fixation of fragments. *b*, External rotation and abduction of the head due to an avulsion of the lesser tuberosity. *A*, Transcutaneous derotation. *B*, External fixation.

Abbildung 23:

Dislozierte 3-Segment-Frakturen, Versorgung mit externer Fixation [72]

Nach Kristiansen wird in 69% der Fälle eine gute Reposition erzielt [72]. Alle Fälle von Pin-track-Infektionen und Metallockerungen traten in der Studie bei Patienten auf, bei denen eine anatomische Reposition nicht möglich war. Dies zeigt die große Bedeutung einer exakten Reposition [72].

Das Verfahren der transkutanen Reposition und externen Fixation sollte den Patienten ohne Osteoporose vorbehalten bleiben. Es eignet sich besonders für kooperative Patienten mit Frakturen, die zwar leicht geschlossen reponiert werden könnten, aber nicht stabil wären [75]. Da diese Behandlungsmethode bei vielen Patienten als störend

empfundener wird, kommt er hier nur noch sehr selten zu Anwendung, wie Kessler et al. berichten [66].

Bündelnagelung (mit elastisch vorgebogenen Markdrähten)

Die Bündelnagelung gehört zu den intramedullären Techniken. Man unterscheidet Techniken mit dünnen Implantaten, auch Markdrahtung genannt, und Techniken, bei denen die Markhöhle vollständig ausgefüllt ist. Auf Hackethal geht die Methode der Bündelnägel zurück, der die Markhöhle mit Bündelnägeln aufgefüllt hat und dadurch eine relativ stabile Fixation erreicht hat, so daß keine äußeren Maßnahmen zusätzlich notwendig waren [66]. Nach Kessler et al. können hiermit gute Ergebnisse erzielt werden [66].

Die Bündelnagelung eignet sich nach Müller und Walde für subcapitale Etagenbrüche, da durch Auffädung der Fragmente eine ausgedehnte Freilegung der Frakturzone vermieden wird [92].

Zur Verwendung kommen drei bis fünf elastische vorgebogene Markdrähte mit einem Durchmesser von 2 mm. Ihre Länge beträgt zwischen 24 und 32 cm. Das obere Ende, das am Humeruskopf zu liegen kommt, ist abgerundet und auf einer Länge von 2 cm um 15° vorgeschärft [150].

Die Kopfkalotte liegt medial und hinter der Längsachse des Schaftes. Das untere Ende weist eine flache, bogenförmige 2 cm lange Krümmung auf. Ein Führungsgerät erleichtert das Einbringen und ermöglicht eine gute Rotationskontrolle. Über ein Knochenfenster proximal der Fossa olecrani werden die Drähte so eingeführt, daß sich die unteren Enden durch ihre Vorkrümmung und die Elastizität des Materials an der Kortikalis verklemmen. Ein Herausgleiten nach distal und ein Verdrehen des Drahtes sind unmöglich.

Postoperativ wird der Arm in einem Gilchristverband für neun Tage ruhiggestellt. Nach der Verbandaufnahme beginnt der Patient mit einfachen Pendelübungen und krankengymnastischen Übungen. Nach etwa sechs bis acht Wochen darf beim jungen Erwachsenen eine freie Schulterbeweglichkeit erwartet werden [150]. Die Dauer der ambulanten Nachbehandlung beträgt abhängig vom Alter des Patienten zwischen sechs und vierzehn Wochen. Eine Ruhigstellung ist für die Dauer von zwei Wochen nötig [150].

Wie Zifko et al. feststellten, liegt der Vorteil der Markdrahtung in der Schonung des Weichteilmantels der Schulter. „In der Schultermuskulatur selbst kommen keine Drähte zu liegen“ [150]. Es kommt bei der gebräuchlichen Bohrdrähtosteosynthese häufig zu Drahtlockerungen und sekundären Dislokationen.

Verriegelungsnagel nach Seidel

Dieses Verfahren bietet eine hohe Stabilität und eignet sich für subcapitale Humerusfrakturen und Humerusschaftbrüche [125]. Das Verfahren zur intramedullären Schienung bietet die Stabilität der Kalluskonsolidierung und die Möglichkeit zur frühzeitigen Bewegungsübung [125].

Der Seidel-Nagel kann bei Patienten mit ungenügender Compliance sowie bei polytraumatisierten Patienten angewendet werden. Diese Patientengruppen zeigt nach Seidel bei externer Schienung gewöhnlich eine hohe Rate an Komplikationen wie verzögerter Frakturheilung, Pseudarthrosen und Radialisläsionen [125]. Die Risiken, die durch eine extensive Freilegung des Frakturgebietes bei Plattenosteosynthesen entstehen, entfallen hier [125].

Zur Verwendung kommt ein zylindrischer Nagel, dessen proximales Drittel in einem Winkel von 7.5° im Verhältnis zur Diaphyse steht. Dieser wird direkt hinter dem Tuberculum majus in die Markhöhle eingeführt. Eine Kopfkappe wird mit einer Schraube am proximalen Ende des Nagels befestigt und fixiert die Kopffragmente. Die einzelnen Ausleger der Kappe können individuell gebogen und gekürzt werden.

Die Verriegelung geschieht über eine intramedulläre Spreizung des Nagels an seiner distalen Spitze. Zwei weitere gekreuzte Schrauben verriegeln den Nagel proximal [121][125].

Nach der Operation kann sofort mit der funktionellen Übungsbehandlung begonnen werden. Nach sechs bis acht Wochen werden die beiden proximalen Schrauben und nach etwa drei Monaten das restliche Metall entfernt [125].

Kessler et al. [66] beschreiben, daß mit der Anwendung des Seidelnagels nachgewiesen wurde, daß Humerusfrakturen mit Vorteil einer Verriegelungsnagelung zugeführt werden können. Der Zugang zur Rotatorenmanschette werde aber unterschiedlich beurteilt.

Schratz et al. versorgen sehr proximale Frakturen mit dem Seidelnagel wegen der sicheren Verankerung des Nagels im proximalen Fragment mittels der Verrigelungsbolzen [121].

Einig Autoren wie z.B. Seidel [126] und auch Wahler et al. [140] halten Funktionsschäden an der Schulter für vermeidbar, andere gehen davon aus, daß Impingementsyndrome systemimmanent sind, wie beispielsweise Jensen et al. [60] und Ruf et al. [114].

Die intramedullären Verfahren werden von Schratz et al. gegenüber der Plattenosteosynthese wegen der biologischen Vorteile des Verfahrens, der tendenziell geringeren Rate an postoperativen Radialispareesen, der meist geschlossen durchführbaren Operation und des damit verbundenen unbestreitbaren kosmetischen Vorteils für den Patienten bevorzugt [121].

Barnes et al. berichten von Berstungen des distalen Fragmentes durch den Spreizmechanismus [5]. Anatomischen Studien zufolge kann bei der proximalen Verriegelung eine Schädigung des N. axillaris nicht ausgeschlossen werden [31][111].

Es ist empfehlenswert, lediglich die Haut zu inzidieren, den darunterliegenden Muskel vorsichtig stumpf bis auf den Knochen zu spreizen und beim Bohren zu retrahieren [10]. Es wurde über einzelne Radialisschäden berichtet [112].

Rush-Pins

Diese Technik der intramedullären Nagelung, die von Rush erstmals im Jahre 1955 beschrieben wurde, schildert das Einschlagen der Nägel von proximal [116]. Lentz und Meuser [79] empfehlen die Rush-Pin-Osteosynthese für Frakturen, die zwar geschlossen reponiert, aber nicht in dieser Stellung gehalten werden können.

Das Verfahren zeichnet sich durch kurze Operationszeiten und kurzen stationären Aufenthalt auf. Es kann aber weder eine ausreichende Rotationstabilität noch axiale Kompression erzielt werden. Außerdem kommt es häufig zum mechanischen Impingement an der Nagelaustrittsstelle [144].

Humeruskopf-Resektion

Die Humeruskopfresektion ist sehr umstritten, da die Nachteile zu überwiegen scheinen. Der Längenverlust und damit die Aufhebung des Rotatorenzentrums führt zu einer kraftlosen und schmerzhaften Verklemmung des proximalen Schaftes gegen die

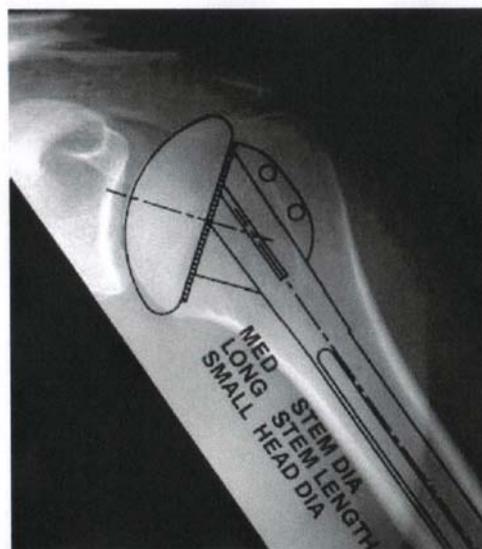
Glenoidfläche bzw. im Subakromialraum [43]. Selbst geschlossene Verfahren mit Reposition und Ruhigstellung führen zu besseren Endresultaten [42][133].

Bei der Erstversorgung sollte deshalb die operative Rekonstruktion auch bei einer zu erwartenden Humeruskopfnekrose angestrebt werden. Dies gilt besonders bei jüngeren, im Arbeitsprozeß stehenden Patienten [73]. „Die oftmals mit günstigem Ergebnis berichteten Einzelfälle werden durch kontrollierte Vergleichstudien eindeutig widerlegt [133].

Humeruskopf-Prothese

Der Humeruskopfersatz stellt die Funktion der Schulter rasch wieder her, „während aufwendige Osteosynthesen mit der Gefahr einer avaskulären Nekrose oder einer Pseudoarthrose einhergehen“ [148]. Eine Indikation zur Endoprothese ist die chronische Polyarthrititis [148]. Nach Heers et al. sind die Indikationen zum endoprothetischen Ersatz des Oberarmes bei Spaltungsbrüchen, Drei-Segment-Frakturen, bei älteren Patienten mit reduzierter Knochenqualität und sehr kleinem Kopffragment, Vier-Segment-Frakturen, Luxationsfrakturen, schweren Impressionsfrakturen, die mehr als 40-50% der Gelenkfläche betreffen und Frakturen des anatomischen Halses, bei denen eine Osteosynthese nicht möglich ist, gegeben [48]. Eine sichere Fixierung der Tubercula ist unumgänglich, um der Migration mit nachfolgender Frakturheilung in Fehlstellung vorzubeugen. Wird zuviel Knochensubstanz entfernt, gefährdet dies ein Wiederanwachsen der Tubercula an den Schaft [22]. Eine Verkürzung des Humerus schwächt den M. deltoideus und führt zu einer fortdauernden Subluxation [22]. Für die Funktionsfähigkeit der Prothese ist weiterhin eine möglichst anatomische Wiederherstellung der Rotatorenmanschette notwendig [64][87]. Die postoperative Ruhigstellung erfolgt für fünf bis 42 Tage, aber schon nach drei bis fünf Tagen kann mit passiven Bewegungsübungen begonnen werden [64][40].

Heers et al. beschreiben hier eine deutlich bessere Funktion des primären prothetischen Ersatzes [48]. Der prothetische Humeruskopfersatz wird als Ultima ratio bei in Fehlstellung verheilten Frakturen oder nach fehlgeschlagener Osteosynthese beschrieben und ist technisch anspruchsvoll und mit vielen Komplikationen behaftet [48].



Präoperative Planung bei Berücksichtigung der Gegenseite

Abbildung 24: Schulterhemiarthroplastik bei proximalen Humerusfrakturen [48]

Grundsätzlich unterscheidet man bei Humeruskopfprothesen zwei Modelle:

Designed After Natural Anatomy (DANA) und die 1973 eingeführte **Neer-II-Prothese** [100]. Diese Art der Prothese war lange Standard in der Schulterendoprothetik. Sie ist eine Monoblockprothese der ersten Generation, bei der zur Kombination verschiedener Kopfhöhen, Schaftlängen und Schaftdurchmesser viele verschiedene Implantate vorgehalten werden mußten [148]. Die moderne Schulterendoprothetik kann die normale Anatomie der Schulter sehr genau rekonstruieren, was eine Voraussetzung für eine optimale Wiederherstellung der Schulterfunktion ist [148][48].

Die endoprotetische Versorgung verläuft in wenigstens drei Schritten in der Wiederherstellung:

- der Oberarmlänge,
- der geeigneten Retroversionsstellung und
- des Kopfversatzes (Offset) sowie der Kopfgröße

Den Ergebnissen Heers et al. zufolge fanden sich bei Patienten, die eine Drei- und Vier-Fragment-Fraktur erlitten hatten, und primär mit einer Hemiarthroplastik behandelt wurden, „bei der Mehrheit der Patienten (70-80%) eine zufriedenstellende Schmerzreduktion“ [48]. Neer fand in seinem Krankengut bei 90% der Patienten eine Schmerzlinderung [100]. Aber nicht immer lag ein gutes funktionelles Ergebnis vor,

viele Patienten klagten postoperativ über eingeschränkte Beweglichkeit, besonders bei aktiver Elevation des Armes [34][118][131][147][151].

Bei älteren Patienten scheint die primäre Versorgung mit einer Humeruskopfprothese eine geeignete Alternative zu anderen Verfahren zu sein [13]. Erfahrungsgemäß ist nach Boss et al. eine verspätete prothetische Versorgung nach fehlgeschlagener konservativer oder operativer Therapie mit schlechteren Ergebnissen behaftet [13].

Bei der Entscheidung zur endoprothetischen Versorgung muß immer auch die zeitlich begrenzte Haltbarkeit berücksichtigt werden. Die Endoprothese wird zur Frakturbehandlung nur im fortgeschrittenen Lebensalter eingesetzt [26].

Arthrodesen

Eine operative Gelenkversteifung ist nur in ausgewählten Fällen indiziert und hat das Ziel, eine schmerzfreie Belastung zu ermöglichen. Dazu gehören eine zerstörte Rotatorenmanschette, schwere Weichteilschäden des Schultergürtels und Nervenläsionen in Verbindung mit einem mehrfach gespaltenen Humeruskopf [55]. Der Arm wird dann in 30° Abduktion, 30° Anteversion und 40° Innenrotation fixiert. Dies geschieht mit einer vorgebogenen Tibiaplatte, wobei zwei Schrauben als Zugschrauben in das Glenoid eingebracht werden. Die Mehrzahl der Patienten zeigte keine oder nur geringe Schmerzen [55].

Bosscha et al. beschreiben an einem Kasus eine angewendete Arthrodesen, die zeigt, daß der Patient trotz Funktionsbeschränkung völlig schmerzfrei ist und die Schulter im Berufsleben des Patienten einsetzbar ist [14].

Man kann bei dieser Technik das Erreichen von Mund, Nacken und Gesäß erwarten, wobei das subjektive Ergebnis in den meisten Fällen als befriedigend bis gut eingestuft wird [21].

5.3. Kindliche Frakturen

Kindliche Frakturen können weitaus häufiger konservativ behandelt werden als solche nach Wachstumsabschluß. „Die Fähigkeit zur spontanen Korrektur bedingt weit weniger strenge Anforderungen an die Exaktheit der Reposition, und die geringere Neigung des kindlichen Organismus zu posttraumatischen Gelenksteifen bzw. eine

Frakturkrankheit andererseits macht eine übungsstabile Osteosynthese weniger Häufig notwendig“ [26].

Beim wachsenden Skelett zeigt sich ein recht einfaches Wachstumsmuster. Die meist indirekt auf den Humerus einwirkende Kraft findet in der Epiphysenfuge eine natürliche Schwachstelle vor, an der es zur Fraktur oder Lyse kommt [1]. „Reine Lysen vom Typ Salter und Harris I sind dabei typisch für das Neugeborene und Kleinkind [24][117], während bei älteren Kindern die partiellen Lyse mit Ausbruch eines meist mesiodorsal gelegenen metaphysären Fragmentes überwiegt“ [1][127].

Beim Kind tangieren die peri- und intraartikulären Frakturen die Epiphysenfuge. Die Prognose dieser Verletzungen hängt davon ab, ob außer der Wachstumsfuge auch Epiphysenfuge oder Metaphyse betroffen sind [94].

Traumatische Epiphysenlösungen treten in jedem Lebensalter auf, in dem die Epiphysenfuge noch nicht geschlossen ist, hauptsächlich jedoch zwischen dem 8. und dem 14. Lebensjahr, da die Basalzellschicht in dieser Phase durch ein vermehrtes Hormonangebot gelockert ist [90][49]. Der typische Frakturmechanismus ist der Sturz auf den gestreckten Arm bzw. Ellenbogen, wie er beim Fahrradfahren oder Bodenturnen auftritt [90].

Der Grund für das Ausbleiben der schweren Fugenverletzung am proximalen Humerus könnte durch den kräftigen Muskelmantel sowie die große Bewegungsfreiheit des Humeruskopfes in der flachen Pfanne mit geringer Überdachung begründet sein [117][36][38].

Die Prognose dieser Frakturen wird als günstig angesehen [117][83][96]. Die Gründe hierfür sind:

- die unproblematische knöcherne Heilung, Pseudarthrosen sind nicht beschrieben,
- alle kindlichen proximalen Humerusfrakturen sind unterhalb des Tuberculum majus et minus lokalisiert; die für die Erwachsenenfraktur typische Problemzone im Bereich der Rotatorenmanschette wird nicht tangiert,
- mit einer bleibenden Schädigung der Wachstumsfuge ist nicht zu rechnen,
- das kindliche Skelett kann Achsenfehlstellungen im Laufe des Wachstum sehr stark korrigieren, der proximale Humerus bietet bezüglich einer Spontankorrektur um so günstigere Voraussetzungen, da die proximale Humerusepiphyse zu 80% der Länge für das Längenwachstums des Humerus verantwortlich ist [127].

Treten Wachstumsstörungen auf, die sehr selten sind, handelt es sich meistens um einen vorzeitigen Schluß im vorderen Fugenbereich. Die Folge ist dann eine Varusfehlstellung und eine Verkürzung des Oberarmes [76]. Operative Korrekturen dieser Fehlstellung sollten möglichst nicht vor Abschluß der Wachstumsphase durchgeführt werden, um alle spontanen Korrekturkräfte auszunutzen. Zudem sollte dies nur auf ausdrücklichen Wunsch des Patienten erfolgen [76].

Von Laer beschreibt sogar, daß Achsabknickungen in der Frontal- und Saggitalebene bis zu einem Ausmaß von 50-60° problemlos korrigiert werden, sofern die Kinder nicht älter als 12 Jahre sind [76]. Die Behandlung von Epiphysenlösungen hängt vom Alter des Patienten ab. Kinder unter zwölf Jahren werden bei Abkippungen bis 60° primär belassen und ruhiggestellt. Jenseits des zwölften Lebensjahres werden nur Fehlstellungen bis 30° nicht reponiert [76][49]. Die Ruhigstellung erfolgt in allen Altersgruppen bis zu einer Dauer von maximal drei Wochen im Desault- oder Velpeau-Verband. Anschließend wird die spontane Mobilisation vom Patienten selbst durchgeführt. Etwa zwei bis drei Wochen nach Beginn der Mobilisation ist meist eine seitengleiche Beweglichkeit vorhanden, so daß sportliche Tätigkeiten wieder aufgenommen werden können [76].

Kommt es zu einer instabilen Fraktur, so besteht die Indikation zu einer perkutanen, möglicherweise transakromialen, Kirschner-Drahtung mit zwei Drähten [94][33]. Dieses angewandte Verfahren schädigt die Epiphysenfuge weniger als ein öfter notwendiges Repositionsmanöver bei fortgeführter konservativer Therapie [90].

Armverkürzungen konservativer Behandlung sind die Folge einer belassenen Achsenfehlstellung, die sich im Verlauf des Wachstums auf Kosten der Länge korrigiert [83][96].

Von Laer beschreibt, daß bei jüngeren Kindern auch die Olekranonextension eine Möglichkeit ist, massiven Verkürzungen und Ad-latus-Verschiebungen vorzubeugen [76].

Das polytraumatisierte Kind stellt für Siebler et al. eine Ausnahmeindikation dar. Hier wird eine übungsstabile Plattenosteosynthese angewendet. „Bei frühzeitiger Metallentfernung ist eine Schädigung der Wachstumsfuge nicht zu erwarten [83].

Eine offene Reposition ist nur in Ausnahmen geboten, wenn zum Beispiel der Verdacht einer Weichteilinterposition besteht oder eine komplette Epiphysenlösung vom Typ

Salter Harris I mit erheblicher Dislokation vorliegt [127]. Hier hat sich die Adaptationsosteosynthese mit zwei oder drei Bohrdrähten bewährt. Die Drähte finden in der jugendlichen Spongiosa genügend Halt, so daß ein sekundärer Repositionsverlust bei anschließender Ruhigstellung im Thoraxabduktionsgips nicht zu erwarten ist. Ebenso wichtig erscheint die Nachbehandlung, die als postoperative krankengymnastische Übungsbehandlung konsequent und richtig durchgeführt werden sollte [85].

5.4. Komplikationen und Spätergebnisse in Abhängigkeit vom Osteosyntheseverfahren

Es wird zwischen zwei Arten von Komplikationen unterschieden, der Früh- und der Spätkompliation. Dazu gehören auch das Impingement-Syndrom und die Pseudarthrose.

Beim Impingement-Syndrom handelt es sich um eine Funktionsbeeinträchtigung des Schultergelenks durch Überbelastung. Es kommt zu zunehmender Einklemmung der Supraspinatussehne zwischen Tuberculum majus und Schulterdach.

Bei Bildung einer Pseudarthrose kommt es im Anschluß einer Fraktur zur falschen Gelenkbildung. Die knöcherne Überbrückung bleibt aus. Dies kann durch starke Dislokation bzw. Distraction, mangelhafte Ruhigstellung oder verzögerte Kallusbildung kommen. Bemerkbar macht sich eine Pseudarthrose durch abnorme Beweglichkeit und Belastungsschmerz [84].

5.4.1. Frühkompliationen

Frühkompliationen einer ausgewählten Therapieform sind besonders Infektionen. Die oberflächlichen Infektionen treten besonders bei perkutanen Osteosyntheseverfahren auf, wie zum Beispiel die Kirschner-Drahtung. Hier werden nach Kyle et al. [75] sogar Infektionsraten von 40% beobachtet. Durch sorgfältige Pflege und tägliche Reinigung der Nageleintrittsstellen und durch Verwendung einer antibiotischen Abdecksalbe soll das Infektionsrisiko gesenkt werden [70][94]. Bei der Anwendung eines offenen Osteosyntheseverfahrens empfiehlt die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) besonders die intraoperative mechanische Wundreinigung durch Spülung mit isotonischer Ringerlösung. Bei offenen Frakturen ist die Gabe von intravenösen

Antibiotika zur Infektionsprophylaxe erforderlich. Die lokale Applikation von Antibiotika zeigt sich hingegen nur wenig erfolgversprechend [94].

Die Gefahr einer Weichteilinfektion besteht auch im Übergreifen auf Knochenstrukturen. Dies kann sich innerhalb von zwei bis vier Wochen vollziehen [9]. Diese tiefen Infektionen werden jedoch deutlich seltener beobachtet und treten in 0 [87] bis 9,6% [73] der Fälle auf. Eine Häufung der tiefen Infektionen ist bei Verwendung der T-Platten-Osteosynthese beschrieben worden.

Röntgenologisch äußern sich die Knocheninfektionen durch Strukturveränderungen des Knochens, osteolytische Aufhellungen, periostale Begleiterscheinungen und Lockerungssäumen an den Implantaten [62]. Die Ostitis besteht solange, bis Sequester und andere Fremdkörper (so auch Implantate) entfernt werden. Kommt es zu keiner Behandlung, besteht die Gefahr einer Osteomyelitis mit folgenschweren Komplikationen. Der entstandene Knochendefekt sollte sekundär mit einer autologen Spongiosaplastik ausgeglichen werden [9].

Nach Osteosynthesen am proximalen Humerus kann es zu einer selteneren Komplikation kommen, der Nervenläsion. Betroffen sind meist der N. radialis und der N. axillaris. Die Häufigkeit dieser Läsion wird in der Literatur mit 0% bei Kristiansen [72] und mit 8,3% bei Brooks et al. [15] angegeben. Heers et al. [48] beschreiben sogar Nervverletzungen von 30% in ihrer Studie über die Hemiarthroplastik.

Die Gefahr für eine Nervenverletzung stellen der Hakenzug, bei dem es zu einer Reizung und einer übermäßigen Dehnung und im äußersten Fall zum Abriß kommen kann, und ein Abrutschen des Bohrers dar [150].

Eine weitere Frühkomplikation nach der Operation ist die sekundäre Dislokation. Sie tritt mit einer Häufigkeit von bis zu 22,5% [115] auf und ist meist durch ungenügende Fixation der Fragmente oder ein erneutes Trauma bedingt [72][70].

Rupf und Weise berichten über eine geringgradige Einschränkung des Armes trotz dieser Dislokation [115].

Zu den weiteren Komplikationen werden die Metallockerung und die Metallokomotion gezählt. Sie werden hauptsächlich bei der Kirschner-Drahtung beobachtet.

Bei der T-Platten-Osteosynthese sind der osteoporotische Knochen und besonders tiefe Infektionen häufig die Ursache für Schraubenlockerungen. Diese Lockerungen

erforderten bei Kristiansen und Christensen [68] in drei von vier Fällen eine Reosteosynthese, da eine stabile Fixierung nicht mehr als möglich erschien.

Die Subluxation ist eine Begleiterscheinung instabiler, dislozierter Frakturen im Bereich des Collum anatomicum und keine unmittelbare Folge des Traumas.

Nach Grafe et al. [41] heben die Frakturen im Collum chirurgicum die Vorspannung der Rotatorenmanschette und des M. deltoideus solange auf, bis eine Konsolidierung eingetreten ist. Bis dahin ist die Muskulatur nicht in der Lage, die Führung des Schultergelenkes zu übernehmen. So kann der Humeruskopf im Rahmen seines Kapselspielraumes von der Schwerkraft gezogen nach unten treten [41]. Unter normalen Umständen bildet sich die Subluxation unter krankengymnastischer Behandlung innerhalb von Wochen wieder zurück [129]. Siebler et al. [129] beschreiben weiter eine Subluxationsrate von 10% in einer Studie über 30 Minimalosteosynthesen des proximalen Humerus.

5.4.2. Spätkomplikationen

Die Heilungsbedingungen sind gut, da die starke Belastung der unteren Extremität fehlt, und, verglichen mit dem Unterarm, die Kontaktmöglichkeiten im Frakturbereich durch einen größeren Knochendurchmesser vorteilhafter sind [37]. Da es sich um Knochenbrüche handelt, kann durch Unterbrechung der einzigen Blutversorgung von distal eine avaskuläre Nekrose entstehen.

Die Nekrose ist eine der bedeutendsten Spätkomplikationen am proximalen Humerus und wird mit einer Häufigkeit von bis zu 59% beobachtet [47].

Kristiansen [69] beobachtete bei dieser Komplikation immer eine schmerzhafte Funktionseinschränkung, während Habermeyer und auch andere Autoren beschrieben, daß Jahre nach einer partiellen Kopfnekrose schmerzfreie Endresultate möglich seien [42][57].

Im Humeruskopfbereich sind Frakturheilungsstörungen in Form von Pseudarthrosen deutlich seltener als am Schaft und treten meist bei Mehr-Fragment-Trümmerfrakturen auf [37]. Die Häufigkeit dieser Komplikation wird mit 0% bei [92] und mit 3,6% [72] angegeben. Als Ursachen für die Heilungsstörungen werden nach konservativer Therapie mangelnde Reposition, Indikationsfehler und Hyperextension angegeben. Bei operativer Therapie bilden sich am häufigsten Frakturheilungsstörungen infolge

ungenügender Fixation aus, besonders dann, wenn zu kurze Platten verwendet werden. Weiter kann es bei ausbleibender Spongiosaplastik, bei Indikationsfehlern und falscher Materialwahl zu einer Pseudarthrose kommen [37].

Das Weichteiltrauma ist ein weiterer Aspekt der Spätkomplikationen. So führen Rasantraumen bei Verkehrsunfällen und primär offene Frakturen zu einem deutlich erhöhten Risiko für eine Heilungsstörung [39][37]. Auch eine Interposition der langen Bizepssehne kann als Ursache in Frage kommen [106].

Die hauptsächlichen Beschwerden äußern sich in zunehmenden Schmerzen und Fehlbewegungen, die alleinige Diagnose durch Radiographie ist selten [37]. Wenn nach vier bis sechs Wochen bei der Kontrolluntersuchung der Frakturspalt immer noch unverändert oder sogar deutlicher sichtbar sein sollte, so hat möglicherweise eine verstärkte Knochenresorption stattgefunden, die auf eine gestörte Frakturheilung hinweist [62]. Bei der Kallus-Betrachtung muß zwischen homogenem, scharfem Fixationskallus und dem wolkigen und unscharf gezeichneten Reizkallus unterschieden werden.

Ist nach vier Monaten immer noch eine verzögerte Frakturheilung festzustellen, so muß ein Zweiteingriff in Erwägung gezogen werden [62]. Die Therapie der Wahl ist bei Frakturheilungsstörungen die Kompressionsplattenosteosynthese [37] mit T-Platten, eine Spongiosaplastik kann zusätzlich erforderlich sein [62]. Die Knochenszintigraphie stellt eine weitere Diagnosemöglichkeit dar.

Bei langer Immobilisationsdauer kann es nach Humeruskopffrakturen durch Gelenkkapselverklebungen und Weichteiladhäsion zu einer deutlichen Bewegungseinschränkung im Schultergelenk kommen [106]. Müller und Walde [92] beschreiben eine Häufigkeit von 11,5%. Eine Therapie dieser Gelenksteife besteht in der kontinuierlichen krankengymnastischen Betreuung. Unter Umständen kann auch eine Narkosemobilisation erforderlich werden. Die Gefahr hier ist ein hohes Risiko der iatrogenen Infraktion bei zu gewaltsamem Vorgehen, ist jedoch einer offenen Arthrolyse vorzuziehen, da diese nur selten befriedigende Resultate liefert [106].

5.4.3. Typische Komplikationen im Kindesalter

„Die kindliche Fraktur wirft nicht, wie vielfach angenommen, größere, sondern andere Probleme auf, als die eines Erwachsenen“ [109]. Bei Kindern findet man häufig

Fehlstellungen und Armlängendifferenzen als postoperative Komplikationen. Achsabweichungen treten bis zu 9,5% der Kinder auf, bedürfen aber meist keiner Therapie, da sie im Verlauf des Wachstums weitgehend korrigiert werden [33].

Die Korrektur erfolgt meistens jedoch auf Kosten der Armlänge [127]. Siebler et. al. fanden eine Armverkürzung von mehr als einem cm bei vier von zwanzig Kindern. Keinem dieser Patienten war allerdings bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine Längendifferenz bewußt geworden [127].

Müller und Walde [92] berichten über 17,5% (n=57) sekundäre Dislokation bei perkutaner K-Drahtung. Weiter wird in einer Studie von Chmiel [18] über 15% Metallokomotion berichtet bei einer Patientengruppe von 120 Patienten. Die auffällige hohe Zahl der Kopfnekrose wird bei der offenen K-Drahtung mit 12,2% (n=41) und bei der Minimalosteosynthese mit 18,2% (n=132) beschrieben. Bei der Bündelnagelung treten vermehrt Metallockerungen (18,8%) und Metallperforationen (16,7%) auf, die Patientengruppe belief sich hier auf 48.

Bei Verwendung der T-Platten-Osteosynthese fiel das Ergebnis für die Kopfnekrose mit 26,3% (n=156) auffällig hoch aus. Bei Verwendung eines Fixateurs externe wurde bei 62 Patienten in 11,3% der Fälle eine oberflächliche Infektion festgestellt.

Zifko et al. [150] kommen in ihrer Studie über Bündelnagelung auf eine Metallockerung von 18,8% bei einer Perforationsrate von 16,7%. Die Untersuchungsergebnisse haben lediglich eine Pseudoarthrose-Rate von 2,1% zu verzeichnen.

5.4.4. Spätergebnisse bei der Bewertung nach dem Neer-Schema

Viele der Autoren legten das von Neer entwickelte Schema der Nachuntersuchung zugrunde. Die maximal erreichbare Punktzahl [97] ergibt sich bei diesem Schema aus den Angaben bezüglich Schmerz (max. 35 Punkte), Funktion (max. 30 Punkte), Bewegungsumfang (max. 25 Punkte) und anatomische Veränderungen (max. 10 Punkte). Eine Gesamtpunktzahl von mehr als 89 wird als hervorragendes Spätergebnis gewertet. Ein befriedigendes Ergebnis liegt bei einer Punktzahl zwischen 80 und 89 vor, ein unbefriedigendes Ergebnis bei 70 bis 79 Punkten. Bei einer Gesamtpunktzahl von unter 70 Punkten handelt es sich um ein Versagen der Operationsmethode. Desweiteren wird jedes Operationsergebnis, das mit erheblichem Schmerz einher geht, als Mißerfolg gewertet.

In der Literatur sind einige Ergebnisse beschrieben, die auf die Neer-Bewertungsskala zurückzuführen sind. So beschreiben Rupf und Weise [115] bei der offenen K-Drahtung bei 11,1% (n=27) der Fälle ein unbefriedigendes Ergebnis und bei 44,5% (n=27) sogar ein schlechtes Ergebnis. Chmiel [18] hat aufgeführt, daß die perkutane K-Drahtung mit 40,5% (n=47) schlecht verlaufen ist, Minimalosteosynthese, Plattenosteosynthese und Fixateure externe in der Nachuntersuchung zusammen mit der Draht-Cerclage gute Ergebnisse gezeigt haben.

Die Verwendung einer Kopfprothese zeigte in 41,3% (n=92) der Fälle in befriedigendes Ergebnis, bei der Kopfresektion waren in drei von vier Fällen die Resultate schlecht.

5.5. Zusammenfassung

Für einfache Humeruskopffrakturen ist die konservative, frühfunktionelle Behandlung die Methode der Wahl. Nur in Ausnahmefällen ist eine Osteosynthese erforderlich. Die Indikation ergibt sich aus dem Schweregrad der Verletzung oder den persönlichen Bedürfnissen des Patienten. Eine Osteosynthese soll damit ein ergänzendes und kein konkurrierendes Therapiekonzept darstellen.

Sollte eine Operation als notwendig erscheinen, so haben sich in der Literatur zwei Verfahren bewährt:

Die perkutane Spickdrahtosteosynthese

Die Anwendung stellt sich als risikoarm dar, führt fast immer zur Übungsstabilität und eignet sich besonders für ältere Menschen [92].

Die T-Platten-Osteosynthese

Dieses Verfahren eignet sich besonders für Luxationsfrakturen jüngerer Patienten oder polytraumatisierter Patienten.

Alternative Verfahren wie Humeruskopfresektion oder primärer endoprothetischer Ersatz sollten Ausnahmesituationen vorbehalten bleiben.

II. Ergebnisse der Studie

Die Fraktur des proximalen Humerus gehört zu den häufigsten Verletzungen, vor allem bei älteren Menschen. Bei der Entscheidung bezüglich der optimalen Behandlung spielen vor allem das biologische Alter, aber auch die Knochenstruktur sowie die individuellen Bedürfnisse der Patienten eine führende Rolle [29][95][107][134]. Bei vielen unkomplizierten Frakturen, die meist nur eine geringe oder gar keine Verschiebung aufweisen, kann eine konservative Ruhigstellung und eine funktionelle Therapie erfolgen [43]. Problematischer sind die Mehrfragment- und Trümmerfrakturen, die unter konservativen Behandlungsbedingungen meist unbefriedigend ausheilen und somit einer operativen Intervention bedürfen. Hier reichen die operativen Empfehlungen von der Minimalosteosynthese [73] bis zum primären endoprothetischen Humeruskopfersatz [40].

Ziel

Ziel dieser Arbeit ist es, aufbauend auf der Frakturklassifikation von C.S. NEER und der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (im folgenden AO-Klassifikation), mögliche Behandlungsverfahren darzustellen und Richtlinien für die Wahl eines möglichst rationellen operativen Verfahrens zu zeigen.

Patienten

Ausgewertet wurden die Krankenakten von 67 Patienten, die in dem Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 an der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie der Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster wegen einer proximalen Humerusfraktur behandelt worden sind. Zusätzlich wurden die ambulanten Akten und die Röntgenbilder der Patienten in die Auswertung mit einbezogen.

Zur Ermittlung der Langzeitergebnisse wurden alle der ausgewerteten Patienten zu einer Nachuntersuchung im Rahmen ihrer Fraktur eingeladen, von denen 44 Patienten erschienen sind.

Methode

Entsprechend der Zielsetzung dieser retrospektiven Studie wurden die Methoden der deskriptiven Statistik verwendet. Als EDV- System diente hier das Microsoft Office Programm 1997 mit den Anwendungen Ms Word, Ms Excel und Ms Access. Die Ergebnisse wurden in Tabellen, Diagrammen und Graphiken dargestellt.

Die einzelnen Frakturen wurden nach Neer und der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen klassifiziert. Anhand der Einteilung nach Neer konnte durch ein Punktesystem eine Auswertung erfolgen [98]. Zur Auswertung kamen die Krankenakten von 67 Patienten, die im Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 an der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität aufgrund einer Humeruskopffraktur oder einer subcapitalen Humerusfraktur versorgt wurden. Zusammen mit den stationären Krankenakten wurden auch die Ambulanzakten und die Röntgenbilder ausgewertet. Alle aufgenommenen Patienten wurden anschließend zu einer Nachuntersuchung eingeladen, die mit der Bewertungsskala nach Neer beurteilt wurde.

1. Epidemiologie

1.1. Häufigkeit

Im Zeitraum von 1991 bis 1998 wurden 67 Patienten in der Universitätsklinik in Münster wegen einer subcapitalen Humerusfraktur oder einer Humeruskopffraktur behandelt. In 13 Fällen handelte es sich um eine subcapitale Humerusfraktur, 54 der Fälle waren Humeruskopffrakturen.

1.2. Altersverteilung

Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der Behandlung lag bei 51,9 Jahren mit einer Spannweite von 10 bis 89 Jahren.

Das Alter der männlichen Patienten betrug durchschnittlich 42,3 Jahre (14-67), das der weiblichen Patienten 58,0 Jahre (10-89).

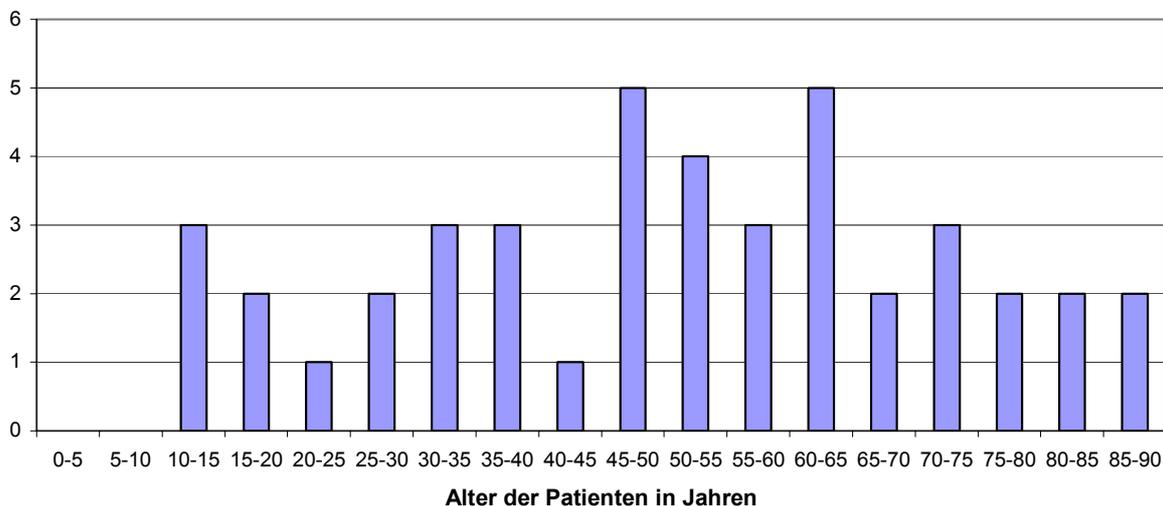


Abbildung 25: Absolute Häufigkeit der Humeruskopffraktur in 5-Jahres-Abständen

Betrachtet man die Altersabhängigkeit in Abhängigkeit vom Geschlecht, so fällt auf, daß der Altersgipfel in der männlichen Patientengruppe zwischen dem 35. und dem 46. Lebensjahr liegt.

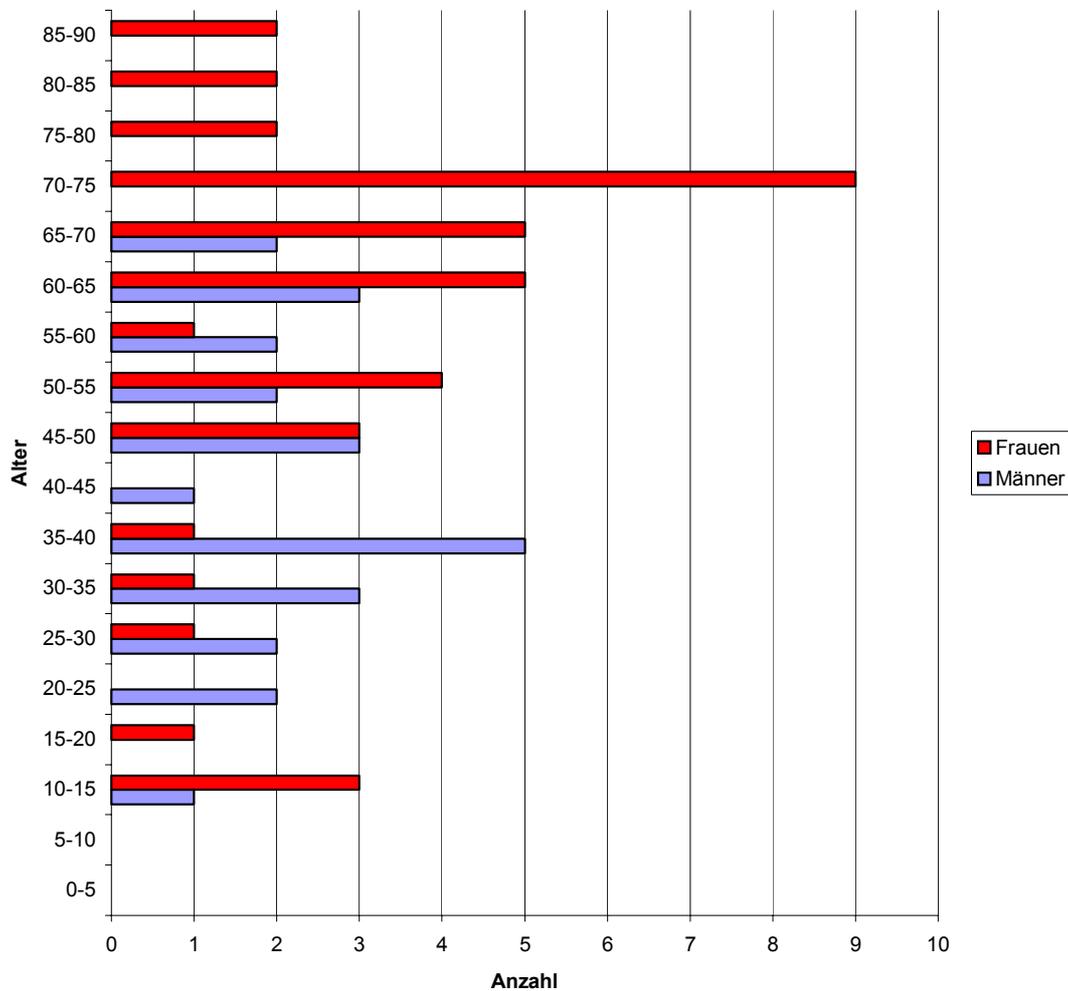


Abbildung 26: Absolute Häufigkeit der Humeruskopffraktur nach Alter und Geschlecht

Der Gipfel der Alterspyramide liegt bei den Frauen zwischen dem 64. und dem 73. Lebensjahr. Dieser Anstieg der Frakturhäufigkeit läßt sich dadurch erklären, daß in der Postmenopause eine Kalksalzminderung die Stabilität des Knochens herabsetzt und somit die Gefahr einer Fraktur erhöht [59].

1.3. Geschlechtsverteilung

Im untersuchten Krankengut lag ein signifikanter Unterschied in der Geschlechtsverteilung vor. In 26 Fällen handelte es sich um männliche, in 41 Fällen um weibliche Patienten (n=67).

1.4. Seitenverteilung

Bezüglich der Seitenverteilung zeigte sich ein deutlich nach links verschobenes Verhältnis. Der rechte Arm war bei 28 und der linke bei 39 Patienten betroffen. Von diesen 67 Patienten haben zwei männliche Patienten eine beidseitige Fraktur davongetragen.

2. Verteilung der Frakturen auf die Klassifikation

2.1. Klassifikation der ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR OSTEOSYNTHESEFRAGEN

Die Klassifikation der Frakturen nach dem Schema der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen erfolgte anhand der Röntgenaufnahmen und Operationsberichte sowie der Ambulanzakten. Aufgrund von unvollständiger Röntgendokumentation bzw. fehlender Röntgenaufnahmen konnte in drei Fällen keine Zuordnung erfolgen. Zwei der Frakturen waren kindliche Frakturen.

Die häufigste der Frakturen ist hier die C-3.3 Fraktur, ihr folgt die B-2.2 Faktur mit acht Patienten, A-2.2 ist sieben mal vertreten und A-1.3 fünfmal.

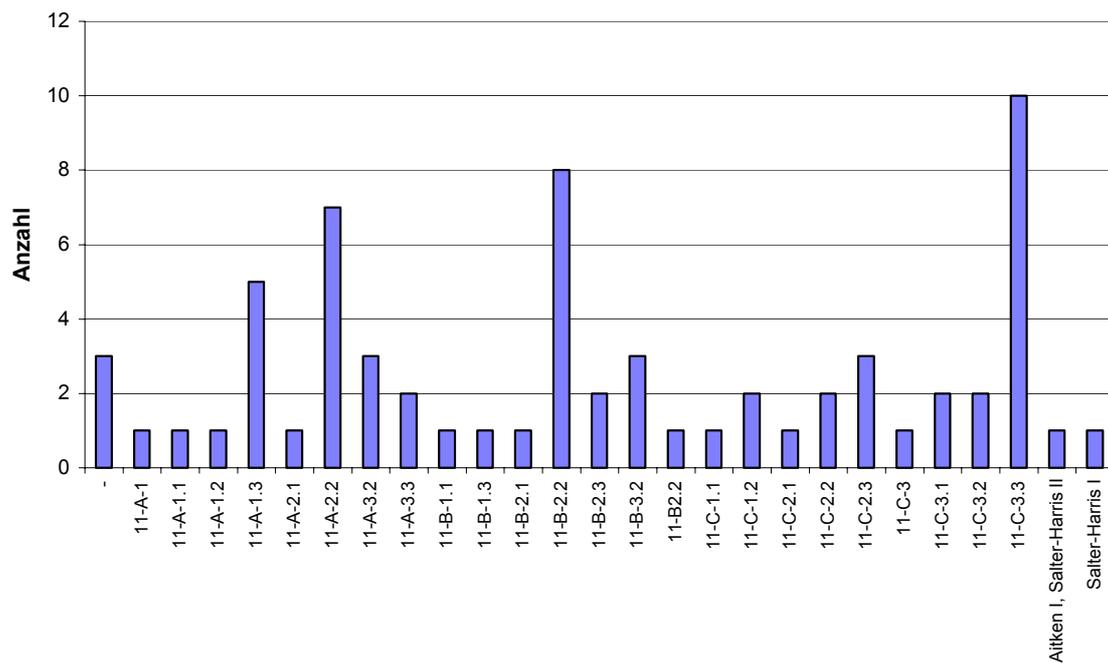


Abbildung 27: Verteilung der Frakturen auf die AO-Klassifikation

2.2. Klassifikation nach NEER

Die Einteilung der Frakturen nach der Neer-Klassifikation konnte bei 64 Patienten durchgeführt werden. In drei Fällen waren die Röntgenbilder zu Auswertung nicht verfügbar.

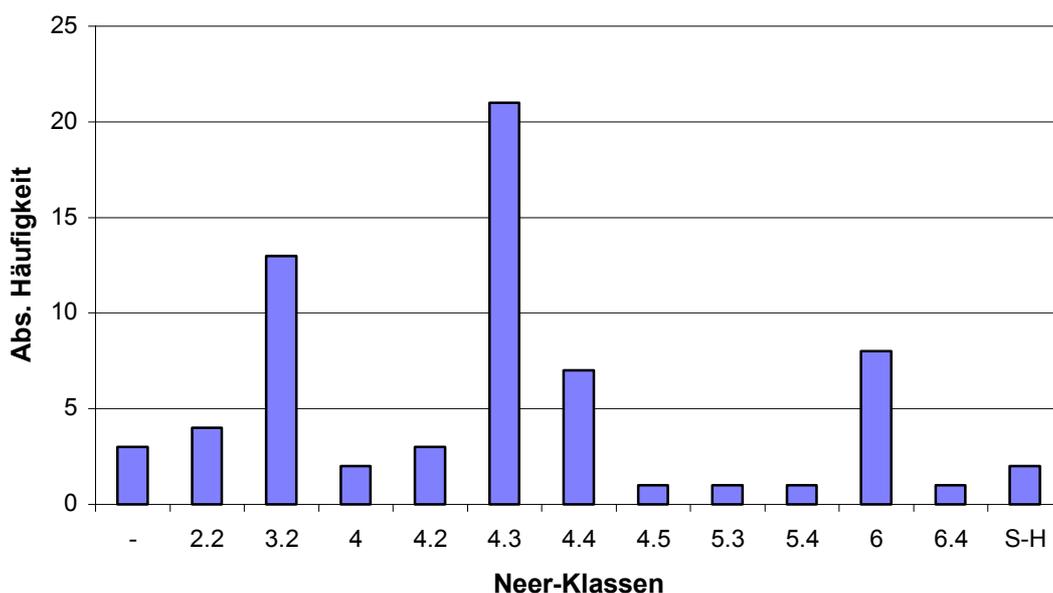


Abbildung 28: Verteilung der Frakturen auf die Neer-Klassifikation

Wie sich der Abbildung entnehmen lässt, ist die Drei-Fragment-Fraktur der Klasse IV die dominierende Fraktur. Am häufigsten ist also das Tuberculum majus abgerissen. Die zweithäufigste Fraktur ist die Fraktur durch den chirurgischen Hals, die Zwei-Segment-Fraktur der Klasse III. Mit sechs Frakturen ist die Frakturdislokation die nächst häufigere Fraktur. In unserer Studie gab es zwei Patienten, die sich das Tuberculum minus abgerissen hatten, dieses jeweils in Kombination einer Drei- oder Vier-Fragment-Fraktur. Ein solitärer Abriß kam nicht vor. Demgegenüber stellten sich drei Patienten mit alleinigem Tuberculum majus Abriß vor. Auffallend ist ebenfalls die geringe Häufigkeit von solitären Brüchen am Collum anatomicum. In unserem Krankengut konnten vier Patienten mit einer solchen Fraktur ermittelt werden.

2.3. Kindliche Frakturen: Klassifikation nach Salter/ Harris

Zwei der untersuchten Patienten waren zum Zeitpunkt ihrer Fraktur gerade zehn Jahre alt. Ihre subcapitalen Humerusfrakturen wurden nach der Klassifikation von Salter und Harris beurteilt. Es handelt sich hier um eine Salter/ Harris I Fraktur, die eine Epiphysiolyse beschreibt und eine Salter/ Harris II und Aitken I Fraktur. Hier ist eine

Lyse und ein metaphysäres Fragment vorhanden. In beiden Fällen kam es zu keiner Begleitverletzung.

2.4. Altersverteilung in den Segmentklassen

Die folgenden Grafiken zeigen die Altersverteilungen in Abhängigkeit von der Anzahl der betroffenen Segmente.

Aufgeteilt wurde nach Zwei-, Drei- und Vier-Segment-Frakturen und Luxationsfrakturen. Die kindlichen Frakturen und eine Fraktur mit fünf Segmenten wurden nicht in die Grafik mit aufgenommen.

Die Zwei-Segment-Fraktur kommt in nahezu allen Altersklassen vor. Eine besondere Häufung findet sich zwischen 45 und 60 Jahren, am häufigsten zwischen 60 und 65 Jahren. In dieser Altersklasse ist es in drei Fällen zu einer Oberarmfraktur gekommen.

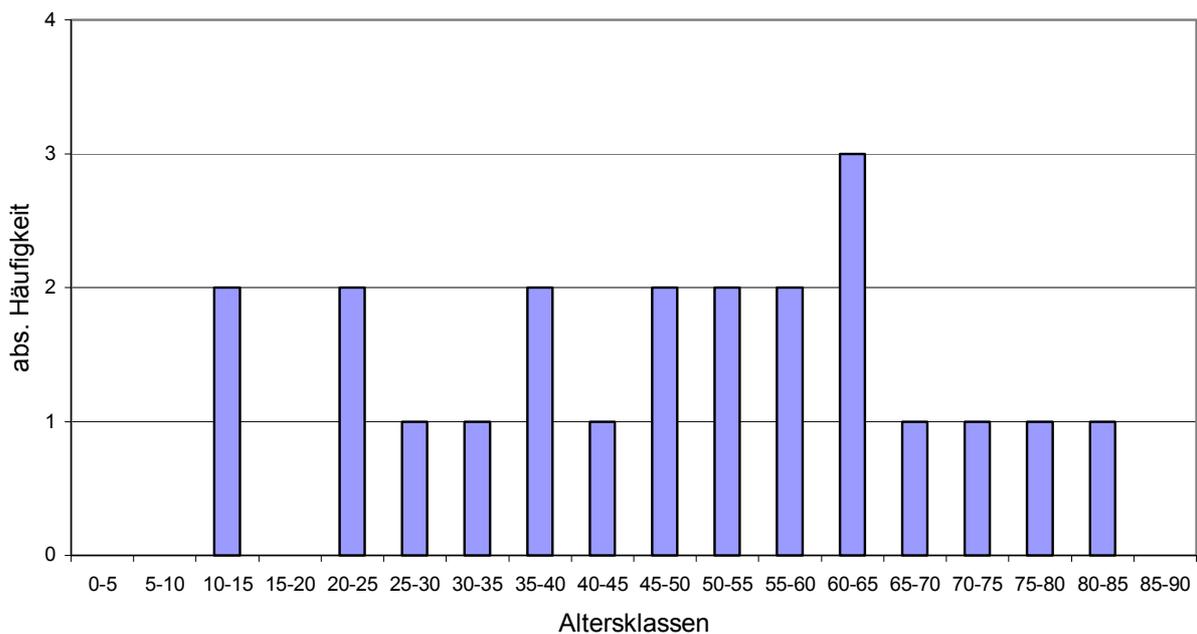


Abbildung 29: Altersverteilung der Zwei-Segment-Frakturen

Der Altersgipfel der Drei-Segment-Frakturen liegt zwischen 45 und 50 Jahren. Die komplizierten Vier-Segment-Frakturen sind typisch für den älteren Menschen. Eine besondere Häufung ist zwischen 70 und 75 Jahren zu vermerken. Von nur acht Frakturen befinden sich sechs zwischen 60 und 75 Jahren.

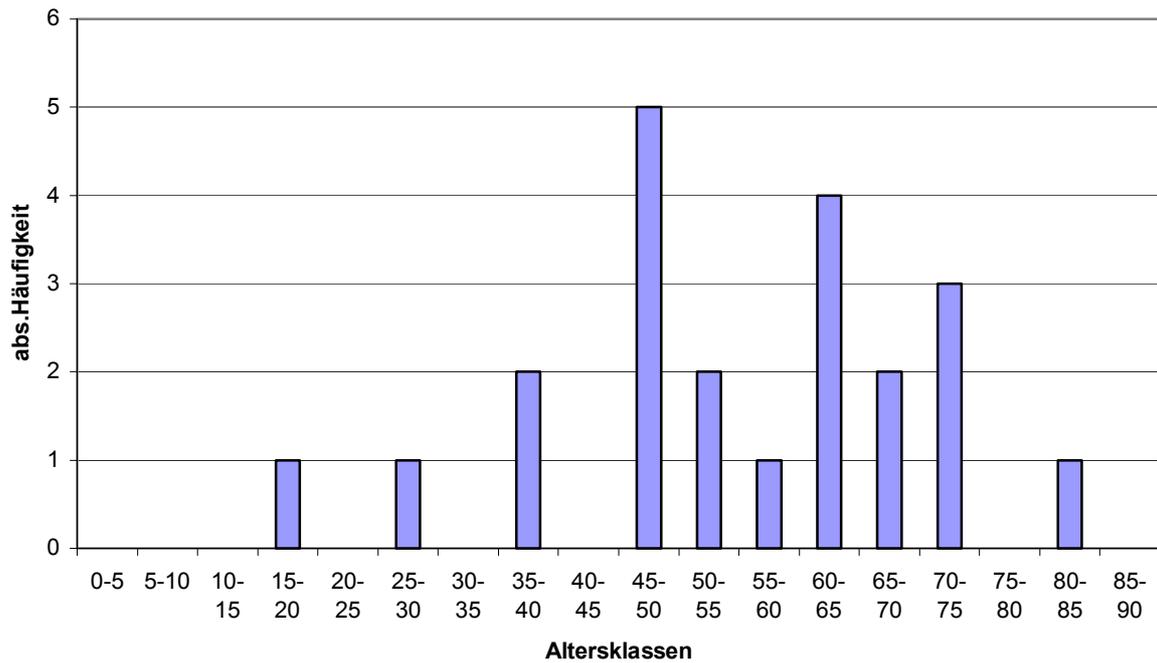


Abbildung 30: Altersverteilung der Drei-Segment-Frakturen

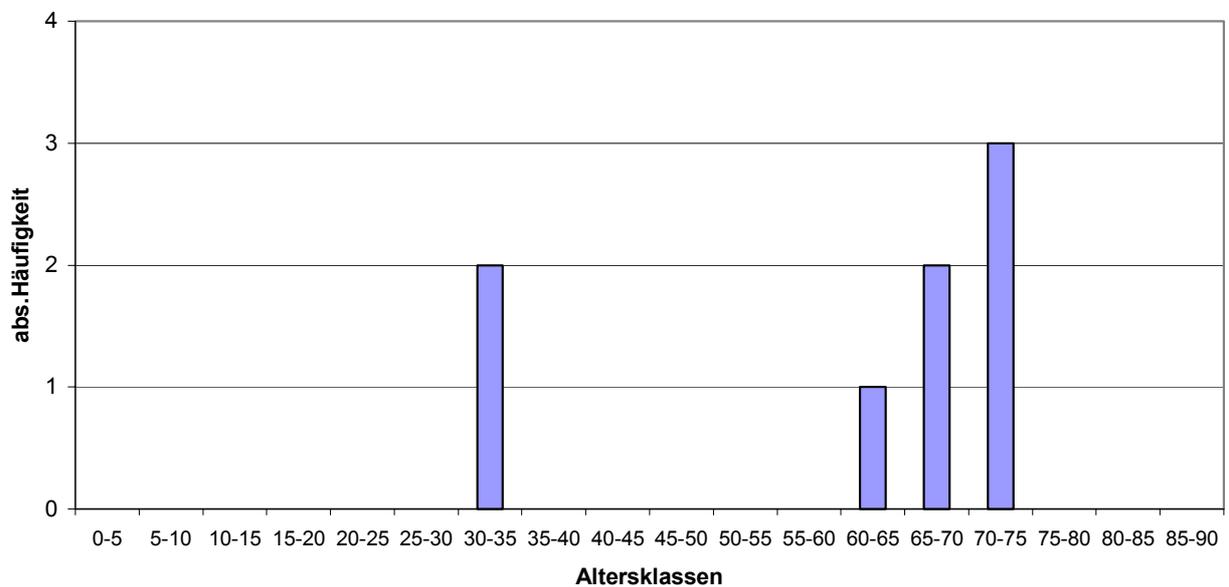


Abbildung 31: Altersverteilung der Vier-Segment-Frakturen

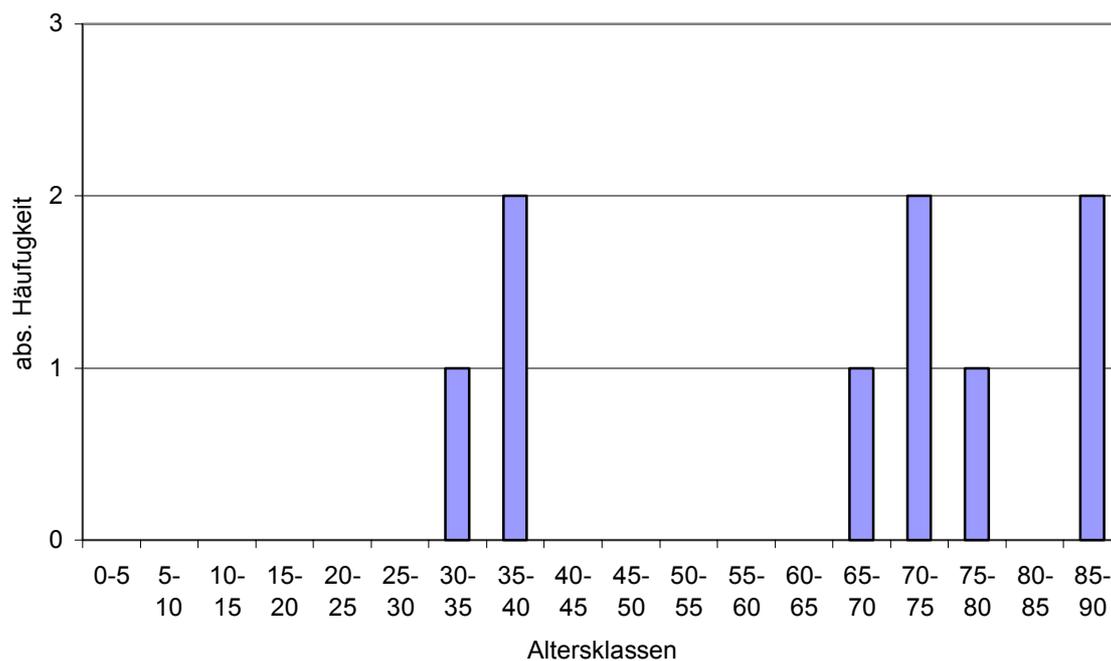


Abbildung 32: Altersverteilung der Luxationsfrakturen

Die Frakturen der nach Neer klassifizierten Gruppe 6 sind in unserer Studie mit neun von 67 Patienten recht häufig vertreten. Eine Häufung findet sich im Altersbereich von 65 bis 90 Jahren.

3. Unfallursachen

3.1. Unfallursachen insgesamt

Der häufigste Teil der Patienten verunfallte im Straßenverkehr (41%). Besonders waren Fußgänger und Fahrradfahrer betroffen. Die zweithäufigste Frakturursache war ein häuslicher Unfall in Form eines Sturzes (32%). Sport- und Freizeitunfälle folgten an dritter Stelle mit 9%. Bei drei Patienten lag ein Krampfanfall als Unfallursache zugrunde, zwei Unfälle ereigneten sich während der Arbeit und eine Unfallursache konnte nicht genau ermittelt werden.

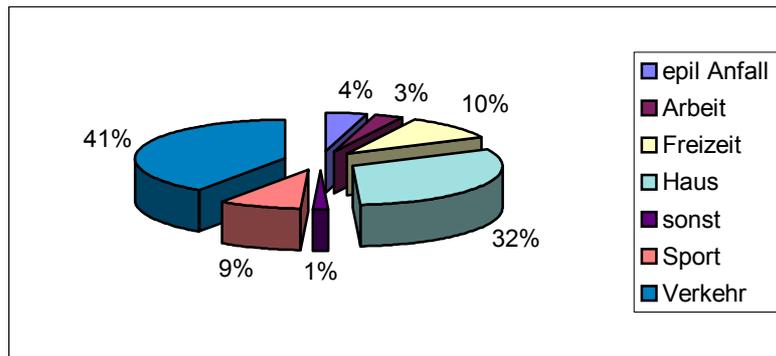


Abbildung 33:

Häufigkeiten der verschiedenen Unfallursachen (bei einem Patienten ist die Unfallursache unklar)

3.2. Geschlechtsabhängige Verteilung der Unfallursachen

Werden die Unfallursachen nach Geschlecht der Verletzten differenziert, so fällt der deutlich höhere Anteil an Männern bei Verkehrsunfällen auf.

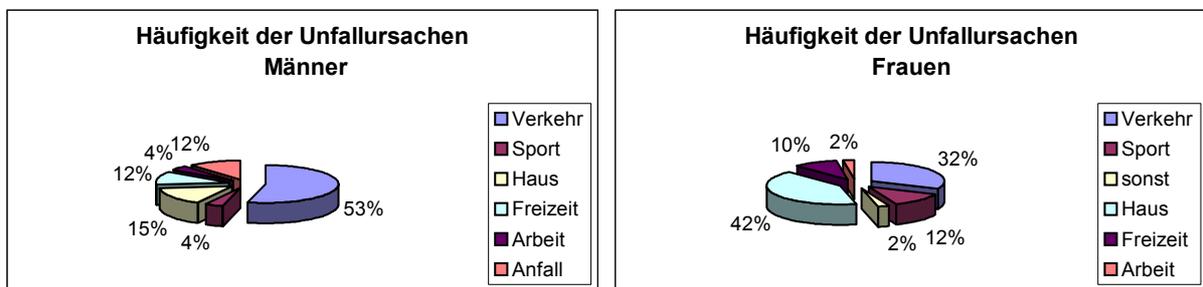


Abbildung 34: Häufigkeit der Unfallursachen nach Geschlecht

Frauen verletzen sich häufiger im häuslichen Bereich. Von den insgesamt 21 häuslichen Stürzen betrafen 17 weibliche Patienten.

3.3. Altersabhängige Verteilung der Unfallursachen

Die Abbildung 27 zeigt eine Aufschlüsselung der Unfallursachen nach dem Alter der Patienten. Auffällig ist der zunehmende Anteil an häuslichen Unfällen mit steigendem Alter.

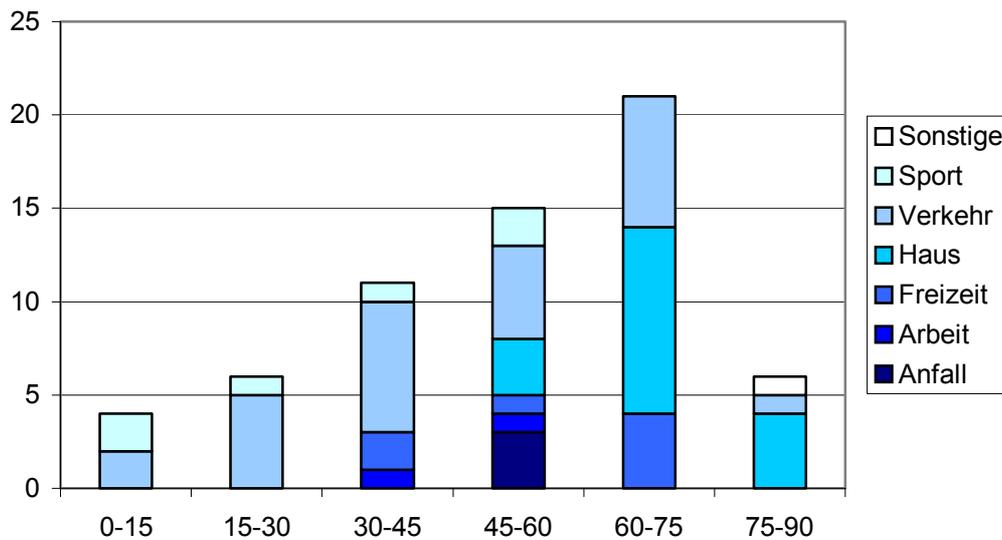


Abbildung 35: Verteilung der Unfallursachen auf die Altersverteilung

Alter	Anfall	Arbeit	Freizeit	Haus	Verkehr	Sport	Sonstige
0-15	0	0	0	0	2	2	0
15-30	0	0	0	0	5	1	0
30-45	0	1	2	0	7	1	0
45-60	3	1	1	3	5	2	0
60-75	0	0	4	10	7	0	0
75-90	0	0	0	4	1	0	1

Tabelle 1: Verteilung der Unfallursachen auf die Altersklassen

3.4. Unfallursachen und daraus resultierende Frakturen

In der folgenden Tabelle ist die Abhängigkeit des Schweregrades der Fraktur von der Unfallursache dargestellt. Bemerkenswert ist, daß Frakturen, die sich im häuslichen Bereich ereigneten und Frakturen, die im Straßenverkehr geschahen, von der Anzahl ihrer Fraktursegmente ähnlich strukturiert waren. Es kamen zwei- drei- und vier-Segmentfrakturen vor, wobei im Bereich des Hauses die nach Neer klassifizierte 4.3 Fraktur (8) am häufigsten notiert wurde. Im Straßenverkehr wurde die 3.2 Fraktur mit neun Patienten am häufigsten verzeichnet. Am zweithäufigsten ist die 4.3 Fraktur mit sieben Patienten aufgetreten. Unabhängig vom Unfallort sind alle Frakturspaten

betroffen. Auch während der Arbeit, eines Anfalles oder in der Freizeit kann es also zu einer Mehrsegmentfraktur kommen.

Klassifikation	Anfall	Arbeit	Freizeit	Sport	Haus	Verkehr	sonst
-	0	0	0	0	1	2	0
2.2	0	0	0	1	2	1	0
3.2	0	0	1	0	3	9	0
4	0	0	0	1	1	0	0
4.2	0	1	0	0	0	2	0
4.3	1	0	3	2	8	7	0
4.4	0	0	1	0	2	4	0
4.5	1	0	0	0	0	0	0
5.3	1	0	0	0	0	0	0
5.4	0	0	1	0	0	0	0
6	0	1	1	0	4	2	1
S-H	0	0	0	2			

Tabelle 2: Häufigkeit der Frakturen in Abhängigkeit von der Unfallursache

4. Begleitverletzungen

Von 67 Patienten erlitten 28 Patienten eine Begleitverletzung. Im Rahmen eines Polytraumas zogen sich elf Patienten eine Humeruskopffraktur oder eine subcapitale Humerusfraktur zu. Vier der nicht polytraumatisierten Patienten hatten Schürfwunden, zwei Patienten jeweils ein Hämatom oder ein Platzwunde. Drei Patienten zogen sich gleichzeitig eine distale Radiusfraktur zu und zwei der untersuchten Patienten hatten eine Femurfraktur. Ein Patient wurde nach Überrolltrauma eingeliefert und zwei Patienten hatten zusätzliche Kopffrakturen, die nicht lebensbedrohlich waren.

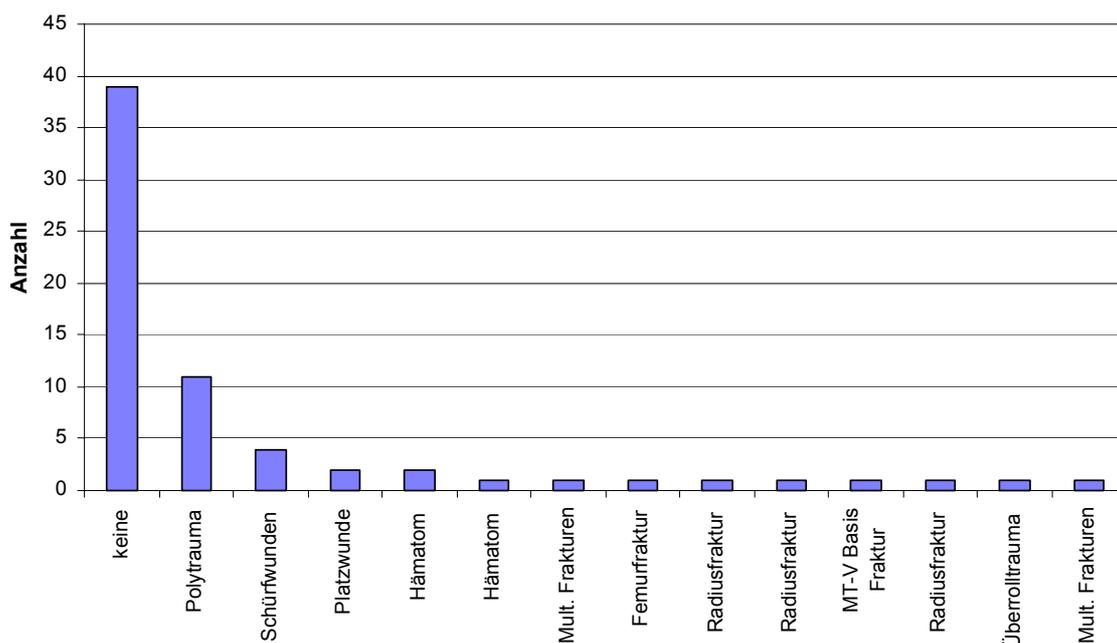


Abbildung 36: Begleitverletzungen

Eine Schulterluxation erlitten im Rahmen der Verletzung elf Patienten. Die Schulterluxationen gingen mit einer Humeruskopffraktur und einer Schulterluxation einher.

Im vorhandenen Krankengut traten weder Gefäß- noch Nervenverletzungen auf.

Im Rahmen des Polytraumas traten Weichteilverletzungen auf, die nach der Klassifikation von Tscherne und Gotzen eingeteilt werden [137]:

Ein Patient erlitt eine III° offene Fraktur mit ausgedehnter Schädigung von Haut, Muskeln, Nerven und /oder Gefäßen. Ein anderer Patient erlitt eine traumatische Oberarmamputation (IV° offen).

Bei den weiteren 65 Patienten fanden sich geschlossene Frakturen.

5. Zeitpunkt der Operation

Von 67 Patienten wurden 62 operativ versorgt. Die Verzögerung bis zur Operation dauerte im Mittel 5,8 Tage. Zwei Männer und drei Frauen wurden zunächst konservativ behandelt, bei 14 Patienten kam eine Verlegung als Verzögerungsgrund in Frage und

ein Patient erlitt ein Polytrauma und konnte deshalb erst später behandelt werden. 27 Patienten wurde direkt behandelt und 13 Patienten hatten keine Angaben zu verzeichnen. Die längste Verzögerungsdauer war 204 Tage. Dieser Patient wurde zunächst konservativ behandelt.

Die Tabelle stellt den Verzögerungsgrund in Verbindung mit dem Operationszeitpunkt dar.

Verzögerungsgrund	Häufigkeit	durchschnittl. Dauer in Tagen
Kein Aufschub	27	0
Ursache unbekannt	13	6,3
Verlegung	14	8,5
Polytrauma	1	1
Kons. Behandlungsversuch	5	48,8
Urlaub	2	4,5

Tabelle 3:

Häufigkeit der Aufschubursachen mit Angabe der durchschnittlichen Dauer in Tagen

Eine operative Versorgung erfolgte in:

- 27 Fällen am Unfalltag
- 20 Fällen innerhalb der ersten Woche
- 10 Fällen innerhalb der zweiten Woche
- 5 Fällen nach der zweiten Woche

Eine offene Fraktur III° wurde sofort am Unfalltag behandelt.

6. Zeitliche Entwicklung der operativen Behandlung von subcapitalen Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen

Die folgende Grafik stellt die Häufigkeiten von operativ und konservativ versorgten subcapitalen Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen von 1991 bis 1998 dar.

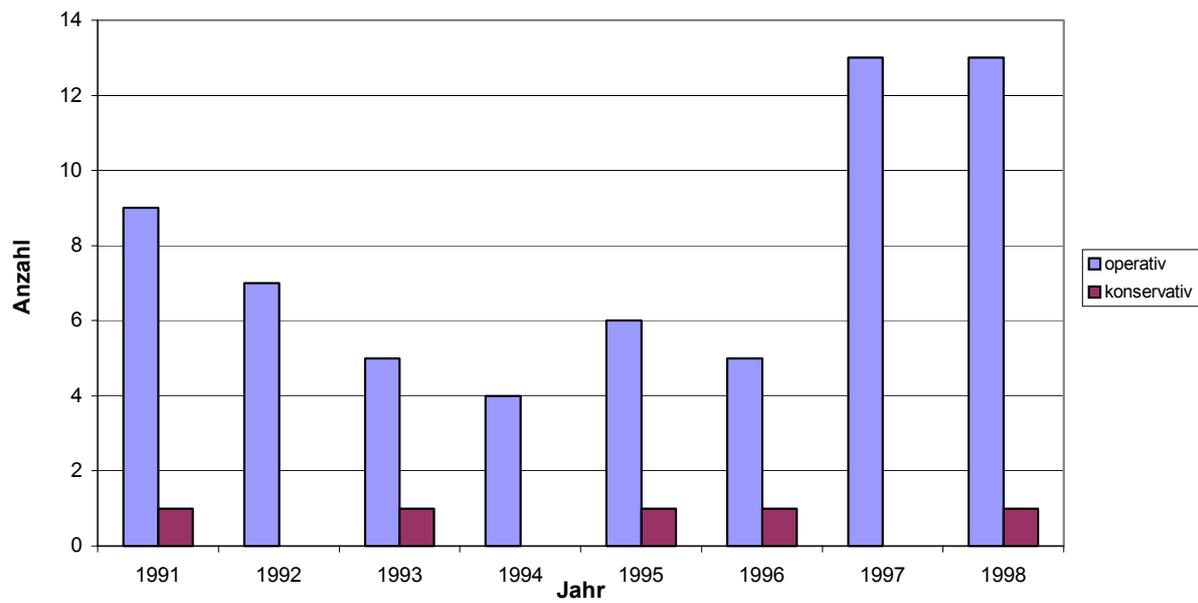
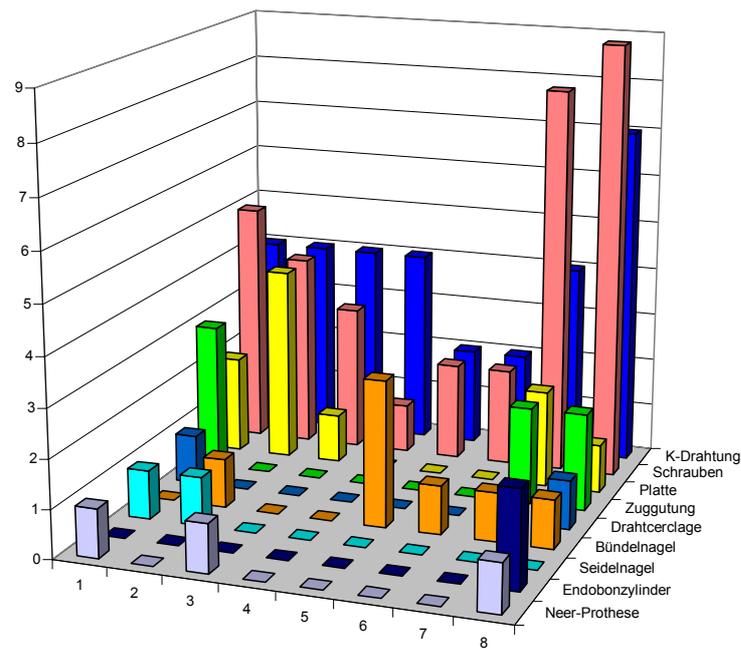


Abbildung 37: Absolute Häufigkeit der operativen und konservativen Versorgung von subcapitalen Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen von 1991 bis 1998

Von 67 sind somit 7% der Patienten konservativ und 93% operativ behandelt worden.



Jahr	Zug-gurtung	Platte	K-Drahtung	Bündel-nägel	Seidel-nägel	Schrauben	Draht-cerclage	Neer-Prothese	Endobon-zyylinder	gesamt	
1991		3	2	4	0	1	5	1	1	0	17
1992		0	4	4	1	1	4	0	0	0	14
1993		0	1	4	0	0	3	0	1	0	9
1994		0	0	4	0	0	1	0	0	0	5
1995		0	0	2	3	0	2	0	0	0	7
1996		0	0	2	1	0	2	0	0	0	5
1997		2	2	4	1	0	8	0	0	0	17
1998		2	1	7	1	0	9	1	1	2	24
ges.		7	10	31	7	2	34	2	3	2	

Abbildung 38:

Einsatz der einzelnen Osteosyntheseverfahren im Zeitraum von 1991 bis 1998

Die einzelnen Operationsverfahren werden anhand dieser Tabelle, in der die einzelnen Operationsverfahren dargestellt sind, gezeigt.

Die Plattenosteosynthese nimmt in ihrer Häufigkeit deutlich ab, während die Kirschner-Drahtung und die Schraubenosteosynthese besonders 1998 deutlich als Therapiekonzept zunehmen. Bündelnägel werden 1991 nicht verwendet, bekommen aber ab 1995 zunehmende Bedeutung. Der Endobon-Zylinder wurde lediglich 1998 zweimal verwendet.

7. Operative Versorgung der Humeruskopffrakturen

In der hiesigen Klinik wurden verschiedene Osteosyntheseverfahren verwendet., zu diesen zählen die Zuggurtungsosteosynthese, die Plattenosteosynthese , die Kirschner-Drahtung, Bündelnägel, Seidelnägel, Schrauben, Drahtcerclage, die Neer-Prothese und der Endobon-Zylinder (vgl. auch Abbildung 38).

In einigen Fällen kam es nicht zu sofortigen Heilung, so daß mehrere Therapieverfahren notwendig waren.

Von den 62 operativ versorgten Patienten kam es bei 58 zu einem Eingriff, bei dem metallisches Material verwendet wurde. In vier Fällen reichte eine Reposition aus.

In zwei Fällen kam es zur Kopfresektion, einmal wurde eine Kapselplastik notwendig. Bei sieben der 67 Patienten wurde eine Zuggurtungsosteosynthese durchgeführt.

In 10 Fällen wurde eine Platte verwendet. Dabei wurden eine Krallenplatte, eine Kleeblattplatte, eine Rekonstruktionsplatte, sechs T-Loch-Platten und eine Platte ohne genauere Angaben verwendet.

Die Kirschner-Drahtung wurde bei 31 Patienten verwendet. Von 20 Drahtungen wurden durchschnittlich 4,2 Drähte benötigt, bei elf Patienten konnte die verwendete Drahtanzahl nicht ermittelt werden.

Eine Bündelnagelung erfolgte bei sieben Patienten. Von sechs Patienten konnte die durchschnittliche Nagelanzahl ermittelt werden. Sie betrug 4,7.

Ein Seidelnägel wurde nur zweimal verwendet. Einmal wurde ein cap-washer hinzugefügt.

Die Auswertung der Schraubenosteosynthese umfaßt insgesamt 34 Patienten.

In unserer Studie wurden verschieden Arten von Schrauben verwendet, dazu gehörten die Spongiosaschrauben, Mecronschrauben, Navikularschrauben, Endotec-Lochschrauben und Kortikalisschrauben.

7.1. Verwendung der Osteosyntheseverfahren in verschiedenen Altersklassen

Die folgende Grafik zeigt die Verteilung der einzelnen Osteosyntheseverfahren. Es fällt ein sehr hoher Anteil an Kirschner-Drahtungen bei jugendlichen Patienten auf. Mit

steigendem Alter sinkt dieser Anteil zu Gunsten der Plattenosteosynthesen. Zwischen 45 und 75 Jahren tritt wieder ein sehr hoher Anteil an Kirschner-Drahtung auf.

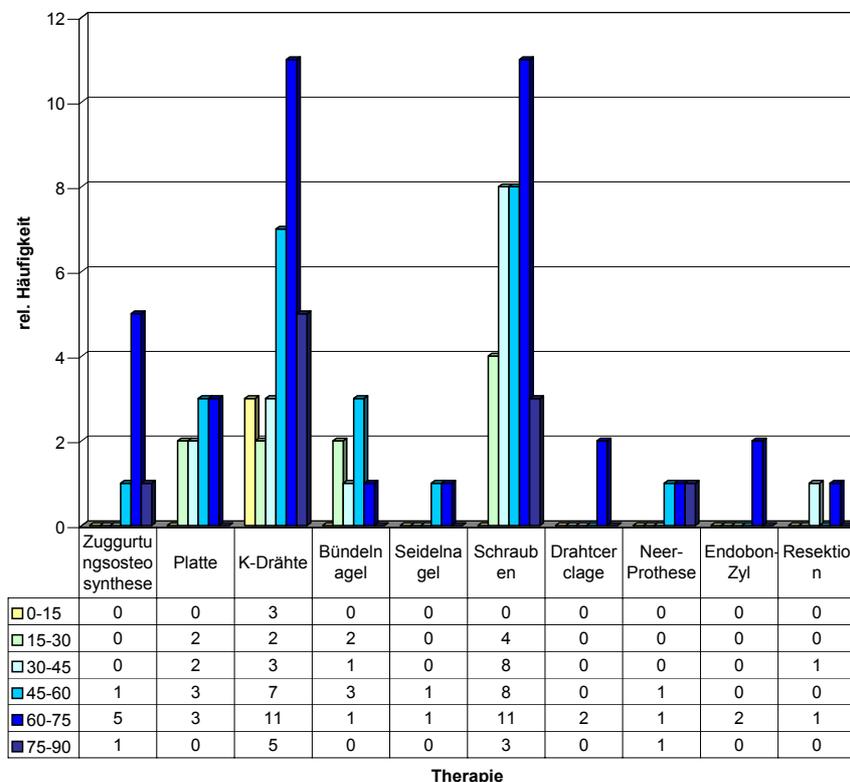


Abbildung 39: Relative Häufigkeit der Operationsverfahren in den Altersklassen

In unserem Patientengut fanden sich zwei Patienten, deren Humeruskopf reseziert werden mußte. Dies geschah jeweils nach mißglücktem Behandlungsversuch im ersten Fall nach vier Operationen, im zweiten Fall nach drei Operationen. Ein Patient war 35 Jahre alt, ein anderer 60 Jahre alt. Mit 38% der Operationsverfahren ist die Gruppe der 60-75 jährigen am größten.

7.2. Verwendung der Osteosyntheseverfahren bei den einzelnen Frakturtypen

Aus der folgenden Tabelle läßt sich entnehmen, welche Osteosyntheseverfahren bei den verschiedenen Frakturtypen zur Anwendung kamen. Bei den Zwei-Segment-Frakturen handelte es sich häufig um Kirschner-Drahtung und Schrauben.

Bei komplizierten Drei- und Vier-Segment-Frakturen und besonders auch bei den Luxationsfrakturen dominierten jedoch eindeutig die verschiedenen Schraubenosteosynthesen. Zur Plattenosteosynthese kam es insgesamt achtmal.

Diese Frakturen führten auch häufiger zu Humeruskopfresektionen.

	Collum anat.	Collum chirur.	Tub. majus	Tub. minus	3 Segmente	4 Segmente	Luxations-Frakturen	gesamt
Zuggurtung	0	1	0	0	3	1	1	6
Platte	0	1	0	0	8	0	0	9
K-Drahtung	2	6	3	0	7	3	4	25
Bündelnägel	0	3	0	0	3	0	0	6
Seidelnägel	0	0	0	0	2	0	0	2
Schrauben	1	3	2	0	13	4	7	30
Drahtcerclage	0	0	0	0	2	0	0	2
Neer-Prothese	0	0	0	0	1	1	1	3
Endobon-Zyl.	0	0	0	0	1	1	0	2
Kopfresektion	0	0	0	0	1	0	0	1
gesamt	3	14	5	0	41	10	13	86

Tabelle 4: Verwendung der Osteosyntheseverfahren bei verschiedenen Frakturtypen

Das Gesamtergebnis der verwendeten Osteosynthesen ist höher als die Anzahl der untersuchten Patienten, da einige Patienten verschiedene Osteosyntheseverfahren erhalten haben. Drei der Frakturen konnten nicht zugeordnet werden, zwei Frakturen konnten nur der Klasse IV zugeordnet werden. Eine Fraktur bestand aus fünf Segmenten der Klasse IV und wurde mit Schrauben behandelt. Die kindlichen Frakturen, klassifiziert nach Salter und Harris, wurden jeweils mit Kirschner-Drähten versorgt.

7.3. Dauer des stationären Aufenthaltes

Die Dauer des stationären Aufenthaltes konnte bei allen 67 Patienten bestimmt werden. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer betrug 26,4 Tage. Frauen blieben im Mittel 22,8 Tage, Männer 32 Tage. Polytraumatisierte Patienten blieben durchschnittlich 42,36 Tage in der Klinik und nicht polytraumatisierte Patienten mit Begleitverletzungen durchschnittlich 24,53 Tage.

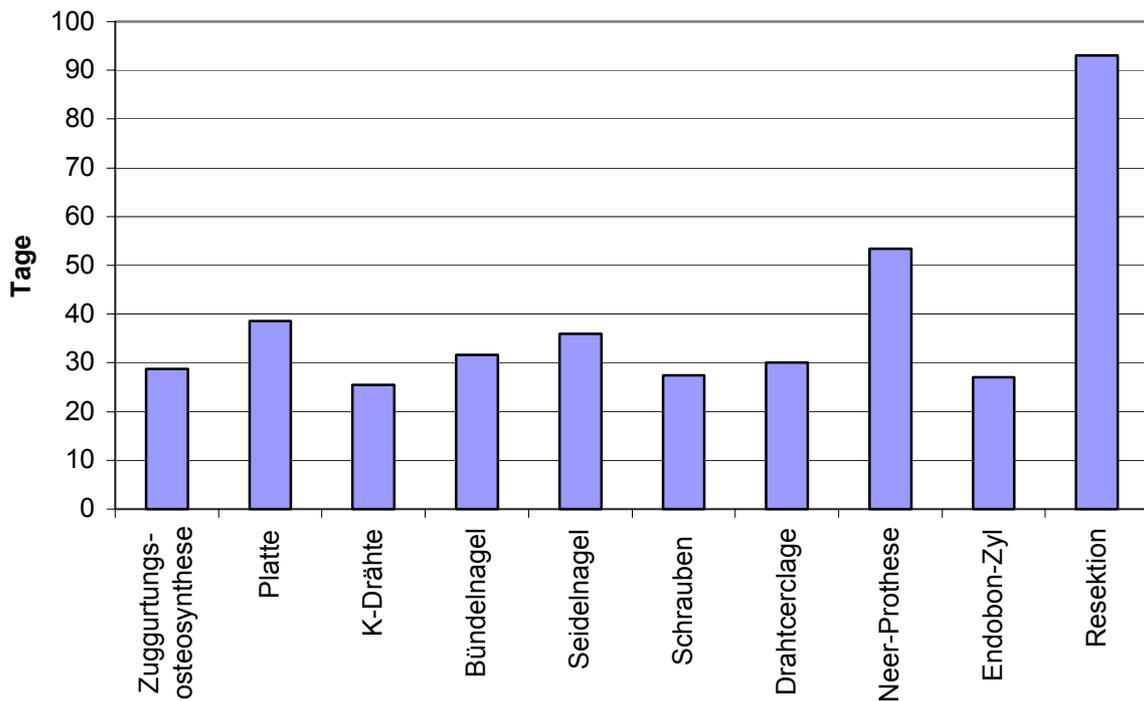


Abbildung 40: Durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes in Tagen

Osteosyntheseverfahren	Anzahl der Komplikationen
Zuggurtungsosteosynthese	4
Platte	7
K-Drähte	15
Bündelnägel	2
Seidelnägel	1
Schrauben	17
Drahtcerclage	1
Neer-Prothese	3
Endobon-Zylinder	2
Kopfresektion	2

Tabelle 5: Anzahl der Komplikationen bei verschiedenen Osteosyntheseverfahren

Die Aufenthaltsdauer, abhängig vom Osteosyntheseverfahren zeigt eine deutlich verlängerte Zeit bei der Verwendung von Neer-Prothesen und der Kopfresektion. Im Vergleich zur Kirschner-Draht-Osteosynthese und zur Verwendung von Schrauben hat die Plattenosteosynthese eine verlängerte Aufenthaltsdauer mit durchschnittlich 38,8 Tagen.

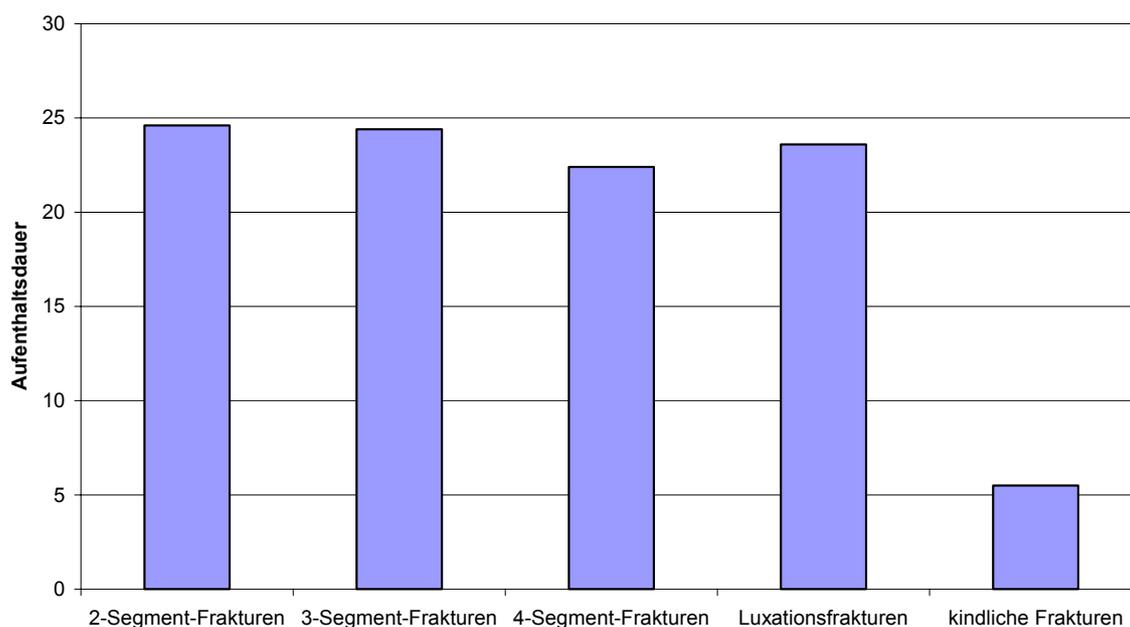


Abbildung 41:

Durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes bei 2-, 3- und 4-Segment-Frakturen, Luxationsfrakturen und kindlichen Frakturen

Die oben dargestellte Grafik zeigt die durchschnittliche Aufenthaltsdauer abhängig vom Schweregrad der Fraktur. Damit sind die kindlichen Frakturen deutlich niedriger vermerkt als alle anderen Fraktur-Klassen. Insgesamt ist das Verhältnis zwischen Zwei-, Drei- und Vier-Segment-Frakturen und Luxationsfrakturen sehr ausgewogen. Etwas niedriger in der Aufenthaltsdauer liegen die 4-Segment-Frakturen.

7.4. Dauer der Operation in Abhängigkeit vom Osteosyntheseverfahren

Die durchschnittlicher Dauer der Operation betrug 54,3 Minuten. Die Osteosynthese der einzelnen Fälle ist für die Kirschner-Drahtung und die Verwendung von Schrauben relativ hoch angegeben, da einige Fälle komplikationsreich waren und teilweise diese Verfahren als Sekundärverfahren Verwendung, fanden, da eine vorherige Therapie nicht angeschlagen hatte.

Osteosyntheseverfahren	Mittlere OP-Dauer
Zuggurtungosteosynthese (n=3)	262 min
Platte (n=5)	167 min
Kirschner-Drahtung (n=14)	136 min
Bündelnägel (n=5)	105 min
Seidelnägel (n= 0)	n/a
Schrauben (n=14)	126 min
Drahtcerclage (n=0)	n/a
Neer-Prothese (n=1)	110 min
Endobon-Zylinder (n=0)	n/a
Kopfresektion (n=2)	138 min

Tabelle 6: Mittelwerte von OP-Dauer bei verschiedenen Osteosyntheseverfahren

7.5. Auswahl des Operateurs

In der Universitätsklinik für Unfall- und Handchirurgie wurden 62 Patienten von 67 untersuchten Patienten operativ versorgt. 58 dieser Patienten wurden von einem Oberarzt operiert, 4 von einem Facharztassistenten. 5 Patienten wurden konservativ versorgt.

8. Nachbehandlung

8.1. Stabilität und Ruhigstellung

Das vorhandene Krankengut wurde insgesamt auf postoperative Stabilität der Osteosynthesen untersucht. Hier wird zwischen einer übungsstabilen und einer nicht übungsstabilen Versorgung unterschieden. Genaue Angaben haben wir hier nur von zwei Patienten, die übungsstabil versorgt wurden. Von 67 Frakturen wurden 63 Frakturen zunächst ruhiggestellt.

44 der 67 untersuchten Patienten haben sich einer Nachuntersuchung unterzogen.

23 Patienten sind nicht erschienen. Zwei Patienten ließen sich als Verstorben ermitteln. Fünf der Patienten waren inzwischen so schwer erkrankt, daß sie zur Nachuntersuchung nicht erscheinen konnten, und in 16 Fällen waren die Patienten unbekannt verzogen und nicht mehr erreichbar.

Das Therapieverfahren reichte von der Verwendung eines Gilchristverbandes, eines Desaultverbandes, eines Collar´n´Cuff, einer Thoraxabduktionsschiene, eines Klapp´schen Kissens bis zum Mastrisolverband.

Die häufigste Therapie in der hiesigen Klinik ist der Gilchristverband mit 58 behandelten Patienten. Der Desaultverband wurde nur neun mal verwendet.

Da 86 Behandlungsverfahren angegeben sind wurden 23 Patienten mit mehr als nur einem Therapieverfahren behandelt. Alle Patienten hatten einen Gilchristverband als Therapie. Die höchste Anzahl der verschiedenen Therapiekonzepte hatte ein 67 jähriger Patient mit einer Vier-Fragment-Fraktur. Hier wurden zunächst ein Gilchristverband, eine Thoraxabduktionsschiene, ein Klapp´sches Kissen und ein Mastrisolverband angewandt.

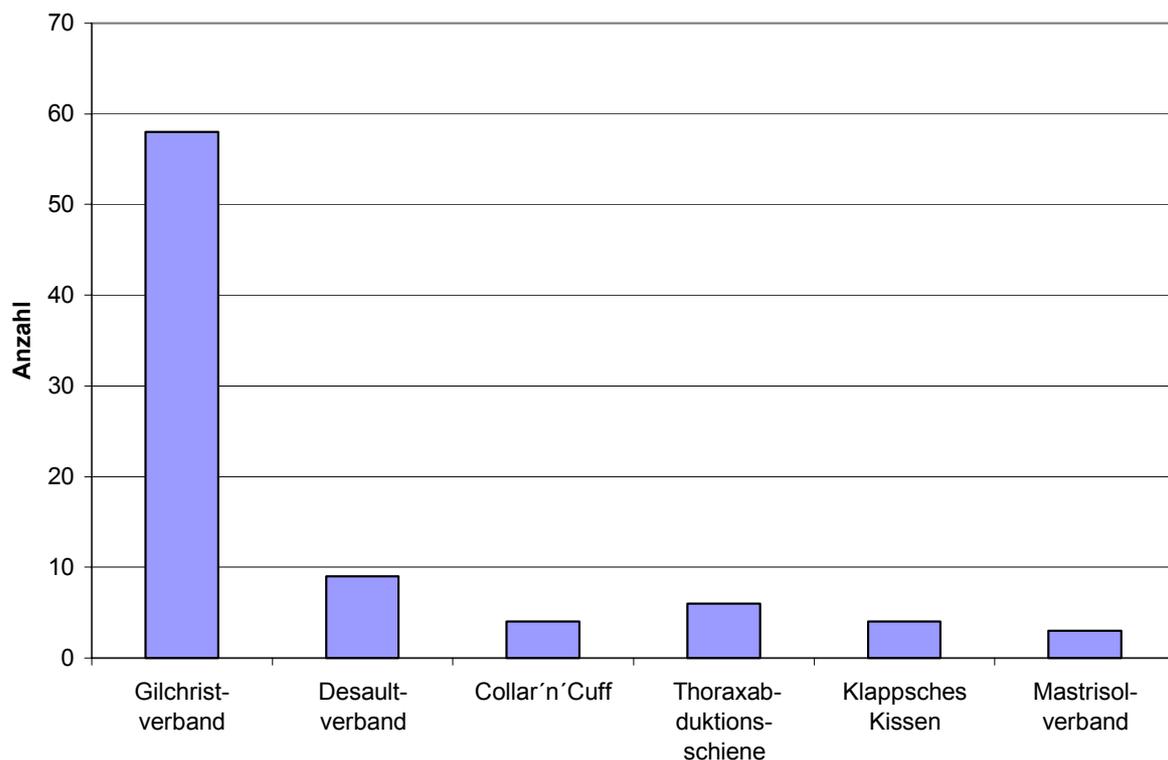


Abbildung 42: Anzahl der Nachbehandlungsverfahren

Nachbehandlung	Anzahl
Gilchristverband	58
Desaultverband	9
Collar'nCuff	4
Thoraxabduktionsschiene	6
Klapp'sches Kissen	4
Mastriolverband	3

Tabelle 7: Anzahl der Nachbehandlungsverfahren

8.2. Krankengymnastik

Eine krankengymnastische Betreuung erhielten insgesamt 58 Patienten, davon 23 Männer und 35 Frauen. Dabei muß zwischen der Übungsbehandlung, der CPM-Schiene und die Überweisung in eine Rehabilitationsklinik unterschieden werden. Elf Patienten wurden in eine Rehabilitationsklinik verlegt, davon hatten zehn Patienten bereits eine Übungsbehandlung genossen, drei Patienten eine CPM-Schiene. Sechs der Patienten haben als Nachbehandlung nur eine CPM-Schiene bekommen, alle anderen haben Übungsbehandlung, teils in Verbindung mit einer CPM-Schiene, oder auch in Kombination mit einer Rehabilitationstherapie erhalten.

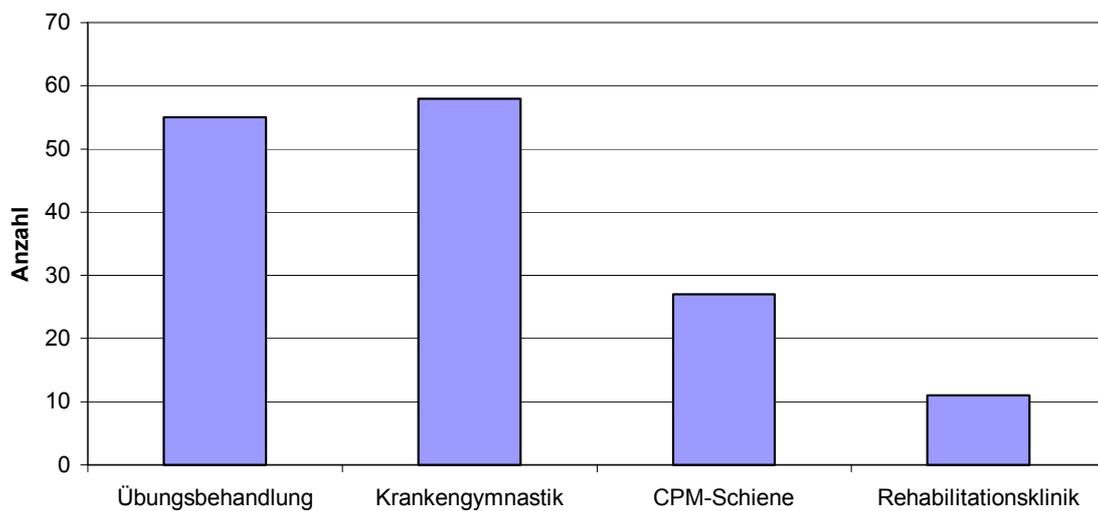


Abbildung 43: Übungsbehandlung nach Frakturbehandlung

In einigen Fällen wurde erst eine passive, dann eine aktive Behandlung indiziert. Durchschnittlich wurde die Übungsbehandlung nach 6,4 Tagen begonnen, dabei lagen nur Daten von 15 Patienten vor.

8.3. Metallentfernung

Insgesamt wurde bei 57 der 67 Patienten Metall oder Titan implantiert. Fünf Patienten wurden konservativ behandelt. Bei fünf Patienten wurde kein Metall verwendet. Beim verwendeten Metall handelt es sich um Titan oder Stahl.

48 der Patienten haben ein Stahlimplantat bekommen, neun Patienten ein Titanimplantat.

Eine Metallentfernung wurden in 28 Fällen durchgeführt. Bei neun Patienten konnte nur eine teilweise Metallentfernung durchgeführt werden. Fünf dieser Patienten konnten sich aber im Anschluß das Implantat vollständig entfernen lassen.

Von 28 Patienten, die sich ihr Implantat vollständig ohne Teil-Metallentfernung entfernen ließen, waren 13 Patienten über 50 Jahre. Der Altersdurchschnitt lag bei 48,21 Jahren. Der unterste Wert bei 10 Jahren, der oberste bei 87 Jahren.

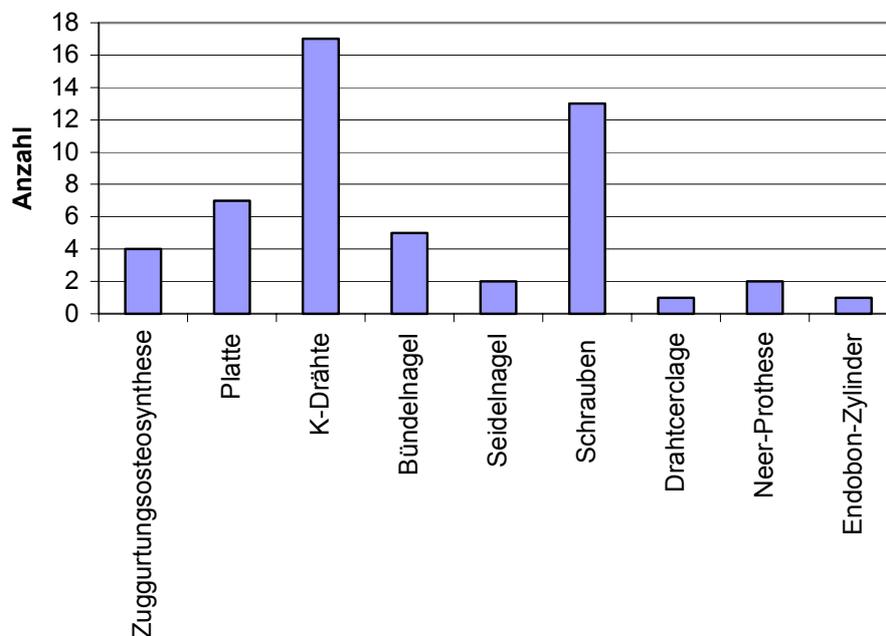


Abbildung 44: Metallentfernungen nach Osteosyntheseverfahren

Auffällig ist ein besonders hoher Anteil der Metallentfernung bei der Kischner-Drahtung und bei der Schraubenosteosynthese.

Von insgesamt sieben Zuggurtungsosteosynthesen wurden vier, von sieben Bündelnägeln wurden fünf wieder entfernt. Die Anteile der Drahtcerclage wurden wieder entfernt, zwei von drei Neer-Prothesen und ein Endobon-Zylinder.

9. Komplikationen

Die Patienten unserer Studie hatten in 29 Fällen Komplikationen. Es waren zwölf Männer und 19 Frauen betroffen.

Osteosyntheseverfahren	Anzahl der Komplikationen	Anzahl insgesamt
Zuggurtungsosteosynthese	4	7
Platte	7	10
K-Drähte	15	31
Bündelnägel	2	7
Seidelnägel	1	2
Schrauben	17	34
Drahtcerclage	1	2
Neer-Prothese	3	3
Endobon-Zylinder	2	2
Kopfresektion	2	2

Tabelle 8: Anzahl der Komplikationen bei verschiedenen Osteosyntheseverfahren

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Häufigkeiten von Komplikationen bei den einzelnen Therapiekonzepten. Dargestellt werden die absoluten und die relativen Häufigkeiten intraoperativer sowie postoperativer, Früh- und Spätkomplikationen.

Intraoperative Komplikationen beziehen sich nur auf die Ereignisse während der Operation, die postoperativen Komplikationen beschreiben Schwierigkeiten direkt nach der Operation, Frühkomplikationen beziehen sich auf Komplikationen direkt nach der Operation, wie beispielsweise eine Abkippung des Humeruskopfes, Spätkomplikationen zeigen z.B. Nekrosen an.

Osteosyntheseverfahren	intraoperativ		postoperativ		Früh- komplika- tionen		Spät- komplika- tionen	
	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
Zuggurtungsosteosynthese (n=7)	1	14%	3	43%	0	0%	0	0%
Platte(n=10)	0	0%	3	30%	1	10%	2	20%
K-Drähte(n=31)	5	16%	13	42%	1	3%	5	16%
Bündelnägel (n=7)	0	0%	1	14%	1	14%	0	0%
Seidelnägel (n=2)	1	50%	0	0%	0	0%	1	50%
Schrauben (n=34)	3	9%	13	38%	1	3%	9	26%
Drahtcerclage (n=2)	1	50%	0	0%	0	0%	0	0%
Neer-Prothese (n=3)	1	30%	3	100%	0	0%	3	100%
Endobon-Zylinder (n=2)	1	50%	1	50%	0	0%	1	50%
Kopfresektion (n=2)	0	0%	2	100%	1	50%	1	50%

Tabelle 9: Absolute Häufigkeit von intraoperativen sowie postoperativen, Früh- und Spätkomplika-tionen; *Kursiv* die relative Häufigkeit bezogen auf die Anzahl der mit den einzelnen Verfahren behandelten Patienten

Betrachtet man die Komplikationen der einzelnen Osteosyntheseverfahren, ist die Beurteilung der einzelnen Verfahren recht schwierig. Beim Seidelnägel, der Drahtcerclage und beim Endobon-Zylinder ist die Komplikationsrate mit 50% angegeben. Da die Patientenzahl dieser Fälle sehr gering war; können keine Rückschlüsse auf mögliche Ursachen gezogen werden. Bei der Beurteilung von K-Drähten und Schrauben fällt auf, daß K-Drähte sowie Schrauben postoperativ Komplikationen zeigen, Spätkomplika-tionen sind nur bei den Schrauben mit 26% aufgetreten.

9.1. Intraoperative Komplikationen

Intraoperativ konnte in zwei Fällen das Tuberculum majus nicht fest an die Kopfformation reponiert werden. In einem Fall war das Tuberculum minus bereits fest. Beim Einführen eines Seidelnagels kam es in einem Fall zur Sprengung des Kopfes. Ein nicht unerhebliches Problem war weiterhin die Instabilität der Osteosynthese, was nicht zuletzt auch auf die Mehr-Segment-Frakturen zurückzuführen ist.

9.2. Postoperative Komplikationen

Postoperative Komplikationen sind Komplikationen, die unmittelbar nach der Operation auftreten. Sie werden hier noch einmal getrennt in Früh- und Spätkomplika-tionen aufgeteilt.

Sie äußern sich meist sehr eindeutig in Schmerzen, die teilweise auch mit dann fortschreitenden Entzündungen einhergehen.

9.2.1. Frühkomplikationen

In den ersten postoperativen Tagen fallen besonders Infektionen auf. Metallockerungen kamen deutlich häufiger vor und betrafen beispielsweise 42% der Kirschner-Drahtungen und 38% der Schraubenosteosynthese.

Bei neun Patienten mußte wegen Lokomotion oder Verschiebung des Osteosynthesematerials eine vorzeitige Metallentfernung durchgeführt werden.

9.2.2. Spätkomplikationen

Fehlstellungen in Abhängigkeit vom Osteosyntheseverfahren. Nur selten gestatten die vorhandenen Röntgenbilder eine exakte Messung von Fehlstellungen, da meistens die Rotationsstellung des Oberarmes nicht ermittelt werden konnte. Möglich war dies nur bei Bildern, auf denen das Ellenbogengelenk mit abgebildet war.

Weitere Komplikationen sind bleibende Bewegungseinschränkungen und verbleibende Schmerzen. In zwei Fällen kam es zur Nekrose und zur Dislokation der Fragmente.

Eine Kopfresektion wurde nach der Osteitis und einer eitrigen Sezernierung durchgeführt.

10. Spätergebnisse unter Auswertung der Nachuntersuchung

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden alle Patienten angeschrieben. Zwei Patienten waren bereits verstorben. 44 Patienten kamen zur Nachuntersuchung. Ein Patient, der zur Nachuntersuchung kam, war beidseitig betroffen.

Die Patienten wurden nach ihren heutigen Beschwerden und Funktionseinschränkungen befragt. Zur Anwendung kam eine Bewertungsskala nach dem Bewertungsschema nach Neer [98]. Hier wurden Schmerzen, Funktion, Bewegungsumfang, Stabilität und Beweglichkeit beurteilt.

Die Patienten mußten verschiedene Bewegungen des Schultergelenkes ausführen, und an denen konnte dann die Einschränkung festgestellt werden.

Die verschiedenen Kriterien wurden in ein Punkteschema eingeteilt. Die Bewertung erfolgt anhand der Noten ausgezeichnet (>89 Punkte), befriedigend (80-89 Punkte), unbefriedigend (70-79 Punkte) und Fehlschlag (<70 Punkte).

Daten, die sich auf die Beweglichkeit im Ellenbogengelenk beziehen, kamen nicht zur Auswertung. Weiterhin wurde nach der Gesamtdauer der ärztlichen Behandlung, einem Rentenerwerb, wie auch nach kosmetischen Beeinträchtigungen und nach Wetterfühligkeit gefragt. Zudem wurden die Patienten gebeten, ihre Gesamtzufriedenheit mit dem operativen Ergebnis zu beurteilen.

Angeschrieben wurden alle Patienten, die an dieser Studie teilgenommen haben. Zwei Patienten waren zu diesem Zeitpunkt schon verstorben und wurden demnach nicht berücksichtigt.

10.1. Ergebnisse der Bewertung anhand der Bewertungsskala nach Neer

In der folgenden Grafik ist die Anzahl insgesamt erreichte Punktzahl dargestellt durch Noten dargestellt.

18 Patienten wurden mit der Note „ausgezeichnet“ bewertet, sieben erhielten die Note „befriedigend“, sechs die Note „ungenügend“ und 14 die Note „Fehlschlag“.

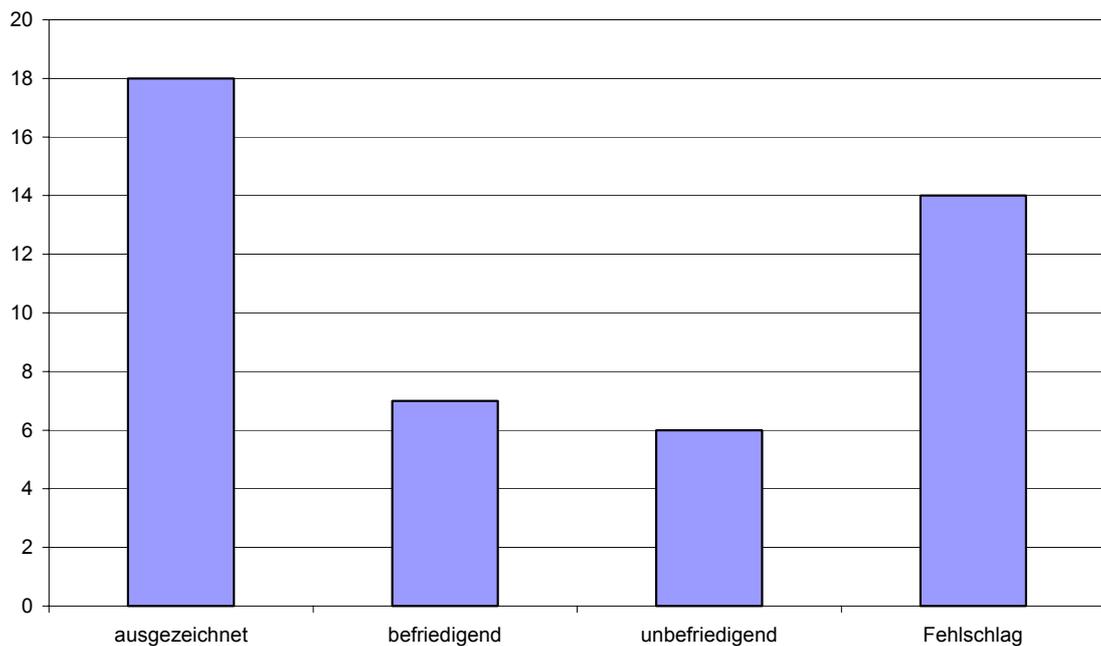


Abbildung 45: Ergebnis der Nachuntersuchung

Osteosyntheseverfahren	ausgezeichnet (n=18)	befriedigend (n=7)	unbefriedigend (n=6)	Fehlschlag (n=14)
Zuggurtungsosteosynthese	2	0	0	3
Platte	1	2	0	3
K-Drähte	8	4	0	9
Bündelnägel	5	0	2	0
Seidelnägel	0	0	0	2
Schrauben	7	4	5	7
Drahtcerclage	1	0	0	1
Neer-Prothese	0	0	1	0
Endobon-Zylinder	1	0	0	1
Reposition geschlossen	2	1	0	0
Summe	27	11	8	26

Tabelle 10: Ergebnisse der Nachuntersuchung gruppiert nach Operationsverfahren

Von den 44 Patienten, von denen ein Patient beidseitig betroffen war, sind zwei Patienten erschienen, die sich einer konservativen Frakturbehandlung unterzogen haben. Von den teilnehmenden Patienten waren ein Patient Linkshänder und zwei Patienten „Beidhänder“. Alle anderen gaben an, Rechtshänder zu sein. 24 Patienten waren linksseitig betroffen. Nur 21 Patienten waren rechtsseitig zu Schaden gekommen.

Die Ausmaße des Schultergelenkes wurden bei jedem erschienenen Patienten ermittelt und in der folgenden Tabelle als Mittelwert dargestellt.

Die Normwerte, nach denen sich die Messung richtet, sind in Klammern dargestellt.

Bewegungsausmaß	Mittelwert des Ergebnisses
Abduktion (180°)	120°
Adduktion (20-40°)	18°
Retroversion (40°)	31°
Anteversion (150-170°)	120°
Innenrotation anliegend (40-60°)	40°
Außenrotation anliegend (95°)	69°
Innenrotation (70°)	64°
Außenrotation (70°)	48°

Tabelle 11: Bewegungsausmaß des Schultergelenkes

Von den 44 Patienten konnten 40 Patienten den Schürzengriff wieder ausführen, aber nur 34 den Nackengriff. Sechs Patienten gaben an, immer noch Krankengymnastik auszuüben.

15 Patienten litten an Wetterfühligkeit und 13 gaben an, immer noch unter Schmerzen zu leiden. Die freie Schulterbeweglichkeit konnte nur in 10 Fällen festgestellt werden.

10.2. Auswirkungen der Fraktur und der operativen Versorgung auf die Arbeitsfähigkeit

Während der Nachuntersuchung gaben 4 von 44 Patienten Einschränkungen beim Arbeiten an. Zwei Patienten waren teilerwerbsfähig, ein Patient arbeitsunfähig, und eine 78 jährige Patientin gab an, große Schwierigkeiten beim Putzen zu haben. Das Staubsaugen sei jetzt unmöglich.

10.3. Subjektive Bewertung des Operationsergebnisses

Abschließend wurden die Patienten nach ihrer Zufriedenheit mit dem operativen oder konservativen Ergebnis befragt. 26 der Patienten gaben Zufriedenheit an.

13 Patienten klagten über Beschwerden wie Schmerzen, Nachtschmerzen und auch Ruheschmerz. Vier Patienten verspürten im Arm ein ständiges Kribbeln und zwei waren mit dem kosmetischen Ergebnis ihrer Narbe nicht zufrieden. Drei der insgesamt sechs Patienten waren sonst mit dem funktionellen Ergebnis der Operation zufrieden.

11. Kasuistik

Einige typische Frakturformen und Therapieverfahren werden anhand einiger Fallbeispiel exemplarisch dargestellt. Neben kurzen Angaben zum Unfallgeschehen und den Begleitverletzungen wird der Therapieverlauf durch Röntgenbilder der verschiedenen Heilungsstadien veranschaulicht.

Fall I

Patient: F. M., 52 Jahre, weiblich

- Die Patientin erlitt im Rahmen eines Polytraumas eine Drei-Segment-Fraktur und eine subcapitale Humerusfraktur des linken Oberarmes (AO 11-B-3-2, Neer 4.3);
- Operative Versorgung durch Seidelnagel und cap washer in Intubationsnarkose;
- Intraoperative Komplikationen. Kopfsprengung beim Einführen des Nagels;
- Insgesamt drei Operationen;
- Ruhigstellung im Gilchristverband;
- Überweisung in ein peripheres Krankenhaus
- Nach 840 Tagen Metallentfernung;
- Patientin nahm an der Nachuntersuchung teil, berichtet über 60% ige Teilerwerbsfähigkeit, Wetterfühligkeit und bleibende Beschwerden aufgrund des Polytraumas; die gesamte Hand leide an einem Taubheitsgefühl;



Abbildung 46: Fraktur präoperativ am 05.12.90



Abbildung 47: Fraktur postoperativ am 25.12.90



Abbildung 48:
Fraktur nach Entfernung des cap washer nach fast zwei Jahren am 20.09.92

Fall II

Sch. M., 62 Jahre, weiblich

- Die Patientin erlitt aufgrund eines Sturzes eine Oberarmfraktur des linken Oberarmes (AO 11-C-1.2, Neer 2.2), keine Begleitverletzungen;
- Operative Versorgung mittels drei Kirschner-Drähten in Intubationsnarkose;
- Komplikationen nach OP, Metallockerung der Kirschner-Drähte und frühzeitige Metallentfernung nach 29 Tagen;
- Insgesamt zwei Operationen;
- Übungsbehandlung für 10 Tage;
- Ruhigstellung für 20 Tage im Gilchristverband;
- Nach 29 Tagen Metallentfernung;
- Die Patientin nahm an der Nachuntersuchung teil und klagte über deutliche Beschwerden beim Essen, sie habe Schmerzen beim Essen mit Messer und Gabel;



Abbildung 49: Fraktur präoperativ am 27.02.92



Abbildung 50: 27.08.92



Abbildung 51: Fraktur postoperativ am 04.09.92



Abbildung 52: 22.09.92



Abbildung 53: 28.09.92

Fall III

V T. J., 48 Jahre, männlich

- Der Patient zog sich im Rahmen eines häuslichen Sturzes eine Fraktur des linken Oberarmes zu (AO 11-B-3-2, Neer 4.3), keine Begleitverletzungen;
- Zunächst konservativer Behandlungsversuch, nach 204 Tagen dann Operation;
- Operative Versorgung mittels einer Krallenplatte und sechs Schrauben in Intubationsnarkose;
- Insgesamt zwei Operationen;
- Keine Komplikationen;
- Nachbehandlung mit Gilchristverband und Desaultverband;
- Krankengymnastik;
- 114 Tage bis zur Metallentfernung;
- Der Patient erschien nicht zur Nachuntersuchung;



Abbildung 54: Fraktur präoperativ am 16.07.92



Abbildung 55: Fraktur postoperativ am 08.02.93



Abbildung 56: 23.02.93

Fall IV

Sch. B., 49 Jahre, weiblich

- Die Patientin stürzte bei einem Sportunfall vom Pferd und zog sich eine Fraktur am linken Humeruskopf zu (AO 11-C-2.1, Neer 4.3), keine Begleitverletzungen;
- Die Patientin wurde zweimal in Intubationsnarkose operiert, es wurde eine ITT-Platte, drei Kirschner-Drähte und sieben Großfragment-Spongiosa-Schrauben eingesetzt;
- Die Patientin erhielt einen Gilchristverband;
- Es entwickelte sich eine Humeruskopfnekrose;
- Bis zur Metallentfernung vergingen 119 Tage;
- Nach der Metallentfernung wurde keine Prothese eingesetzt;
- Die Patientin erschien nicht zur Nachuntersuchung;



Abbildung 57: Fraktur präoperativ am 13.03.93



Abbildung 58: Fraktur postoperativ am 13.03.93



Abbildung 59: 10.04.95

Fall V**W. A., 22Jahre, männlich**

- Der Patient war im Rahmen eines Polytraumas nach Hochgeschwindigkeitstrauma rechtsseitig betroffen (AO 11-A-3-2, Neer 3.2);
- Der Patient wurde zweimal in Intubationsnarkose operiert und erhielt fünf Bündelnägel mit drei mm Durchmesser;
- Anfänglich klagte der Patient über Schmerzen;
- Der Patient erhielt einen Gilchristverband und nach einer Woche Übungsbehandlung;
- Die Metallentfernung erfolgte nach 137 Tagen;
- Der Patient erschien zur Nachuntersuchung mit einem ausgezeichneten Ergebnis;



Abbildung 60: Fraktur präoperativ am 18.02.95



Abbildung 61: Fraktur postoperativ am 18.02.95



Abbildung 62: 06.03.95

Fall VI

N. H., 73 Jahre, weiblich

- Die Patientin zog sich im Rahmen eines Treppensturzes eine Fraktur des linken Armes zu (AO 11-A-1.3, Neer 6), keine Begleitverletzungen;
- Zunächst wurde für 14 Tage ein konservativer Behandlungsversuch unternommen, der jedoch erfolglos blieb;
- Die Patientin wurde ein mal in Intubationsnarkose operiert, es wurden drei Navikularschrauben implantiert;
- Postoperativ klagte die Patientin zunächst über Wundschmerz;
- Gilchristverband für drei Tage;
- Krankengymnastik ab dem 1.postoperativen Tag für 60 Tage;
- Eine Metallentfernung blieb aus;
- Patientin erschien zur Nachuntersuchung und berichtete über einen sehr guten Behandlungserfolg;



Abbildung 63: Fraktur präoperativ am 02.11.95

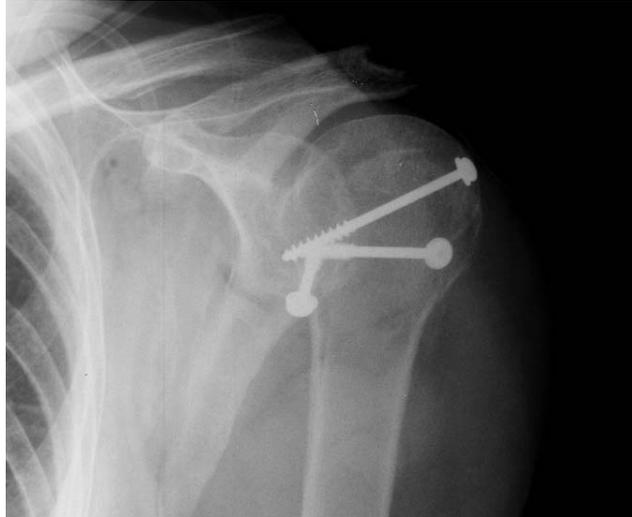


Abbildung 64: Fraktur postoperativ am 13.11.95

Fall VII**G., R., 72 Jahre, weiblich**

- Die Patientin zog sich im Rahmen eines Sturzes eine Fraktur des rechten Armes zu und trug einige Schürfwunden davon (AO 11-A-3.3, Neer 3.2);
- Die Therapie verlief konservativ zunächst im Gilchristverband, dann im Collar´n´Cuff;
- Als späte Komplikationen trat eine Dislokation des Kopffragmentes auf;
- Die Patientin blieb beschwerdefrei;
- Die Patientin erschien zur Nachuntersuchung und berichtete über einen sehr guten Behandlungserfolg;

**Abbildung 65: 21.02.96**



Abbildung 66: 06.03.96



Abbildung 67: 09.04.96

III. Diskussion

1. Kritischer Vergleich der Frakturklassifikationen

Eine Klassifizierung von Frakturen ist um so wertvoller, wenn über eine morphologische Beschreibung hinaus Aussagen über Therapie und Prognose gemacht werden. Dazu sollten ähnliche Frakturformen zusammengefaßt und bezüglich verschiedener Kriterien vergleichbar gemacht werden [80]. Differenziert eine Klassifikation zu viele Frakturtypen, so wird sie kompliziert und unhandlich. Die Folge ist eine schlechte Trefferquote bei der präoperativen Zuordnung der Frakturen. Lichtenhahn et al. [80] fanden in einer Studie mit mehr als 450 Versuchen, Frakturen den 27 Untergruppen der AO-Klassifikation zuzuordnen, eine Übereinstimmung von lediglich 45%. Unterscheidet die Klassifikation nur wenige Frakturtypen, so verliert sie an Schärfe. Differentialtherapeutische Aussagen sind nur noch eingeschränkt möglich, da zu viele Frakturformen berücksichtigt werden müssen.

Die Klassifikation nach Neer stellt einen guten Mittelweg dar. Auf der Grundlage von Codman [20] und auf dieser aufbauend werden dislozierte von nicht dislozierten Frakturen unterschieden und Beziehungen zu den Weichteilstrukturen aufgebaut. Man unterteilt die Gruppen zunächst in sechs Gruppen (Gruppe I: minimal verschoben, Gruppe II: Collum anatomicum, Gruppe III: Collum chirurgicum, Gruppe IV: Tuberculum Majus, Gruppe V: Tuberculum minus, Gruppe VI: Luxationsfraktur).

Anschließend wird die Anzahl der betroffenen Segmente berücksichtigt (man unterscheidet 2, 3 und 4 Segmente). Dies ermöglicht in ausreichendem Maße die Ableitung von Behandlungsrichtlinien und die prognostische Einschätzung der Frakturheilung [44].

Dennoch gibt es Lücken und Schwächen in der Einteilung nach Neer. So werden beispielsweise dislozierte Frakturen im Collum anatomicum gleich hinter einfachen,

nicht verschobenen Brüchen der Gruppe I eingeteilt. Die aber möglicherweise infauste Prognose mit einer hohen Kopfnekrose rate wird aber an dieser Stelle nicht gerecht [42]. Die Vier-Segment-Frakturen können nicht genau einer Gruppe zugeordnet werden. Die Frakturen können sowohl der Gruppe IV als auch der Gruppe V zugeordnet werden. Auch ist eine besondere Form der Vier-Segment-Frakturen nicht berücksichtigt.

Bei diesen valgus-impaktierten Frakturen bleibt das Kopffragment vital [50], so daß die Gefahr einer Kopfnekrose niedrig ist.

Die Neer-Klassifikation hat dennoch auch in der deutschsprachigen Literatur zunehmend an Verbreitung zugenommen. Eine vergleichende Bewertung verschiedener Behandlungsverfahren kann auf gemeinsamer Basis vorgenommen werden [44][115]. Dadurch kann eine Gegenüberstellung der eigenen Ergebnisse mit den anderer Autoren vorgenommen werden.

Wie bereits oben erwähnt unterscheidet die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen drei Frakturtypen, neun Gruppen und 27 Untergruppen. Trotz dieser genauen Aufteilung werden verschiedene Frakturformen nicht erwähnt: Vordere Luxationen oder hintere Luxationen mit isolierter Fraktur des Tuberculum minus sowie isolierte Frakturen im Collum anatomicum. Insgesamt ist es nach Habermeyer et al. [42] nicht möglich, ein geordnetes, stadiengerechtes Vorgehen zu planen. Die Gliederung ist durch ihre Komplexität im täglichen Gebrauch nicht sehr anwenderfreundlich [80]. Angaben zum Schweregrad der Fraktur, der Therapie und Prognose sind wenig aussagekräftig, wenn man bedenkt, daß in 65% der Fälle die präoperativ gewählte Frakturklasse nicht mit der tatsächlich vorliegenden Fraktur übereinstimmt [80].

Die Klassifikation nach Schweiberer et al. ist zwar vom Prinzip her einfach zu handhaben, konnte sich aber in der Literatur nicht durchsetzen. Ein Grund dafür mag in der starken Vereinfachung liegen. Diese Klassifikation berücksichtigt genau wie die Neer-Klassifikation die Anzahl der betroffenen Segmente, unterscheidet jedoch nicht, um welche Segmente es sich handelt.

Auch die Fraktуреinteilung nach Weigand et al. fand in der Literatur keine Verbreitung, obwohl durch ihre 17 Untergruppen eine exakte Beschreibung der Fraktur und damit eine genaue Prognose möglich ist [142].

2. Vergleich des eigenen Krankengutes mit der Literatur

Einige Autoren bezeichnen die proximalen Humerusfraktur als typische Fraktur des älteren Menschen. Dies kann nach unseren Angaben nicht bestätigt werden. Der größere Anteil der Patienten stand in den aktivsten Lebens- und Berufsjahren. Der Altersgipfel lag zwischen 45 und 50 Jahren und zwischen 60 und 65 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 51,9 Jahre. Der in der Literatur angegebene höhere Wert an komplizierten Frakturen läßt sich in diesem Krankengut finden. Die meisten Vier-Segment-Frakturen traten zwischen 70 und 75 auf. Drei-Segment-Frakturen zwischen 45 und 50 Jahren, die Zwei-Segment-Frakturen zwischen 60 und 65 Jahren.

Die Geschlechtsverteilung ist in unserem Krankengut deutlich auf die Seite der weiblichen Patienten verschoben.

Entgegen der Verteilung in der Literatur traten in unserem Krankengut deutlich mehr Frakturen auf der linken als auf der rechten Seite auf.

Vergleicht man die Häufigkeiten der verschiedenen Unfallursachen mit der vorhandenen Literatur, so ist auch in unserem Krankengut die Anzahl der Frakturen durch Verkehrsunfälle mit 41% (Literatur 47%) am häufigsten.

Unfallursache	Eigenes Krankengut (n=67)	Literatur (n= 167)
Verkehrsunfall	41%	47%
Hausunfall	32%	31%
Sportunfall	9%	8%
Arbeitsunfall	3%	11%
Anfall	4%	-
Freizeit	10%	-
Sonstiges	1%	-

Tabelle 12:

Relative Häufigkeit der Unfallursachen in der Literatur [73] und im eigenen Krankengut

Die anderen Angaben decken sich größtenteils mit den Angaben der Literatur.

Bei der statistischen Auswertung der Begleitverletzungen dominieren in unserem Krankengut vor allem die Polytraumen. So erlitten von 67 Patienten elf Patienten die Humeruskopffraktur oder subcapitale Humerusfraktur im Rahmen eines Polytraumas

(16,4%), während es in der Literatur nur durchschnittlich 7,5% waren. Diese Tatsache läßt sich dadurch erklären, daß es sich bei unserer Klinik um ein Zentrum der Maximalversorgung handelt, die dadurch eine höhere Rate an Schwer- und Schwerstverletzten aufweist.

Der Anteil an neurovaskulären Schäden ist in dieser Studie sehr gering. Nervläsionen ließen sich hier nicht finden. Primäre Gefäßläsionen traten auch nicht auf. Demgegenüber werden in der Literatur Häufigkeiten von durchschnittlich 13,9% für neurologische und 1,8% für vaskuläre Ausfälle beschrieben.

3. Bewertung der einzelnen Osteosyntheseverfahren

Vergleicht man verschiedene Osteosyntheseverfahren unter dem Aspekt rationeller Therapieverfahren, so bietet es sich an, zunächst auf die intraoperativen Parameter einzugehen. Hier fallen die Schraubenosteosynthesen positiv auf. Man muß jedoch in Betracht ziehen, daß der Anteil an komplexen Frakturen sehr hoch ist und die langen Operationszeiten nicht nur auf das angewandte Osteosyntheseverfahren zurückzuführen sind.

Auch die Dauer des stationären Aufenthaltes wird maßgeblich durch den Schweregrad der Fraktur und die vorhandenen Begleitverletzungen beeinflusst. Positiv fällt hier die Kirschner-Drahtung auf.

Die in unserem Krankengut dargestellte Komplikationsrate bezieht sich besonders auf die Kirschner-Drahtung und die Schraubenosteosynthese. Intraoperative Komplikationen wurden besonders bei der Seidelnagelung beschrieben, dieses Ergebnis bezieht sich jedoch auf nur zwei Fälle und ist damit statistisch nicht aussagekräftig.

Als späte Komplikationen treten v. a. die Neer-Prothesen in den Vordergrund. Hier ist eine Komplikationsrate von 100% beschrieben, allerdings lagen nur drei Fälle vor.

In der Literatur wird das Hauptproblem der Kirschner-Drahtung in der Lockerung der Drähte gesehen 15% (n= 120). Oberflächliche Infektionen werden nur mit 7,5% beschrieben [3][44][67][92].

Bei der Plattenosteosynthese tritt das Hauptproblem bei tiefen Infektionen auf (7,1%), die Lockerung der Platte beträgt nur 3,2% (n=156)[68][73][87][92].

Vergleicht man die verschiedenen Osteosyntheseverfahren miteinander, so zeigt sich bezüglich der Gesamtkomplikationsrate eine Überlegenheit der Kirschner-Drahtung. Die Schraubenosteosynthese war die am häufigsten angewandte Osteosyntheseart.

3.1. Frakturen durch das Collum anatomicum

Eine solitäre Fraktur durch das Collum anatomicum war in diesem Krankengut sehr selten. Nur vier von 67 Patienten waren auf diese Weise betroffen.

Die Frakturen wurde jeweils osteosynthetisch mit Kirschner-Drähten (2) und mit Schrauben (1) versorgt. Eine Fraktur wurde reponiert und ohne Osteosynthesematerial behandelt. Das Spätergebnis ließ sich anhand der Nachuntersuchung bei allen vier Patienten erheben.

Es kam in keinem Fall zur Humeruskopfnekrose, was dafür spricht, das der Humeruskopf trotz der prekären Blutversorgung erhalten werden konnte. Habermeyer et al. [43] empfehlen zu diesem Zweck eine Zugschraubenosteosynthese, sofern die Reposition nicht geschlossen liegt.

3.2. Subcapitale Frakturen

Diese Fraktur lag 13 mal vor. Bei keinem dieser Patienten entwickelte sich eine Humeruskopfnekrose. Acht dieser Patienten besuchten die Nachuntersuchung. Davon hatten sieben der Patienten eine ausgezeichnetes, ein Patient ein befriedigendes Ergebnis.

Zwei der Patienten wurden ohne Osteosynthesematerial versorgt, sechs Patienten wurden mit Kirschner-Drähten versorgt, nur drei mit Schrauben. Drei Patienten hatten Bündelnägel. Einer dieser Patienten hatte sowohl Kirschner-Drähte als auch Schrauben. Das befriedigende Ergebnis erzielte der versorgte Patient mit Kirschner-Drähten.

Betrachtet man diese vorteilhaften Verfahren bei konservativ nicht behandelbaren subcapitale Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen, so kann man sich der Empfehlung anderer Autoren [43][73] anschließen. Eine Plattenosteosynthese kommt dann nur bei sehr komplizierten Frakturen mit metaphysärer Trümmerzone in Betracht, bei der das Osteoporoserisiko gering einzuschätzen ist.

3.3. Solitärer Abriß des Tuberculum majus

Zu einem solitären Abriß des Tuberculum majus kam es in drei Fällen. In zwei Fällen wurden Kirschner-Drähte und Schrauben verwendet, im dritten kamen nur Kirschner-Drähte zur Anwendung. Es kam bei keinem der Patienten zu einer Pseudarthrose oder Humeruskopfnekrose.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß durch eine Minimalosteosynthese mit Kirschner-Drähten und / oder Zugschrauben eine ausreichende Retention erzielt werden kann. Diese Aussage wird auch von anderen Autoren bestätigt [43][92].

3.4. 3-Segment-Frakturen

Eine Drei-Segment-Fraktur erlitten 22 Patienten. Insgesamt ließ sich bei dieser Bruchform nur eine Kopfnekrose finden.

Hier dominieren eindeutig die Schraubenosteosynthesen gefolgt von Plattenosteosynthese. Die Fraktur, die zur Kopfresektion führte, war zuvor mit einer T-Platte und sechs Kortikalisschrauben versorgt. Der Patient entwickelte eine Osteitis. Von sieben Plattenosteosynthesen waren vier Osteosynthesen mit Komplikationen behaftet. Einmal kam es zu Humeruskopfnekrose. In einem Fall drohte die Schulter einzusteifen, in einem anderen Fall verlagerte sich der Humerusschaft nach kaudal. Einmal wurde ein Endobon-Zylinder notwendig.

Die Osteosynthese mit Platten zeigen hier eher ernüchternde Resultate. Die nicht optimale Verträglichkeit des Osteosynthesematerials mag nicht zuletzt daran liegen, daß es unter der Platte während des Heilungsprozesses zu osteoporotischen Veränderungen kommen kann. Die Verfahren mit einer Schraubenosteosynthese zeigen hier eindeutig bessere Ergebnisse. Dies kann auf die Mikrobewegungen während der Heilung zurückgeführt werden.

Zwölf dieser Patienten nahmen an der Nachuntersuchung teil. Davon waren sechs Ergebnisse fehlgeschlagen, ein Ergebnis befriedigend, ein Ergebnis ungenügend und vier Resultate waren ausgezeichnet.

Den Literaturangaben zufolge wird die Minimalosteosynthese mit offener Kirschner-Drahtung und Zuggurtung gegenüber der Plattenosteosynthese bevorzugt

[22][43][46][73]. In unserem Krankengut wurden zwei Zuggurtungen und sieben Kirschner-Drahtungen ermittelt.

3.5. 4-Segment-Frakturen

Die Vier-Segment-Frakturen haben die schlechteste Prognose der vorgestellten Frakturformen. Bei acht Patienten konnte eine solche Fraktur diagnostiziert werden.

Vier der Patienten wurden ohne Osteosynthesematerial versorgt. Zwei Patienten wurden mit Kirschner-Drähten und Schrauben versorgt, ein Patient erhielt zusätzlich eine Zuggurtungsosteosynthese und ein Patient wurde nur mit Schrauben versorgt.

Vier der Patienten besuchten die Nachuntersuchung. Die Ergebnisse reichten von der Note „ausgezeichnet“ über „befriedigend“, „unbefriedigend“, wo es zur Nekrose kam, bis zum „Fehlschlag“. Hier ist eine Bewegungseinschränkung verblieben.

Ein Patient entwickelte eine Pseudarthrose und eine Fistel. Nach Metallentfernung wurde ihm ein Neer-Prothese implantiert.

Ein Patient, der nur Schrauben erhalten hatte, entwickelte eine Humeruskopfnekrose. Das Ergebnis der Nachuntersuchung war unbefriedigend. Ein Patient, der kein Osteosynthesematerial erhalten hatte, zeigte ein ausgezeichnetes Ergebnis. Ein befriedigendes Ergebnis lag bei Kirschner-Drahtung und Schrauben vor. Hier hatte der Patient zunächst keine eindeutige Kallusbildung, es lag keine anatomische Stellung vor. Ein Patient mit fehlgeschlagenem Ergebnis hatte nach Implantierung von Kirschner-Drähten und Schrauben eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung.

Obwohl es in zwei Fällen zu einem unbefriedigendem Ergebnis gekommen ist, kann behauptet werden, daß diese Frakturen durchaus mit Kirschner-Drähten oder Schrauben versorgt werden können [43][78][129][141].

3.6. Luxationsfrakturen

In unserer Studie befinden sich neun Patienten mit einer Luxationsfraktur, die nach Neer der Klasse sechs zugeordnet wurden.

Von diesen Patienten nahmen sieben an der Nachuntersuchung teil. Ein Patient war beidseitig betroffen. Der Unfallmechanismus war ein Starkstromtrauma.

Fünf der Patienten waren mit Schrauben versorgt, ein Patient mit Kirschner-Drähten, zwei Patienten mit Kirschner-Drähten und Schrauben. Einem Patienten wurde hier später eine Neer-Prothese implantiert. Hier war das Osteosynthesematerial instabil. Einmal wurde mit Zuggurtung und Kirschner-Drähten gearbeitet. Das Ergebnis führte hier zu drei ausgezeichneten Werten, zwei unbefriedigenden Ergebnissen und drei fehlgeschlagenen Zahlen. In keinem der Fälle kam es zur Kopfresektion, nur einmal zum Einsatz einer Neer-Prothese.

Alternativ zur primären Humeruskopfresektion bietet sich bei den irreponiblen Luxationstrümmerfrakturen auch der endoprothetische Ersatz an wie ihn Neumann et al. empfehlen [103].

4. Offene Frakturen

Offene Frakturen werden am proximalen Humerus sehr selten beobachtet. Im untersuchten Krankengut fanden sich zwei Frakturen. In einem Fall handelte es sich um eine III° offene subcapitale Humerusfraktur, im anderen Fall um eine traumatische Oberarmamputation bei subcapitaler Humerusfraktur.

Siebler, Walz, Schmitt und Kuner berichten über zwei offene Frakturen bei 80 Oberarmkopffrakturen [127][129][141]. Spezielle Richtlinien zur Versorgung solcher Verletzungen werden in der Literatur nicht gegeben. Betrachtet man nur Brüche mit Heilungsstörungen, so findet man einen größeren Anteil (31%) an offenen Frakturen [39]. Diese Tatsache ist dadurch zu begründen, daß offene Frakturen ein erhöhtes Risiko für Heilungsstörungen haben.

Aufgrund der geringen Fallzahl kann keine Richtlinie zur Versorgung offener Frakturen des proximalen Humerus gegeben werden. In beiden Fällen wurden Kirschner-Drähte verwendet. Die Frakturen verheilten im ersten Fall ohne Komplikationen, im zweiten Fall bei der traumatischen Oberarmamputation kam es postoperativ zu einem massiven Lymphstau. In beiden Fällen gab es keine Schwierigkeiten oder Unverträglichkeiten des Osteosynthesematerials. Die drittgradig offene Fraktur hatte in der Nachuntersuchung ein ausgezeichnetes Ergebnis, die andere offene Fraktur ist befriedigend bewertet worden.

5. Kindliche Frakturen

Die Therapie kindlicher subcapitaler Humerusfrakturen oder Humeruskopffrakturen bereitet in der Regel keine besonderen Probleme. Da eine auf den Humerus einwirkende Kraft in der Epiphysenfuge eine natürliche Schwachstelle vorfindet, kommt es typischerweise im Kindesalter zu Epiphysenfugenfrakturen. Im untersuchten Krankengut kam es zu zwei kindlichen Frakturen. Hierbei handelte es sich um eine Salter-Harris I und eine Salter-Harris II (Aitken I) Fraktur. Als Frakturursache dienten in beiden Fällen ein Reitunfall.

Frey und Klöti berichten über sechs Verkehrsunfällen bei 56 untersuchten Kindern [33] und auch Siebler et al. fanden in einer Studie mit 24 Kindern nur sechs Verkehrsunfälle [127]. Die operative Versorgung der kindlichen Humerusfrakturen erfolgte durch Kirschner-Drähte: Komplikationen traten in diesem Krankengut nicht auf. Da leider keiner der beiden Patienten an der Nachuntersuchung teilgenommen hat, kann keine Aussage über die Spätresultate gemacht werden.

Es kann festgehalten werden, daß die subcapitalen Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen bei Kindern Verletzungen mit günstiger Prognose sind. Ist die operative Versorgung dieser Fraktur notwendig, so erreichen die Kirschner-Drähte eine ausreichende Retention und führen bei weitgehender Schonung der Weichteile in der Regel zu guten Spätergebnissen. Zu diesem Resultat kamen auch Frey et al. [33], von Laer [76], Müller [90] und Siebler et al. [127].

Zur Erleichterung der Intensivtherapie ist bei polytraumatisierten Kindern die übungsstabile Plattenosteosynthese indiziert. Gerade bei Schädelhirntraumen mit motorischer Unruhe kann es sonst leicht zu Sekundärdisklokationen mit der Gefahr von Sekundärschäden in Form von Nerven- und Gefäßläsionen kommen. Diese Vorgehensweise wird auch von Frey et al. empfohlen [33].

6. Zusammenfassung

In der Zeit von 1991 bis 1998 wurden in der unfallchirurgischen Universitätsklinik in Münster 67 Patienten mit subcapitalen Humerusfrakturen und Humeruskopffrakturen behandelt.

Die Krankenakten, Ambulanzakten und Röntgenbilder dieser Patienten wurden ausgewertet und die Osteosyntheseverfahren unter rationellen Gesichtspunkten verglichen. Die im August 1999 durchgeführte Nachuntersuchung ermöglichte die Einschätzung der operativen und konservativen Spätergebnisse von 44 Patienten anhand der Bewertungsskala von Neer.

Die Fraktureinteilung erfolgte basierend auf der von Neer eingeteilten Frakturklassifikation und der AO-Klassifikation. Eine Zuordnung war in 64 Fällen möglich. Bei drei Patienten war die Klassifikation aufgrund fehlender Unterlagen und fehlender Röntgenbilder nicht möglich.

Die Auswertung der Unterlagen zeigte sowohl hinsichtlich der Komplikationsraten als auch der Spätresultate eine deutliche Abhängigkeit vom Frakturtyp bzw. der Anzahl der dislozierten Fragmente.

Bei den einfacheren Frakturformen mit zwei dislozierten Segmenten konnte bezüglich der Operationsverfahren eine Überlegenheit der Minimalosteosynthese durch Kirschner-Drahtung oder Schrauben festgestellt werden. Dieses Therapieverfahren erfordert kürzere Operationszeiten und ist auch für ältere Patienten geeignet.

Anhand der Nachuntersuchung ist festzustellen, daß diese Frakturart ein recht gutes Heilungsergebnis zeigt. Von acht nachuntersuchten Fällen waren sieben Ergebnisse ausgezeichnet und eins befriedigend.

Bei den Mehr-Segment-Frakturen zeigen die Drei-Segment-Frakturen bei Anwendung von Osteosyntheseplatten ein eher schlechtes Ergebnis. Von sieben Plattenosteosynthesen gab es vier Komplikationen. Die Verwendung von Kirschner-Drähten (7) und Schrauben (12) konnte hier positiv beurteilt werden.

Bei den Vier-Segment-Frakturen lag ein befriedigendes Ergebnis bei Kirschner-Drähten und Schrauben vor. Ansonsten war das Nachuntersuchungsergebnis eher mittelmäßig und in jeder Spalte der nachuntersuchten Kriterien vorhanden. Luxationsfrakturen

wurden mit Kirschner-Drähten und Schrauben behandelt. Von sieben Nachuntersuchten Patienten führte nur zu drei ausgezeichneten Ergebnissen.

Der Einsatz von Osteosyntheseplatten ist im Zeitraum des untersuchten Krankengutes seltener geworden. So kam es zu nur 10 Plattenosteosynthesen von 1991-1998. Dies kam nicht zuletzt dadurch, daß die Schraubenosteosynthese zunehmend an Bedeutung gewann. Das mag auch daran liegen, daß die Osteoporosegefahr unter der Platte bei Plattenosteosynthese ungleich höher ist als bei Schraubenosteosynthesen.

Die Schraubenosteosynthese gründet ihre guten Heilungsergebnisse auf die Mikrobewegungen, die während der Tragezeit des Implantates entstehen.

Primäre Humeruskopfresektionen wurden im gegebenen Krankengut nicht durchgeführt. In zwei Fällen kam es zu einer sekundären Kopfresektion. Ein Ergebnis verlief befriedigend, das andere war als Fehlschlag zu beurteilen.

Diese Frakturformen stellten Ausnahmeindikationen zu Entfernung des Kopfes dar, weil keine ausreichende Reposition erreicht werden konnte und eine große Gefahr der avaskulären Nekrose bestand. In diesen Fällen sollte auch der primäre Einsatz einer Endoprothese erwogen werden, zumal die ersatzlose Resektion meist zu schlechten Spätresultaten führt.

IV. Literaturverzeichnis

- [1] **Aitken, A. P.**
Fractures of the Proximal Humeral Epiphysis,
in: Surg Clin. N. Amer. 32: 1573-1580 (1963)
- [2] **Albrecht, F.**
Die abgewinkelte Drittelrohrplatte zur Osteosynthese dislozierter Humerusfrakturen durch das Collum anatomicum,
in: Unfallchirurgie 9: 14-16 (1983)
- [3] **Angehrn, F., Schultheiss, H.-R.**
Die perkutane Bohrdrahtosteosynthese der proximalen Humerusfraktur,
in: Z Unfallchir Versicherungsmed Berufskr, Band 79 Heft 3: 155-160 (1986)
- [4] **Bandi, W.**
Zur operativen Therapie der Humeruskopf- und Halsfrakturen,
in: Hefte Unfallheilkunde 126: 38-45 (1976)
- [5] **Barnes, C. E., Shuler, T. E.**
Complications associated with the seidel nail,
in: Orthop Rev: 699-706 (1993)
- [6] **Bartsch, S., Hullmann, S., Hillrichs, B., Giers, R.**
Die Osteosynthese der dislozierten Humerusfrakturen mit der winkelstabilen proximalen Oberarm-Platte,
in: Akt Traumatol 31: 64-71 Thieme Verlag Stuttgart (2001)
- [7] **Bastiani de, G., Aldegheri, R., Brivio, L. R.**
The treatment of fractures with a dynamic axial fixator
J Bone Joint Surg 66- Br: 538-545 (0000)
- [8] **Benninghoff**
Anatomie
Band I
15. Auflage,
in: Urban und Schwarzenberg (1994)
- [9] **Berthold, R., Hamelmann, H., Peiper, H.-J.**
Chirurgie,
in: Urban und Schwarzenberg: München- Wien- Baltimore (1987)
- [10] **Blum, J., Rommens, P. M.**
Proximale Verriegelung von Humerusmarknägeln und Verletzungsrisiko des N. axillaris,
in: Unfallchirurg 105: 9-13 (2002)
- [11] **Böhler, L.**
Die Behandlung von Verrenkungsbrüchen der Schulter,
in: Deutsche Zeitung für Chirurgie, 219: 238-245, (1929)
- [12] **Bohndorf, K., Imhof, H.**
Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke,
in: Georg Thieme Verlag Stuttgart- New York (1998)
- [13] **Boss, A., Hintermann, B.**
Primäre Versorgung der Humeruskopfrümmersfraktur beim älteren Patienten mit einer Kopfprothese,
in: Unfallchirurg 100: 867-873 (1997)

- [14] **Bosscha, K., van der Velde-Zimmermann, D., van der Werken, C.**
Doppelseitiger Luxationsbruch des Humeruskopfes
Arthroplastik und/oder Arthrodesse,
in: Unfallchirurg 101: 405-407 (1998)
- [15] **Brooks, C. H., Carvell, J. E.**
External fixation for fracture-dislocations of the proximal humerus,
in: J Bone Joint Surg 71-Br: 864-865 (1989)
- [16] **Burri, C., Beck, H., Ecke, H. u. a.**
Unfallchirurgie,
in: Springer: Berlin- Heidelberg- New York (1982)
- [17] **Calvisi, V., Morico, G., Nasi, M., Caruccio, P., Romanini, L.**
Current trends in conservative treatment of fractures of the proximal humerus,
in: Ital J Orthop Traumatol 17: 179-186 (1991)
- [18] **Chmiel, Carsten**
Rationelle Therapie von Humeruskopffrakturen
Eine retrospektive Studie des Patientengutes der Jahre 1974 bis 1990,
aus der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität
Münster (Direktor: Univ. Prof. Dr. med. E. Brug)
- [19] **Cliffort, P. C.**
Fractures of the neck of the humerus: a review of the late results,
in: Injury 12: 91-95 (1980)
- [20] **Codman, E. A.**
The shoulder, rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa
In: Boston: T. Todd 1934
- [21] **Cofield, R. H., Briggs B. T.**
glenohumeral arthrodesis,
in: J Bone Joint Surg 61- Am:668 (1979)
- [22] **Cofield, R. H.**
Comminuted fractures of the proximal humerus,
in: Clin Orthop and Related Research 230: 49-57 (1988)
- [23] **Damanakis, K., O. Schaal, J. Mann, K.H. Müller**
Ein modifiziertes Behandlungskonzept bei Humeruskopffrakturen des älteren Menschen,
in: Unfallchirurg 99: 561-568 (1996)
- [24] **Dameron, T. B., Reibel, D. B.**
Fractures involving the proximal Epiphyseal Plate,
in: J Bone Joint Surg 51-A: 289-297 (1969)
- [25] **Debrunner, A. M.**
Orthopädie,
in: Bern- Stuttgart- Toronto: Hans Huber (1988)
- [26] **Durst**
Traumatologische Praxis
In einem Band
Standards in Diagnostik und Therapie für alle Fachgebiete,
in: Schattauer (1996)
- [27] **Ehalt, W.**
Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen,
in: Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen, Enke, Stuttgart (1961)
- [28] **Enes-Gaiao, F.**
Zur Indikation und Technik der Spickdraht-Osteosynthese bei subcapitaler Humerusfraktur,
in: Hefte Unfallheilkunde 128: 32-34 (1976)

- [29] **Esser, R. D.**
Open reduction and internal fixation of three and four-part fractures of the proximal humerus,
in: Clin Orthop 229: 244-251 (1994)
- [30] **Evans, P. E. L.**
Cerclage fixation of a fractured humerus in 1775,
in: Clin Orthop and Related Research 174: 138-142 (1983)
- [31] **Evans, P. D., Conboy, V. B. L., Evans, E. J.**
The Seidel humeral locking nail: an anatomical study of the complications from locking screws,
Injury 24: 175-176 (1993)
- [32] **Frankenberger, A., Münch, E., O., Wolpert, F.,**
Verletzungen des Schultergürtels beim alpinen Skisport,
in: Fortschr Med 99: 733-739 (1981)
- [33] **Frey, Ch., Klöti, J.**
Spätresultate der subkapitalen Humerusfraktur im Kindesalter,
in: Z Kinderchir 44: 280-282 (1989)
- [34] **Frich, L. H., Sojbjerg, J.O., Sneppen, O**
Shoulder arthroplasty in complex acute and chronic proximal humeral fractures,
in: Orthopedics (Thorofare, NJ) 14: 949-954 (1991)
- [35] **Gerber, C., Schneeberger, A., G., Vinh, T.**
The arterial vascularisation of the humeral head,
in: J Bone Joint Surg Am 72:1486-1494, (1990),
in: **Szyszkowitz, R., Schippinger, G.**
Die Fraktur des proximalen Humerus,
in: Der Unfallchirurg 102: 422-428 (1999)
- [36] **Giebel, G., Suren, E. G.**
Verletzungen der proximalen Humerusepiphyse,
in: Chirurg 54: 406-410 (1983)
- [37] **Giebel, G., Tscherne, H., Reißmann, K.**
Die gestörte Frakturheilung am Oberarm,
in: Unfallchirurg 89: 353-360 (1986)
- [38] **Giebel, G.,**
Proximaler Oberarm,
in: Hefte Unfallheilkunde 197: 57-59 (1988)
- [39] **Giebel, G.**
Frakturheilungsstörungen des Oberarms
Unfallchirurgie 94: 468-470 (1991)
- [40] **Graf R., Scholl R., Morscher E.**
Humeruskopfersatz als „Rettungsoperation“ nach Luxationstrümmerfrakturen des Schultergelenkes,
in: Orthopäde 16: 336-339 (1987)
- [41] **Grafe, S.**
Die Subluxation des Humeruskopfes bei subkapitalen Frakturen,
in: Beitrag Orthopädische Traumatologie 34: 614-617 (1987)
- [42] **Habermeyer, P., Schweiberer, L.,**
Frakturen des proximalen Humerus,
in: Orthopäde 18: 200-207 (1989)
- [43] **Habermeyer, P., Schweiberer, L.**
Oberarmkopffrakturen. Konservative und operative Differentialtherapie,
in: Unfallchirurg 94: 438-446 (1991)

- [44] **Haupt, P. R., Sagan, P., Duspiva, W.**
Perkutane Kirschner-Draht-Osteosynthese proximaler Humerusfrakturen,
in: chir praxis 40: 257-264 (1989)
- [45] **Hawkins, R. J., Bell, R. H., Gurr K.**
The three-part fracture of the proximal part of the humerus,
in: J Bone Joint Surg 68- Am: 1410-1414 (1986)
- [46] **Hawkins, R. S., Kiefer, G. N.**
Internal fixation for proximal humeral fractures,
in: Clin Orthop 223: 77-85 (1987)
- [47] **Hägg, O., Lundberg, B.**
Aspects of prognostic factors in comminuted and dislocated proximal humeral fractures,
in: **Bateman, J. E., Welch, R. P.**: Surgery of the Shoulder, St. Louis- Toronto- London,
in: Mosby (1984)
- [48] **Heers, G., Torchia, M. E.**
Schulterhemarthroplastik bei proximalen Humerusfrakturen,
in: Orthopäde 2001 30: 386-394 Springer Verlag (2001)
- [49] **Hefti, F., Laer, von L., Morscher, E.**
Prinzipien der Pathogenese posttraumatischer Achsenfehler im Wachstumsalter,
in: Orthopäde 20:324-330 (1991)
- [50] **Hempfling, H.**
Klassifikation von Humeruskopffrakturen,
in: chir praxis 43: 93-98 (1991)
- [51] **Henne-Bruns, Doris, Dürig, Michael, Kremer, Bernd**
Chirurgie,
in: Duale Reihe: Thieme Verlag (2001)
- [52] **Hermann, B., von Torklus, D.**
Schulterlexikon,
in: Ecomed Landsberg/ Lech (1995)
- [53] **Icart, J. F.**
Lettre à response au mémoire de M. Pujol, Médecin de Castres et de l'H*tel-Dieu , sur une amputation naturelle de la jambe avec des réflexions sur quelques autres cas relatifs à cette opération,
in: J Med Chir Pharm (Paris) XLIV 164 (1775)
- [54] **Imhoff, M., Sadr, I., Lehner, J. H., Hasse. F. M., Gahr, R. H.**
Die Bohrdrahtosteosynthese bei subkapitalen Humerusfrakturen:
Perkutanes oder offenes Vorgehen?,
in: Akt Traumatol 22: 65-71 Georg Thieme Verlag Stuttgart (1992)
- [55] **Jaberg, H., Jakob, R.P.**
Trümmerfrakturen des proximalen Humerus,
in: Orthopäde 16: 320-335 (1987)
- [56] **Jahna, H., Wittich, H.**
Konservative Methoden in der Frakturbehandlung,
in: Urban und Schwarzenberg: Wien- München- Baltimore (1985)
- [57] **Jakob, R. P., Ganz, P.**
Proximale Humerusfrakturen,
in: Acta Helv Chir 48:595-610 (1982)
- [58] **Jakob, R. P., Miniaci, A., Anson, P. S., Jaberg, H., Osterwalder, A., Ganz, R. ,**
Four-part valgus impacted fractures of the proximal humerus,
in: J Bone Joint Surgery Br 73:295-298 (1991)

- [59] **Jensen, G., F., Christiansen, C., Boesen, J., Hegedus, V., Transbol, I.**
Epidemiology of postmenopausal spinal and long bone fractures. A unifying approach to postmenopausal osteoporosis,
in: Clin Orthop 166: 75-81 (1982)
- [60] **Jensen, C. H., Hansen, D., Jorgensen, U.**
Humeral shaft fractures treated by interlocking nailing:
a preliminary report on 16 patients,
Injury 23: 234-236 (1992)
- [61] **Jerosch, J., Müller, G.**
Sonographische Befunde bei radiologisch unverschobenen proximalen Humerusfrakturen,
in: Ultraschall in Med. 12: 36-40 (1991)
- [62] **Jostkleigrewe, F., Ludolph, E.**
Die Beurteilung des röntgenologischen Verlaufes nach Osteosynthesen,
in: chir praxis 36: 243-258 (1986)
- [63] **Kaeser, H. I.**
Neurologische Nebenverletzungen bei Luxationen und Frakturen im Bereich der Schultergegend,
in: **Chapchal G.**, Verletzungen und Erkrankungen der Schulterregion, Stuttgart- New York: Thieme (1984)
- [64] **Kay, S. P., Amstutz, H. C.**
Shoulder Hemiarthroplasty at ULCA,
in: Clin Orthop and Related Research 228: 42-48 (1988)
- [65] **Kelsey J. L., Browner, W. S., Selley, D. G., Nevitt, M. C., Cummings, S. R.**
Risk factor for fractures of the distal forearm and proximal humerus,
in: Am J Epidemiol 135: 477-489 (1992)
- [66] **Kessler, S. B., Nast-Kolb, D., Brunner, U., Wischhöfer, E.**
Marknagelung des Oberarms als Alternative zur konservativen Therapie und zur Plattenosteosynthese,
in: Orthopäde 25: 216-222 Springer-Verlag (1996)
- [67] **Kocialkowski, A., Wallace, W. A.**
Closed percutaneous K-wire stabilization of the surgical neck of the humerus,
in: Injury 21: 209-212 (1990)
- [68] **Kristiansen, B., Christensen, S. W.**
Plate fixation of proximal humeral fractures,
in: Acta Orthop Scand 57: 320-323 (1986)
- [69] **Kristiansen, B., Christensen, S., W.,**
Proximal humerus fractures,
in: Acta Othop Scand 58: 124-127 (1987)
- [70] **Kristiansen, B., Kofoed, H.**
External fixation of displaced fractures of the proximal humerus,
in: J Bone Joint Surg 69-Br: 643-646 (1987)
- [71] **Kristiansen, B., Kofoed, H.**
Transcutaneous reduction and external fixation of displaced fractures of the proximal humerus,
in: J Bone Joint Surg 70-Br: 821-824 (1988)
- [72] **Kristiansen, B.**
Treatment of displaced fractures of the proximal humerus: transcutaneous reduction and Hoffmann's external fixation,
Injury 20: 195-199 (1989)
- [73] **Kuner E.H., Siebler G.**
Luxationsfrakturen des proximalen Humerus – Ergebnisse nach operativer Behandlung.
Eine AO-Studie über 167 Fälle.
in: Unfallchirurgie 13: 64-71 (1987)

- [74] **Kwasny, O., Maier, R.**
Die Bedeutung von Nervschäden bei der Oberarmfraktur,
in: Unfallchirurg 94: 461-467 (1991)
- [75] **Kyle, R. F., Conner, T. N.**
External fixation of the proximal humerus,
in: Orthopedics 11: 163-168 (1988)
- [76] **Laer von, L.**
Humerusschaftfrakturen-proximales Drittel, Frakturen und Luxation im Wachstumsalter,
in: Humeruschaftfrakturen-proximales Drittel, Frakturen und Luxation im Wachstumsalter, Thieme (1991)
- [77] **Laing, P. G.,**
The arterial supply of the adult humerus,
in: J Bone Joint Surg 38 A: 1105-1116 (1956)
- [78] **Lee, C.K., Hansen, H. R.**
Post-traumatic avascular necrosis of the humeral head in displaced proximal humeral fractures,
in: J Trauma 21: 788-791 (1981)
- [79] **Lentz, W., Meuser, P.**
The treatment of fractures of the proximal humerus,
in: Arch Orthop Trauma Surg 96: 283-285 (1980)
- [80] **Lichtenhahn, P., Fernandez, D. L., Schatzker, J.**
Analyse zur „Anwenderfreundlichkeit“ der AO-Klassifikation für Frakturen,
in: Helv chir Acta 85: 919-924 (1991)
- [81] **Lill, H., Lange, K., Prasse-Badde, J., Schmidt, A., Verheyden, P., Echtermeyer, V.**
Die T-Platten-Osteosynthese bei dislozierten proximalen Humerusfrakturen,
in: Unfallchirurgie 23: 183-190 (1997)
- [82] **Loitz, D., Könnecker, H., Illgner, A., Reilmann, H.**
Retrograde Marknagelung von Humerusfrakturen mit neuen Implantaten
Analyse von 120 konsekutiven Fällen,
in: Unfallchirurg 101: 543-550 (1998)
- [83] **Magerl, F.**
Frakturen am proximalen Humerus,
in: B. G. Weber, Ch. Brunner, F. Freuler: Die Frakturbehandlung bei Kindern und Jugendlichen,
Springer, Berlin- Heidelberg- New York (1979)
- [84] **Mc Rae**
Praxis der Frakturbehandlung,
in: Gustav Fischer Verlag Stuttgart et al. (1995)
- [85] **Meißner, A.**
Operative Therapie der Humeruskopfluxationsfraktur bei Erwachsenen,
in: Aktuel Traumatol 17: 204-208 (1987)
- [86] **Menk, J., Döbler, A., Döhler, J. R.**
Vaskularisation des Humerus,
in: Langenbecks Archiv für Chirurgie Vol. 382 Issue 3: 123-127 (1997)
- [87] **Moda, S. K., Chadha, N. S., Sangwan, S. S., Khurana, D. K., Dahiya A. S., Siwach, R. C.**
Open reduction and fixation of proximal humeral fractures and fracture-dislocations,
in: J Bone Joint Surg 72-Br: 1050-1052 (1990)
- [88] **Mückter, H.**
Entwicklung eines Osteosyntheseverfahrens zur winkel- und rotationsstabilen Versorgung kopfnaher
Brüche des Oberarmes,
in: Mat-Wiss Werkstofftech 30: 814 (1999)

- [89] **Mückter, H., Herzog, L., Becker, M., Vogel, W., Meeder, P.-J., Buchholz, J.**
Die winkel- und rotationsstabile Osteosynthese proximaler Humerusfrakturen mit der Humerus-Fixateurplatte,
Erste klinische Erfahrungen mit einem neu entwickelten Spezialimplantat,
in: Chirurg 72: 1327-1335 (2001)
- [90] **Müller, V.**
Traumatische Epiphysenlösung und subcapitale Oberarmbrüche bei Kindern,
in: chir praxis 18: 715-718 (1974)
- [91] **Müller, H. A., Koudsi, F.**
Osteosynthesen von Humeruskopf- und Halsfrakturen und ihre Ergebnisse,
in: Aktuel Traumatol 8: 143-148 (1978)
- [92] **Müller, H. A., Walde H.- J.**
Möglichkeiten der operativen Behandlung proximaler Humerusfrakturen und ihre Ergebnisse,
in: chir praxis 27: 257-270 (1980)
- [93] **Müller, M. E., Nazarians, S., Koch, P.**
The AO Klassifikation of fractures,
in: Springer, Berlin Heidelberg New York (1988)
- [94] **Müller, M. E., Allgöwer, M., Schneider, R., Willenegger, H.**
Manual der OSTEOSYNTHESE
AO-Technik,
in: Manual der OSTEOSYNTHESE
AO-Technik,
Berlin u. a.: Springer-Verlag (1992)
- [95] **Munst, E. H., Kuner, E. H.**
Osteosynthese der dislozierten Humeruskopffrakturen,
in: Orthopäde 21: 121-130 (1992)
- [96] **Neer, C. S., B. S. Horwitz**
Fractures of the Proximal Humeral Epiphyseal Plate,
Clin. Orthop. 41: 24-31 (1965)
- [97] **Neer, C., S.,**
Displaced proximal humerus fractures (Part I+II),
in: J. Bone and Joint Surg. 52-Am:1077-1103 (1970)
- [98] **Neer Ch. II.**
Displaced Proximal Humerus Fractures,
in: Part I: J Bone Joint Surg Br 52-A: 1077-1089 (1970)
- [99] **Neer, C. S.**
Displaced proximal humeral fractures
Part II: Treatment of three-part and four-part displacement,
in: Part II: J Bone and Joint Surg 52-A No.6: 1090-1103 (Sept. 1970)
- [100] **Neer, C. S.**
Replacemant arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis,
in: J Bone Joint Surg Am 56:1 (1974)
- [101] **Neer, C. S.**
Four segment klassifikation of displaced proximal humeral fractures.
Instruktional course lectures,
in: Bd. XXIV Mosby, St. Louis, S. 160-169 (1975)
- [102] **Neer, C. S. II**
Shoulder reconstructions,
in: Saunders, Philadelphia (1990)

- [103] **Neumann, K., Muhr, G., Breitfuß, H.**
Die Endoprothese bei Oberarmkopfrümmenbrüchen,
in: Unfallchirurg 91: 451-458 (1988)
- [104] **Ochsner, P. E., Ilchmann, Th.**
Zuggurtungsosteosynthese mit resorbierbaren Kordeln bei proximalen Humerusmehrfragmentbrüchen,
in: Unfallchirurg 94: 508-510 (1991)
- [105] **Paavolainen, P., Björkenheim, J.-M., Slätis, P., Pauku, P.,**
Operative Treatment of severe proximal humeral fractures,
in: Acta orthop scand.54:374-379 (1983)
- [106] **Post, M.**
The Shoulder,
in: Philadelphia: Lea & Febinger 1978
- [107] **Rader, C. P., Keller, H. W., Rehm, K. E.**
Die operative Behandlung dislozierter 3- und 4-Segment-Frakturen des proximalen Humerus,
in: Unfallchirurg 95: 613-617 (1992)
- [108] **Rauber/ Kopsch**
Anatomie des Menschen
Lehrbuch und Atlas
Band I Bewegungsapparat,
in: Georg Thieme Verlag Stuttgart New York (1998)
- [109] **Renné, J., S., Weller**
Verrenkungen und Frakturen der obere Gliedmaßen,
in: J. Rehn (Hrsg.): Unfallverletzungen bei Kindern. Springer, Berlin- Heidelberg- New York (1974)
- [110] **Resch, H., Povacz, P., Fröhlich, R. et al.**
Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus,
in: J Bone Joint Surg Br 79:295-300 (0000)
- [111] **Rierner, B. L., Butterfield S. L., D'Ambrosia, R., Kellam, J.**
Seidel intramedullary nailing of humeral diaphyseal fractures:
A. Preliminary report,
in: Orthopedics 15: 697-699 (1991)
- [112] **Robinson, C. M., Bell, D. M., Court-Brown, C. M., Mc Queen, M. N. M.**
Locked nailing of humeral shaft fractures.
Experience in Edinburgh over a two-year period,
in: J Bone Joint Surg Br: 74: 558-562 (1992)
- [113] **Rose, S. H., Melton, L. J., Morrey, F.B., Ilstrup D. M., Riggs, B.L.,**
Epidemiologic features of humeral fractures,
in: Clin. Orthop. 168: 24-30 (1982)
- [114] **Ruf, W., Pauly, E.**
Zur Problematik der Verriegelungsnagelung,
in: Unfallchirurg 96: 323-328 (1993)
- [115] **Rupf, G., Weise, K.**
Die temporäre Bohrdrahtosteosynthese bei Oberarmkopffrakturen,
in: Aktuel Traumatol 17: 124-130 (1987)
- [116] **Rush, L. V.**
Atlas of Rush pin techniques,
in: Beviron: Meridiam/ MI (1959)
- [117] **Salter, R. B., Harris, R.**
Injuries Involving the Epiphyseal Plate,
in: J Bone Joint Surg 45-A:587-622 (1963)

- [118] **Schai, P., Imhoff, A., Preiss, S.**
Comminuted humeral head fractures: A multicenter analysis,
in: J Shoulder Elbow Surg 4: 319-330 (1995)
- [119] **Schiebler, T. H., Schmidt, W., Zilles, K. (Hrsg.):**
Anatomie: Zytologie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische
Anatomie des Menschen, S. 307-313,
Springer-Verlag Berlin u.a. (1995)
- [120] **Schiebler, T. H., Schmidt, W., Zilles, K. (Hrsg.):**
Anatomie: Zytologie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische
Anatomie des Menschen, S. 274-276,
Springer-Verlag Berlin u.a. (1995)
- [121] **Schratz, W., Wörsdörfer, O., Klöckner, C., Götze, C.**
Behandlung der Oberarmchaftfraktur mit intramedullären Verfahren (Seidel-Nagel, Marchetti-Vicenzi-
Nagel, Prevot-Pins),
in: Unfallchirurg 101: 12-17 (1998)
- [122] **Schwieger, G., Ludoph, E.**
Frakturen des Schultergelenkes,
in: Unfallchirurgie 6: 225-232 (1980)
- [123] **Sehr, J. R., Szabo, R. M.**
Semitubular blade plate for fixation in the proximal humerus,
J Orthop Trauma 2: 327-332 (1989)
- [124] **Selley, D. G., Browner, W. S., Nevitt, M. C., Genant, H. K., Scott J. C.,
Cumming, S. R.**
Which fractures are associated with low appendicular bone mass in elderly woman?,
in: Ann Intern Med 115: 837-842 (1991)
- [125] **Seidel, H.**
Humeral Locking Nail: A Preliminary Report
Orthopedics 12: 219-226 (1989)
- [126] **Seidel, H.**
Verriegelungsnagelung am Humerus,
in: Operat Orthop Traumatol 3: 158-168 (1991)
- [127] **Siebler, G., Kuner, E., H., Schmitt, A.**
Zur operativen Behandlung proximaler Humerusfrakturen bei Kindern und Jugendlichen – Indikationen,
Technik, Spätergebnisse,
in: Unfallchirurgie 10: 237-244 (1984)
- [128] **Siebler, G., Kuner, E., H.**
Spätergebnisse nach operativer Behandlung proximaler Humerusfrakturen bei Erwachsenen,
in: Unfallchirurgie 11: 119-127 (Nr.3) (1985),
- [129] **Siebler, G., Walz, H., Kuner, E. H.,**
Minimalosteosynthese von Oberarmkopffrakturen,
in: Unfallchirurg 92: 169-174 (1989)
- [130] **Speck, M., Regazzoni, P.**
4-Fragment-Frakturen des proximalen Humerus
Alternative Strategien der chirurgischen Behandlung,
in: Unfallchirurg 100: 349-353 (1997)
- [131] **Stableforth, P. G.**
Four-part fractures of the neck of the humerus,
in: J Bone Joint Surg Br 66 : 104-108 (1984)

- [132] **Sturzenberger, M., Forano, E., Jakob, R. P.**
Results of surgical treatment of multifragmented fractures of the humeral head,
in: Arch Orthop Trauma Surg 100: 249-259 (1982)
- [133] **Svend-Hansen, H.**
Displaced Proximal Humeral Fractures-Results of Non-Prosthetic Treatment.
In: Ian Bayley , Lipman Kessel (Hrsg.):
Shoulder Surgery: 205-206 Springer, Berlin et al. (1981)
- [134] **Szyszkowitz, R., Schippinger, G.**
Die Fraktur des proximalen Humerus,
in: Der Unfallchirurg 102: 422-428 (1999)
- [135] **Texhammar, R., Colton, C.**
AO-Instrumente und Implantate
Technisches Handbuch,
in: AO-Instrumente und Implantate, Technisches Handbuch, Springer-Verlag Berlin u. a. (1980)
- [136] **Thomas, G.**
Stromverletzungen am proximalen Humerusende,
in: Arch Orthop Unfallchir 59: 177-181 (1966)
- [137] **Tscherne, H., Gotzen, L.**
Fraktur und Weichteilschaden,
in: Hefte Unfallheilkunde 162: (1983)
- [138] **Towfigh, H., Bühl, W., Obertacke, U.**
Behandlungsergebnisse nach konservativer und operativer Versorgung von proximalen
Oberarmfrakturen,
in: Akt Traumatol 23: 354-360 Georg Thieme Verlag Stuttgart (1993)
- [139] **Vukov, V., Bumbasirevic, M.**
Drahtosteosynthese bei Frakturen im Schulterbereich,
in: Beitr Orthop Traumatol 33: 494-500 (1986)
- [140] **Wahler, G., Dolen, K., Wagner, M., Vécsei, N.**
Die Auswirkungen der Oberarmverriegelungsnagelung nach Seidel auf die Rotatorenmanschette,
in: Osteo Int 2: 104-106 (1995)
- [141] **Walz, H., Siebler, G., Kuner, E. H.**
Möglichkeiten der Minimalosteosynthese bei Mehrsegmentfrakturen des proximalen Humerus,
in: Z Unfallchir. Versicherungsmed. Berufskr. 81: 133-135 (1988)
- [142] **Weigand, H., Müller, H. A., Gutjahr, G., Ritter, G.**
Einteilung der Frakturen des proximalen Humerusendes nach prognostischen und therapeutischen
Gesichtspunkten,
in: Unfallchirurgie 10: 221-236 (1984)
- [143] **Weise, K., Meeder, P. J., Wentzensen, A.**
Indikationen und Operationstechnik bei der Osteosynthese von Oberarmkopfluxationsfrakturen des
Erwachsenen,
in: Langenbecks Arch Chir 351: 91-98 (1980)
- [144] **Wesely, M. S., Barenfeld, P. A., Eisenstein, A. L.**
Rush pin intramedullary fixation for fractures of the proximal humerus,
in: South Med J 70: 818-820 (1977)
- [145] **Wiedemann, E., Trupka, A., Ruchholtz, S., Brunner, U. Schweiberer, L.**
Welche Kriterien bestimmen das Ergebnis operativ versorgter 3- und 4-Fragmentfrakturen des
Humeruskopfes?,
in: Swiss Surg 2: Suppl: 25 (1996)

[146] **Wörsdörfer, O., Magerl, F.**

Operative Behandlung der proximalen Humerusfrakturen,
in: Hefte zur Unfallheilkunde 160: 136-154 (1982)

[147] **Wretenberg, P., Ekelund, A.**

Acute hemiarthroplasty after proximal humerus fracture in old Patients. A retrospective evaluation of 18 patients followed for 2-7 years,
in: Acta Orthop Scand 68: 121-123 (1997)

[148] **Wülker, N.**

100 Jahre Schulter- und Ellenbogenchirurgie,
in: Orthopäde 30: 789-797 Springer Verlag (2001)

[149] **Yamano, Y.**

Comminuted fractures of the proximal humerus treated with Hook Plate,
in: Arch Orthop Trauma Surg 105: 359-363 (1986)

[150] **Zifko, B., Zifko, B., Poigenfürst, J.**

Die Behandlung unstabiler Frakturen am proximalen Humerusende durch elastisch vorgebogene Markdrähte,
in: Unfallchirurgie 13: 72-81 (Nr. 2) (1987)

[151] **Zyto, K., Wallace, W. A., Frostick, S. P., Preston, B. J.**

Outcome after Hemiarthroplasty for three- and four-part fractures of the proximal humerus,
in: J Shoulder Elbow Surg 7: 85-89 (1998)

V. Danksagung

Ich danke Herrn PD Dr. med. U. Joosten für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und die stets gewährte Unterstützung. Mein weiterer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. med. E. Brug für seine umfassende Beratung in allen Sachfragen.

Ein besonderer Dank gilt Gerrit Harnischmacher, dem ich viele Anregungen in Computerfragen zu verdanken habe.

Besonders möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir immer zur Seite standen. Nicht unerwähnt möchte ich Sally, Tom und Fred lassen, die mich mit vielen Ideen unterstützt haben.

VI. Lebenslauf

Sinje Frey
Schmeddingstraße 3D
49149 Münster

4. Dezember 1975	Geboren in Münster als Tochter des Univ.-Prof. Dr. phil. Rainer Frey und Margot Frey, geb. Kleiböhmer
1982-1986	Besuch der Ludgerus-Grundschule in Albachten
1986-1995	Besuch des Annette-von-Droste-Hülshoff-Gymnasiums in Münster
08.06.1995	Abitur
1995-2001	Studium der Zahnmedizin in Münster
26.09.1996	Vorphysikum
03.09.1998	Physikum
19.12.2001	Zahnärztliche Prüfung
21.12.2001	Approbation als Zahnärztin
Famulaturen:	Famulatur im Bereich Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie an der Universitätsklinik Porto Allegre/ Rio Grande do Sul/ Brasilien