Aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie - Abteilung Unfallchirurgie, Plastische-
und Wiederherstellungschirurgie (Prof. Dr. med. K.M. Stürmer) im Zentrum Chirurgie
der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen

**Untersuchung im Rahmen der Qualitätssicherung bei der Versorgung
von Humeruskopffrakturen**

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Tobias Himmelmann

aus

Dortmund

Göttingen 2014

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer

I. Berichterstatter: Prof. Dr. med. K. Dresing

II: Berichterstatter/In:

III. Berichterstatter/In:

Tag der mündlichen Prüfung:

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Stand der Wissenschaft	9
1.1 Epidemiologie	9
1.2 Anatomische Grundlagen	10
1.3 Ätiologie und Risikofaktoren	12
1.4 Symptome und Diagnose	14
1.5 Fraktur-Klassifikation	15
1.5.1 Neer-Klassifikation	16
1.5.2 AO-Klassifikation	18
1.6 Prognose	19
1.7 Behandlung	20
1.7.1 Konservative Behandlung	20
1.7.2 Präoperative Behandlung und Immobilisation	20
1.7.3 Operative Behandlung	21
1.7.4 Schraubenosteosynthese	23
1.7.5 Proximaler Humerusnagel	24
1.7.6 Konventionelle Osteosynthese	25
1.7.7 Winkelstabile Osteosynthese	26
1.7.8 Kinder-Kondylen-Platte	27
1.7.9 Arthroplastik	27
1.8 Risiken und Komplikationen	29
1.9 Osteoporose	30

1.10 Polytrauma	30
2 Fragestellung	31
3 Material und Methodik	31
3.1 Datenschutz	31
3.2 Datenerfassung	31
3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien	31
3.2.2 Auswertung der Patientenakten	32
3.2.3 Auswertung der Röntgenbilder	32
3.3 Statistische Auswertung	33
3.4 Erhobene Daten	33
3.4.1 Tip-Apex-Distance (TAD)	34
3.4.2 Dichteunterschied zwischen Glenoid und Humeruskopf	35
3.4.3 Bewertung des Frakturtyps	36
3.4.4 Bewertung des Polytraumas	36
3.4.5 Bewertung des Body-Mass-Index (BMI)	37
3.4.6 Bewertung des Kortikalis-C-Wertes	38
3.4.7 Bewertung der Osteoporose	38
3.4.8 Bewertung der präoperativen Behandlung	38
3.4.9 Bewertung des Repositionsergebnisses	39
3.4.10 Bewertung der Operationsarten	40
3.4.11 Bewertung der erweiterten ambulanten Physiotherapie (EAP)	40
3.4.12 Bewertung der Continuous-Passive-Motion-Schiene (CPM)	40
3.4.13 Bewertung des Zeitpunktes der Metallentfernung	41
4 Ergebnisse	41

4.1 Zentrale Tendenz	41
4.1.1 Altersverteilung	41
4.1.2 Geschlechterverteilung	42
4.1.3 Verteilung der Frakturtypen	44
4.1.4 Unfallarten	46
4.1.5 Seitenverteilung	47
4.1.6 Dichteunterschied und TAD der kranialen Schraube	48
4.2 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf Tip-Apex-Distance (TAD) und Knochendichte während der Frakturheilung: unbeeinflussbare Faktoren	50
4.2.1 Alter	50
4.2.2 Alter und Frakturtyp nach Neer	53
4.2.2.1 Dislokationsgrad Neer 0 bis II in Altersgruppen	53
4.2.2.2 Dislokationsgrad Neer III bis IV in Altersgruppen	56
4.2.3 Anzahl der Vorerkrankungen	60
4.2.4 Art der Vorerkrankungen	64
4.2.5 Unfallart	67
4.2.5.1 Polytrauma	71
4.2.6 BMI	73
4.2.7 Geschlecht	77
4.2.8 Initiale Kortikalis-C-Messung	79
4.2.9 Zeit zwischen Unfall und Aufnahme	83
4.2.10 Osteoporose	86
4.3 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Tip-Apex-Distance (TAD) und Knochendichte während der Frakturheilung: beeinflussbare Faktoren	89
4.3.1 Präoperative Behandlung	89

4.3.2 Zeit zwischen Unfall und OP	93
4.3.3 Zeit zwischen OP und Mobilisation	97
4.3.4 Repositionsergebnis	100
4.3.5 Operationsart	101
4.3.6 Operationsdauer	105
4.3.7 Nachbehandlung	108
4.3.7.1 Krankengymnastik mit EAP	108
4.3.7.2 CPM-Behandlung	111
4.3.8 Dauer des Krankenhausaufenthaltes	113
4.3.9 Metallentfernung	116
5 Diskussion	118
5.1 Zentrale Tendenz	118
5.1.1 Altersverteilung	118
5.1.2 Geschlechterverteilung	118
5.1.3 Verteilung der Frakturtypen	119
5.1.4 Seitenverteilung	119
5.1.5 Veränderung der Tip-Apex-Distance (TAD) der kranialen Schraube	120
5.1.6 Veränderung der Dichte	121
5.2 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf Tip-Apex-Distance (TAD) und Knochendichte während der Frakturheilung: unbeeinflussbare Faktoren	122
5.2.1 TAD-Veränderung abhängig vom Alter	122
5.2.2 Veränderung der Dichte abhängig vom Alter	122
5.2.3 Alter und Frakturtyp nach Neer	123
5.2.4 Anzahl der Vorerkrankungen	123
5.2.5 Art der Vorerkrankungen	124

5.2.6 Unfallart	125
5.2.6.1 Polytrauma	126
5.2.7 Einfluss des BMI auf die TAD	127
5.2.8 Einfluss des BMI auf die Dichte	128
5.2.9 Einfluss des Geschlechts auf die TAD	129
5.2.10 Einfluss des Geschlechts auf die Dichte	130
5.2.11 Einfluss der initialen Kortikalis-C-Messung auf die TAD	130
5.2.12 Einfluss der initialen Kortikalis-C-Messung auf die Dichte	131
5.2.13 Einfluss der Zeit zwischen Unfall und Aufnahme auf die TAD	132
5.2.14 Einfluss der Zeit zwischen Unfall und Aufnahme auf die Dichte	133
5.2.15 Osteoporose	133

5.3 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Tip-Apex-Distance (TAD) und Knochendichte während der Frakturheilung: beeinflussbare Faktoren

5.3.1 Einfluss der präoperativen Behandlung auf die TAD	135
5.3.2 Einfluss der präoperativen Behandlung auf die Dichte	136
5.3.3 Einfluss der Zeit zwischen Unfall und OP auf die TAD	136
5.3.4 Einfluss der Zeit zwischen Unfall und OP auf die Dichte	137
5.3.5 Einfluss der Zeit zwischen OP und Mobilisation auf die TAD	138
5.3.6 Einfluss der Zeit zwischen OP und Mobilisation auf die Dichte	139
5.3.7 Repositionsergebnis	139
5.3.8 Einfluss der Operationsart auf die TAD	141
5.3.9 Einfluss der Operationsart auf die Dichte	143
5.3.10 Operationsdauer	144
5.3.11 Nachbehandlung	145
5.3.11.1 Einfluss von Krankengymnastik mit EAP auf die TAD	145

5.3.11.2 Einfluss von Krankengymnastik mit EAP auf die Dichte	146
5.3.11.3 CPM-Behandlung	146
5.3.12 Dauer des Krankenhausaufenthaltes	148
5.3.13 Metallentfernung	148
5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	149
6 Zusammenfassung	151
7 Literaturverzeichnis	155

1 Einleitung und Stand der Wissenschaft

1.1 Epidemiologie

Die proximale Humerusfraktur ist eine der häufigsten Frakturen des Menschen. Bei Erwachsenen Patienten stellt sie die siebthäufigste Fraktur dar und die Dritthäufigste unter den älter als 65-Jährigen. Häufiger sind hier nur die distale Radiusfraktur und Frakturen des Oberschenkelhalses (Roux et al. 2012). Mit einer Inzidenz von 70 / 100000 jährlich machen diese Frakturen ca. 4% aller Frakturen des Menschen aus (Court-Brown et al. 2001). Laut dem Statistischen Bundesamt (Destatis 2013) ist die absolute Fallzahl der proximalen Humerusfraktur in Deutschland von 95.202 Fällen im Jahre 2005 auf 109.573 Fälle im Jahre 2011 gestiegen. Hierunter waren 66.816 = 60,98 % weibliche Patientinnen und 42.757 = 39,02 % männliche Patienten. Pro 100.000 Einwohner erleiden pro Jahr 144 der unter 45-Jährigen eine proximale Humerusfraktur, bei den über 45-Jährigen sind es 444 Patienten pro Jahr. Anderer Ansicht sind Court-Brown et al., die ein Durchschnittsalter von 80-89 Jahren nennen (Court-Brown et al. 2001). Der Grund für den hohen Altersgipfel liegt am ehesten im gehäuften Auftreten von Stürzen, Osteoporose und von die Knochen substanz schwächenden Tumoren bei Patienten im Alter zwischen 70 und 90 Jahren (Roux et al. 2012). Frauen sind doppelt so häufig betroffen wie Männer (Roux et al. 2012, Court-Brown et al. 2001). Hierbei spielen sowohl die oft schwächere Knochenstruktur eine Rolle als auch der im Alter sinkende Östrogenspiegel der Frau, wodurch die Gefahr der Osteoporose steigt (Roux et al. 2012). Bei älteren Menschen führen Koordinationsprobleme häufig zu Stürzen und sonstigen Unfällen. Jüngere Patienten sind relativ selten betroffen und erleiden eine proximale Humerusfraktur eher durch Verkehrsunfälle und Hochrasanztraumen. Mit steigendem Alter nehmen Bagatellunfälle als Unfallursache zu, im Alter über 90 Jahre entspricht dies fast 100% der Unfallursachen (Roux et al. 2012, Court-Brown et al. 2001). C.S. Neer hat 1970 85% der Frakturen als nicht disloziert vorgefunden, während dieser Anteil in neueren Studien auf 42% (Plecko 2011) bzw. 49% (Court-Brown et al. 2001) sinkt.

1.2 Anatomische Grundlagen

Die Anatomie des Schultergelenks und des proximalen Anteils des Humerus ist komplex (s. Abb. 1.2-1). Zum einen verlaufen hier viele Leitungsbahnen - Gefäße und Nerven, zum anderen ist das Schultergelenk kompliziert und verletzungsanfällig strukturiert. Der proximale Humerus besteht aus Schaft, Tuberculum majus und minus sowie dem Caput humeri. Zwischen den beiden Tubercula verläuft der Sulcus intertubercularis, der die Sehne des Caput longum des M. biceps brachii enthält. Das Collum anatomicum beschreibt die Grenze zwischen Caput humeri und dem restlichen Humerus, das Collum chirurgicum befindet sich distal des Tuberculum majus und minus (Schünke et al. 2007). Die knöchernen Strukturen des Thorax, die mit dem proximalen Humerus direkt in Verbindung stehen, be-

Abb.: 1.2-1 Bänder der Schulter (modifiziert; Schünke et al. 2007a)

schränken sich weitgehend auf die Facies articularis der Scapula und den Fornix humeri, der aus dem Lig. coracoacromiale, dem Acromion und dem Processus coracoideus besteht. Das Schultergelenk besteht nicht wie die meisten anderen Gelenke nur aus einem Gelenkkopf mit zugehöriger Pfanne, sondern setzt sich aus fünf Untergelenken zusammen, von denen jedes für sich empfindlich auf strukturelle Veränderungen, z.B. in Folge einer Fraktur, reagiert.

Die Artt. sternoclavicularis und acromioclavicularis (Abb. 1.2-2) bilden zusammen die echten Schultergürtelgelenke. Das subakromiale Nebengelenk bezeichnet das Gleitlager zwischen Akromion und Gelenkkopf. Die hier verlaufenden Strukturen können z.B. durch einen fehlerhaften Abriss des Tuberculum majus eingeklemmt werden und Schmerzen verursachen (s. Kapitel 1.8 Risiken und Komplikationen; Impingement). Die Art. humeri, das Humeroskapulargelenk (auch Art. glenohumeralis) zeichnet sich vor allem durch eine geringe Auflagefläche des Gelenkkopfes in der Gelenkpfanne aus. Zwar ist dieses Gelenk

durch einen stabilen Bandapparat gesichert, allerdings ist es trotzdem prädestiniert für Luxationsverletzungen, die vor allem bei Hochrasanztraumen eine Rolle spielen.

Das Labrum glenoidale, eine ca. 5 mm breite Erweiterung des kaudalen Anteils der Art. humeri, schafft eine Vergrößerung der Skapulagelenkfläche, wodurch das Gelenk mehr

Abb.: 1.2-2 Anteile des Schultergelenkes (modifiziert; Schünke et al. 2007 b)

Stabilität erhält. Hier befindet sich auch der Recessus axillaris, eine Ausstülpung der Gelenkkapsel, die weitgehend Abduktions- und Elevationsbewegungen ermöglicht. Das Schulterblatt-Thorax-Gelenk ist wie auch die Art. subacromialis kein echtes, sondern ein Nebengelenk. Es besteht praktisch nur aus lockerem Bindegewebe, das die Facies medialis der Skapula an der Thoraxwand fixiert.

Der N. axillaris verläuft in unmittelbarer Nähe des Collum chirurgicum (Abb. 1.2-3) und ist somit bei Frakturen in diesem Verlauf wie auch durch Haken während Operationen gefährdet (Schünke et al. 2007, Plecko 2011). Weitere Nerven verlaufen meist weiter medial und sind bei proximalen Humerusfrakturen weniger gefährdet als bei Humerusschaftfrakturen, bei denen vor allem der Verlauf des N. radialis im Sulcus n. radialis am dorsalen Humerusschaft eine Rolle spielt.

Abb.: 1.2-3 Nervenverlauf an der Schulter (modifiziert; Schünke et al. 2007 c)

Die arterielle Versorgung des proximalen Humerus (Abb. 1.2-4) ist von besonderer Bedeutung, da es nach Frakturen hier zur Komplikation der Humeruskopfnekrose kommen kann. Die arterielle Versorgung kann von Patient zu Patient unterschiedlich sein; unter physiologischen Bedingungen wird die Versorgung des Oberarmkopfes hauptsächlich durch den Ramus ascendens der A. circumflexa humeri anterior gewährleistet, periostale Äste der A. circumflexa humeri posterior können durchaus in der Lage sein, nach einem Abriss der A. circumflexa humeri anterior ein Überleben des Oberarmkopfes zu sichern (Schünke et al. 2007, Plecko 2011).

Abb.: 1.2-4 Gefäßverlauf an der Schulter (modifiziert; Schünke et al. 2007 d)

1.3 Ätiologie und Risikofaktoren

Es lassen sich grundsätzlich zwei Arten der Entstehung einer proximalen Humerusfraktur unterscheiden: indirekte und direkte Traumen.

Die häufigste Ursache sind **indirekte** Traumen, z.B. Stürze auf die Hand oder den Ellenbogen. Der Altersgipfel bei dieser Art der Fraktur findet sich um das 70. Lebensjahr. Bei Patienten im fortgeschrittenen Alter treten häufig komplizierte Frakturen des Humeruskopfes bei Osteoporose auf, die nicht selten isoliert oder mit Verletzungen derselben Extremität weiter distal vergesellschaftet sind, sogenannte Kettenverletzungen (Plecko

2011). Typischerweise entstehen die proximalen Humerusfrakturen bei älteren Patienten durch Niedrigenergie-Traumen, z.B. Stolpern oder Stürzen aus dem Bett. Neben der Osteoporose treten bei älteren Menschen auch häufiger pathologische Frakturen bei primären Knochentumoren oder Knochenmetastasen auf, die die Knochenintegrität ebenfalls negativ beeinflussen. So führen beim Vorliegen der entsprechenden Risikofaktoren häufig indirekte und auch inadäquaten Traumen zu komplizierten Frakturen.

Die zweite Art sind **direkte** Traumen. Ursache sind häufig Hochrasanztraumen wie sie bei Autounfällen oder beim Sport auftreten. Dementsprechend sind es eher jüngere Menschen, die sich eine Humeruskopffraktur durch direkte Traumen zuziehen (Court-Brown et al. 2001).

Zu beachten ist, dass eine durch ein direktes Trauma entstandene Humeruskopffraktur selten isoliert auftritt, sondern eher in Verbindung mit dem Trauma entsprechenden weiteren Verletzungen, z.B. sogenannten Kettenverletzungen (Plecko 2011). Die Geschlechterverteilung ist bei den jüngeren Patienten identisch verteilt (Court-Brown et al. 2001, Roux et al. 2012). Die Verschiebung der Inzidenz zu den Frauen 2:1 findet sich bei älteren Menschen. Neben metastasierten Malignomen und Osteoporose kann die Entstehung einer Humeruskopffraktur auch durch andere Faktoren begünstigt werden. So kann eine Verminderung der Knochensubstanz (Osteopenie) auch Folge einer Muskelatrophie nach langer Bettlägerigkeit sein. Auch Lymphome können zur Schwächung der Knochensubstanz beitragen. In verschiedenen Studien wurden Risikofaktoren identifiziert, die die Entstehung einer proximalen Humerusfraktur begünstigen. Einer der wichtigsten Risikofaktoren scheint eine Verminderung der Knochenmasse zu sein (Chu et al. 2004, Kelsey et al. 1992, Nguyen et al. 2001, Lee et al. 2002). Ein solcher Zustand ist vor allem mit einer verminderten körperlichen Aktivität und verminderter physischer Robustheit älterer Menschen in Verbindung zu bringen (Chu et al. 2004). Während in manchen Studien ein geringer BMI mit einer steigenden Inzidenz proximaler Humerusfrakturen in Verbindung gebracht wird (Nguyen 2001, Lee et al. 2002), kommen Chu et al. (Chu et al. 2004), die sich mit der speziellen Analyse der Risikofaktoren der proximalen Humerusfraktur beschäftigt haben, zu dem Schluss, dass ein eher hochnormaler BMI das Auftreten dieser Verletzung begünstigt. In der genannten Studie wird außerdem das Verhältnis der Inzidenz zwischen verschiedenen ethnischen Gruppen untersucht, wobei eine afroamerikanische Abstammung eine protektive Auswirkung zu haben scheint. Zu diesem Schluss kommen auch vorhergehende Studien (Griffin et al. 1992, Baron et al. 1994). Bereits erlittene Frakturen sowie Frakturen mütterlicherseits, die auf eine Verminderung der Knochenmasse als zurückzuführen sind (Lee et al. 2002) haben ebenfalls einen Einfluss auf das Risiko der

proximalen Humerusfraktur. Einen besonderen Stellenwert haben nach Chu et al. die Einnahme von Antiepileptika sowie Antidepressiva (Chu et al. 2004), wobei in dieser Studie pathologische Frakturen und vorhergehende Frakturen bei einem Alter von 45 Jahren ausgeschlossen wurden. Depressionen scheinen über eine Erhöhung des Interleukin-6 zur Verminderung der Knochensubstanz beizutragen (Chu et al. 2004). Die Rolle erhöhten Alkoholkonsums wird in manchen Untersuchungen als relevant (Nguyen et al. 2001), in anderen Studien als vernachlässigbar (Chu et al. 2004) eingestuft.

1.4 Symptome und Diagnose

Symptome einer Humerusfraktur sind die typischen Frakturzeichen wie Fehlstellung, Schmerzen, eingeschränkte Beweglichkeit sowie häufig Blutergüsse (Bruch 2008, Lill 2006). Ein Bluterguss kann erst Stunden bis Tage nach dem Unfallereignis auftreten und sich je nach verletzten Gefäßen bis auf die Thoraxwand ausdehnen. Neben Gefäßen können auch alle anderen hier verlaufenden Leitungsbahnen verletzt werden. Der N. axillaris ist aufgrund der normalerweise vorliegenden Anatomie der am häufigsten gefährdete Nerv (Schünke et al. 2007). Für eine Schädigung sprechen eine Abduktionsschwäche der betroffenen Extremität sowie ein Ausfall der Sensibilität über dem M. Deltoideus (Bruch 2008, Schünke et al. 2007). Die Abduktionsschwäche allerdings ist in der Regel bei einem frakturierten Arm schwierig zu überprüfen.

Bei den klinischen Untersuchungen stehen bildgebende Verfahren im Vordergrund. Die erste Diagnose wird durch eine konventionelle Röntgenaufnahme in 2 Ebenen erfolgen (Bruch 2008, Plecko 2011). Eine sogenannte „Traumaserie“ beschreibt die Kombination aus einer a.p. Aufnahme der Schulter (bezogen auf die Skapula), einer seitlichen Y-Aufnahme und einer Axillaaufnahme. In der Regel ist durch diese Röntgendiagnostik die Fraktur ausreichend zu analysieren und eine Einteilung der Fraktur nach der Neer- oder AO-Klassifikation (s.u.) möglich (Bruch 2008). Die Gelenkpfanne ist am ehesten zu beurteilen durch die a.p. Aufnahme 30° von antero-medial nach postero-lateral. Auf diese Weise wird die Gelenkpfanne orthograd *true ap* abgebildet. Eine Fraktur des Tuberculum minus kann auf der Axillaaufnahme ausreichend genau beurteilt werden (Bruch 2008). Vor allem bei vorgeschädigter Knochensubstanz oder entsprechend schwerwiegenden Traumen kann es zu sehr komplizierten Mehrfragmentfrakturen kommen. Um in solchen Fällen die Fraktur genau zu erkennen und die Operation gut planen zu können, ist es empfehlenswert,

eine dreidimensionale Darstellung mittels Computertomographie (CT) zu veranlassen (Plecko 2011). Die Rotatorenmanschette bezeichnet die Sehnen, die den Humeruskopf umschließen mit den zugehörigen Muskeln. Hier kommt es im Rahmen einer proximalen Humerusfraktur regelmäßig zu Verletzungen der Weichteile. Sowohl die Röntgenuntersuchungen wie auch die mittels CT erstellten Bilder sind nicht in der Lage, Weichteilverletzungen mit ausreichender Genauigkeit anzuzeigen. Abrissverletzungen der Rotatorenmanschette können durch eine Kernspintomographie am genauesten diagnostiziert werden (Bruch 2008). Eine solche Kernspintomographie kann auch eingesetzt werden, um eine Humeruskopfnekrose (s. Kapitel 1.8 Risiken und Komplikationen; Humeruskopfnekrose) im späteren Verlauf zu erkennen und zu beurteilen. Ohne großen Aufwand und relativ kostengünstig kann auch die Untersuchung mittels Ultraschall Hinweise auf Beteiligung der Rotatorenmanschette geben. Diese Untersuchungsmethode ist sehr Untersucher-abhängig. Eine weitere Möglichkeit der Diagnosefindung bei der Humeruskopffraktur ist die Szintigraphie. Wenn auch eher selten eingesetzt, kann die Szintigraphie Aufschluss über die Durchblutungssituation geben. Die häufigsten Gründe für die Durchführung einer Szintigraphie im Rahmen einer Humeruskopffraktur sind die Abklärung von Durchblutungsstörungen, die zu einer Humeruskopfnekrose führen können sowie das Erkennen der Bildung von Pseudarthrosen aufgrund nicht einheilender Knochenfragmente. Vor allem im Bereich des Sulcus bicipitalis medialis verlaufende Leitungsbahnen sind bei einer Humerusfraktur gefährdet. Daher muss bei der Diagnosefindung auch immer die neurovaskuläre Funktion überprüft werden. Einfache Methoden, die immer durchgeführt werden sollten, sind das Tasten der peripheren Pulse sowie ein Fingernagel-Test und die Beurteilung der sensiblen, sensorischen und motorischen Funktion distal der Fraktur (Bruch 2008, Bühren und Marzi 2012). Neben Inspektion und Palpation kann in nicht eindeutigen Fällen auch eine Doppler-Sonographie, selten eine Angiographie, erforderlich sein.

1.5 Fraktur-Klassifikation

Die Einteilung nach Neer richtet sich nach der Anzahl der Fragmente. Die zweite Einteilung ist die AO-Klassifikation, mittels welcher die Fraktur in drei verschiedene Hauptgruppen eingeteilt wird. Hier wird auf zwei verschiedene Einteilungen eingegangen, die sich nach jeweils unterschiedlichen Eigenschaften der Fraktur richten. Eine generelle Beschreibung der häufigen Bruchverläufe stammt von Codman (1934). Die vier Hauptfragmente sind demzufolge 1. das Gelenkfragment, 2. das Tuberculum majus, 3. das Tubercu-

lum minus sowie 4. der Schaft. Die Bruchlinie zwischen den beiden Tubercula verläuft am lateralen Rand des Bizepssehnen sulcus.

1.5.1 Neer-Klassifikation

In der Einteilung nach Neer (Neer 1970) werden die verschiedenen Frakturen entsprechend dem Bruchlinienverlauf und der Dislokation der Fragmente beurteilt. Eine Dislokation bedeutet bei dieser Art der Klassifikation entweder eine Verschiebung der Fragmente um > 9 mm und/oder eine Knickbildung $> 45^\circ$ (Plecko 2011). Alle Frakturen mit minimaler Dislokation erhalten die Kategorie I. Hierbei spielen Anzahl und Verlauf der Bruchlinien keine Rolle. Solche Frakturen werden in der Regel konservativ behandelt. Die Kategorie II.2 beschreibt Frakturen entlang des Collum anatomicum mit Dislokation. In der Gruppe II findet sich als häufigste Dislokation eine Verschiebung des Gelenkfragmentes gegenüber dem übrigen Humerus nach medial-kaudal (Bruch 2008). Frakturen, die sich auf einen Bruchlinienverlauf entlang des Collum chirurgicum beschränken, erhalten die Kategorie III.2. Die Gruppen IV und V nach Neer können ineinander übergehen. Zunächst fallen in die Gruppe IV alle Frakturen mit Beteiligung des Tuberculum majus. IV.2 bedeutet ausschließliche Beteiligung des Tuberculum majus mit Dislokation. Als IV.3 schließen sich diejenigen Frakturen an, bei denen es zusätzlich zu einer dislozierten Fraktur entlang des Collum chirurgicum gekommen ist. In die Gruppe V fallen alle Frakturen des Tuberculum minus. V.2 ohne weitere Beteiligung und Gruppe V.3 mit zusätzlicher Beteiligung des Collum chirurgicum. Eine gemeinsame Klasse bilden IV.4 und V.4. Bei dieser Art der Mehrfragmentfrakturen kommt es zu Abbrüchen sowohl des Tuberculum majus als auch der Tuberculum minus sowie zu einer Fraktur entlang des Collum chirurgicum. Entsprechend ihrer Klassifizierung außerhalb der Gruppe I sind diese Frakturen immer disloziert. Alle Luxationsfrakturen fallen in die Gruppe VI. Hier muss zusätzlich unterschieden werden, ob eine Luxation nach anterior oder nach posterior stattgefunden hat. Es gibt die Gruppen VI.1-4 anterior und die Gruppen VI.1-4 posterior. In VI.2 fallen luxierte, dislozierte Frakturen des Tuberculum majus. Kommt es zusätzlich zu einer Fraktur entlang des Collum chirurgicum, spricht man von der Gruppe VI.3, die Klasse VI.4 umfasst Frakturen mit zusätzlicher Beteiligung des Tuberculum minus. Die Einteilung nach Neer wird in der folgenden Abbildung 1.5.-1 verdeutlicht (Bruch 2008):

	Dislozierte Frakturen Zahl der Fragmente		
	2	3	4
I Minimale Dislokation			
II Collum anatomicum
III Collum chirurgicum
IV Tuberculum majus
V Tuberculum minus
anterior VI Luxations- frakturen posterior

Abb.: 1.5.-1 Einteilung der proximalen Humerusfraktur nach Neer (Bruch 2005)

1.5.2 AO-Klassifikation

Die AO-Klassifikation fasst die proximalen Humerusfrakturen unter der Kategorie A-11 zusammen. Im Falle der proximalen Humerusfraktur findet sich demzufolge folgende Einteilung:

AO-11 A1: extraartikuläre, unifokale Fraktur des Tuberculum majus

AO-11 A2: extraartikuläre, unifokale Fraktur, metaphysär eingestaucht

AO-11 A3: extraartikuläre, unifokale Fraktur, metaphysär nicht eingestaucht

Abb.: 1.5.-2 AO A-Klasse (AO Trauma Website a)

AO-11 B1: extraartikuläre, bifokale Fraktur, metaphysär eingestaucht

AO-11 B2: extraartikuläre, bifokale Fraktur, metaphysär nicht eingestaucht

AO-11 B3: extraartikuläre, bifokale Fraktur mit Luxation

Abb.: 1.5.-3 AO B-Klasse (AO Trauma Website b)

- AO-11 C1: intraartikuläre, gering dislozierte Fraktur
- AO-11 C2: intraartikuläre, deutlich verschobene Fraktur
- AO-11 C3: artikuläre Fraktur mit glenohumeraler Verrenkung

Abb.: 1.5.-4 AO C-Klasse (AO Trauma Website c)

1.6 Prognose

Die Prognose der proximalen Humerusfraktur ist von vielen Faktoren abhängig. Eine wichtige Rolle spielen das Alter und die Compliance des Patienten. Auch andere beim Patienten vorliegende Grunderkrankungen wie Gefäßerkrankungen oder Osteoporose können sich negativ auf die Prognose auswirken. Der bedeutendste Faktor im Hinblick auf einen zufriedenstellenden Verlauf ist die Art der Fraktur. Generell verlaufen unverschobene Frakturen eher zufriedenstellend, während sich bei Mehrfragment-Frakturen oder ungünstigem Bruchlinienverlauf häufig Probleme ergeben (Plecko 2011, Bruch 2008). Die sogenannte posttraumatische Omarthrose z.B. entwickelt sich aufgrund verschoben verheilten Bruchstücke, die zu einem vorzeitigen Verschleiß führen.

Ca. 85% der Frakturen können konservativ behandelt werden und zeigen einen relativ günstigen Verlauf, während Luxationsfrakturen ebenso wie die oben erwähnten Mehrfragmentbrüche eher ungünstig verlaufen (Plecko 2011). Je mehr Segmente bestehen, desto ungünstiger ist die Prognose für den Patienten. Im Hinblick auf eine Humeruskopfnekrose kann in der Röntgenaufnahme nach einem Knochensporn gesucht werden, der vom Gelenkfragment zum Schaft reicht. Über einen solchen Sporn können periostale Gefäße die Durchblutung des Gelenkfragmentes aufrecht erhalten (Plecko 2011). Entsprechend muss die operative Versorgung mit aller Vorsicht erfolgen, um nicht noch vorhande-

ne Gefäße zu zerreißen. Die Blutversorgung ist bei Dislokationen des Humeruskopfes um >9 mm nach medial oder >6 mm nach lateral regelmäßig unterbrochen (Plecko 2011).

1.7 Behandlung

1.7.1 Konservative Behandlung

In der Mehrzahl der Fälle wird die proximale Humerusfraktur konservativ, nicht operativ behandelt. Ca. 85% dieser Frakturen sind primär stabil oder können reponiert werden und bedürfen somit keiner Operation (Plecko 2011). In diesen Fällen ist eine Immobilisierung mittels eines Gilchrist- oder Desaultverbandes angezeigt, um den Arm für 1 bis 2 Wochen ruhig zu stellen (Bruch 2008). Nachdem durch die Ruhigstellung eine Abschwellung des Armes erreicht worden ist, kann manchmal schon nach wenigen Tagen mit der Mobilisierung begonnen werden. Am Anfang stehen hier passive Pendelbewegungen, die nach einigen Wochen durch aktive Bewegungsübungen ergänzt werden. Vorsicht ist geboten bei Rotationsbewegungen, die in den ersten Wochen weder aktiv noch passiv ausgeführt werden sollten (Bruch 2008). Die Möglichkeiten der Immobilisation bei der konservativen Behandlung werden im folgenden Kapitel 1.7.2 - Präoperative Behandlung und Immobilisation - besprochen.

1.7.2 Präoperative Behandlung und Immobilisation

In der Regel wird der betroffene Arm von Patienten mit einer proximalen Humerusfraktur präoperativ durch eine Schienung ruhiggestellt. Hierzu eignen sich verschiedene Verbandsarten (s. Abb1.7-1). Der Gilchrist-Verband ist ein häufig gebrauchtes Hilfsmittel zur Ruhigstellung des Oberarmes. Seine Funktionsweise ähnelt der des Desault-Verbands, der eine noch stringentere Ruhigstellung der Extremität gewährleistet.

Abb.: 1.7.-1 (a) Dreieckstuch und Verbandmaterial,(b) shoulder immobilizer,(c) Gilchrist Verband (AO Trauma Website d)

Präoperativ kann die Reposition der Fraktur notwendig sein, wenn Nerven oder Gefäße eingeklemmt sind oder durch eine Dislokation komprimiert werden. Ist eine Operation, z.B. aufgrund des schlechten Kreislaufzustandes des Patienten nicht möglich, kann die Fraktur geschlossen reponiert werden. Nach der Reposition wird die Extremität mittels einer der oben genannten Immobilisationstechniken zur Schmerzreduktion ruhiggestellt und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt operiert.

Auch bei Frakturen, die konservativ behandelt werden, kann eine solche geschlossene Reposition vor der Immobilisation notwendig sein.

1.7.3 Operative Behandlung

25% der proximalen Humerusfrakturen können nicht konservativ behandelt werden und bedürfen einer Operation. Zum einen stellt die Abrissfraktur des tuberculum majus eine solche Indikation dar, da hier die Toleranz sehr gering ist, was Verschiebungen der Fragmente gegeneinander betrifft. Schon bei sehr geringen Dislokationen kann es nach Abheilen der Fraktur zu einem sog. Impingement kommen (s. Kapitel 1.8 Risiken und Komplika-

tionen; Impingement), bei dem innerhalb des subakromialen Nebengelenkes gelegene Strukturen während einer Abduktions- oder Elevationsbewegung eingeklemmt werden können (Bruch 2008, Plecko 2011). Eine Operation ist ebenfalls angezeigt bei dislozierten 3- und 4-Segmentfrakturen. Diese werden reponiert und operativ z.B. mit Plattenosteosynthesen oder Kirschner-Drähten versorgt. Subkapitale Humerusfrakturen mit Einklemmung der Sehne des Caput longum des M. biceps brachii sowie Luxationsfrakturen entsprechend der Kategorie VI nach Neer können auch nicht konservativ behandelt werden.

Die Art und Weise der eingesetzten Operationsform richtet sich nach der genauen Lage der Fraktur. Die Entscheidung, wie genau vorgegangen wird, ist oft nicht komplett planbar und vom jeweiligen Patienten und dessen Symptomen abhängig. Generell unterscheidet man drei Arten der operativen Versorgung; minimal invasive Techniken, äußere Stabilisierung (Fixateur externe) und offen chirurgische Verfahren. Zu den minimalinvasiven Techniken gehören z.B. die Bohrdrachtung und die perkutane Verschraubung. Bei infizierten Wunden kann auch eine Stabilisierung mittels eines externen Fixateurs durchgeführt werden, dies ist aber eher selten. Invasiver ist die Zuggurtung. Am häufigsten durchgeführt sind offene Verfahren wie die Plattenosteosynthese (Bruch 2008, Plecko 2011).

Heute werden vorwiegend winkelstabile Platten verwendet, um Lockerungen der Schrauben im Knochen zu verhindern. Vor allem bei älteren Menschen kommt es häufig zu unzufriedenstellenden Ergebnissen nach dem Versuch der Rekonstruktion des Gelenks. Gründe hierfür sind die oft schlechte Knochenstruktur und die damit verminderte Haltekraft der Implantate im Knochen sowie geringere Durchblutung und Fähigkeiten zur Rehabilitation. Im Gegensatz zu jüngeren Patienten wird hier die Indikation zu Implantation einer Schulterprothese großzügiger gestellt (Plecko 2011). Bestehen Hinweise darauf, dass das Gelenkfragment eine nicht ausreichende Durchblutung aufweist, ist die Gefahr der Humeruskopfnekrose so groß, dass man sich häufig primär für eine Schulterprothese entscheidet (Jaeger et al. 2011 b). Es ist anzumerken, dass nicht alle Kopfnekrosen unbedingt zu einem schlechten Ergebnis führen müssen (Plecko 2011). Entsprechend dieser Überlegungen ist die Entscheidung für eine Wiederherstellung des Gelenkes oder für eine Prothese immer von der Situation und dem Patienten abhängig. Im Folgenden werden die Indikationen sowie Vor- und Nachteile der in dieser Arbeit benutzten operativen Behandlungsmöglichkeiten der proximalen Humerusfraktur dargelegt.

1.7.4 Schraubenosteosynthese

Die Schraubenosteosynthese eignet sich vor allem zur Refixierung z.B. eines abgerissenen Tuberculum majus (Jaeger et al. 2011 b). Auch andere, seltener vorkommende Verletzungsmuster können so versorgt werden wie z.B. ein Tuberculum minus Abriss oder eine auf einen anderen Teil des Humeruskopfes begrenzte Absprengung. Die Schraubenosteosynthese dient prinzipiell der Reintegration eines Teils des Humeruskopfes an den sonst unverletzten proximalen Humerus (Jaeger et al. 2011 b). Auch 2-, 3- und 4-Segmentfrakturen können mittels einer Schraubenosteosynthese versorgt werden, wenn zuvor eine Basis z.B. mittels einer Plattenosteosynthese oder eines Humerusblocks geschaffen wird (Lill 2006).

Einbringen einer Schraubenosteosynthese (Abb. 1.7-2) zur Fixierung eines Fragmentes (Jaeger et al. 2011 c, Lill 2006):

- Das abgesprengte Fragment wird reponiert. Häufig disloziert das Tuberculum majus dem Muskelzug entsprechend nach kranial.
- Die vorübergehende Fixierung des Fragments erfolgt mittels eines oder mehrerer Bohrdrähte. Hierbei wird darauf geachtet, die Bohrdrähte so zu positionieren, dass sie die später eingebrachten Schrauben nicht behindern.
- Die Lage des Fragments und der Bohrdrähte wird mit dem Bildwandler überprüft.
- Je nach Größe des Fragments werden ein oder zwei Schrauben zu dessen Fixierung eingebracht.
- Die Bohrdrähte werden entfernt und die Lage der Schrauben sowie des Fragments am Bildwandler kontrolliert.

Abb.: 1.7.-2 Schraubenosteosynthese (AO Trauma Website e)

1.7.5 Proximaler Humerusnagel

Der proximale Humerusnagel eignet sich zur Versorgung von A 2- und A 3-Frakturen nach der AO-Klassifikation (Jaeger et al. 2011 a) sowie aller Frakturen unterhalb des Collum chirurgicum bis 5 cm proximal der Fossa olecrani (Lill 2006). Das Einbringen ist über einen anterograden Zugang (Frakturen des distalen Drittels) und einen retrograden Zugang (Frakturen des proximalen Drittels) möglich (Lill 2006). Die Versorgung mittels des proximalen Humerusnagels hat eine geringe Komplikationsrate von nur 5-10% (Lill 2006). Der Nachteil liegt vor allem bei metaphysären Frakturen in den eingeschränkten Verriegelungsoptionen (Lill 2006, Rüedi et al. 2000). Die proximale Verriegelung kann heutzutage durch eine Spiralklinge erfolgen, was den Einsatzbereich um sehr proximale Frakturen erweitert (Lill 2006).

Osteosyntheseverfahren mittels proximalem Humerusnagel (Abb. 1.7-3 / 1.7-4) (Jaeger et al. 2011 d, Lill 2006):

Abb.: 1.7.-3 Proximaler Humerusnagel (AO Trauma Website f)

- Das korrekte Aufsuchen des Eintrittspunktes des Humerusnagels ist wichtig. Hierzu kann die Fraktur z.B. mittels Bohrdrähten, die als Joy-Stick verwendet werden, reponiert werden.

Abb.: 1.7.-4 Eintrittspunkt für den Humerusnagel (AO Trauma Website g)

- Der Schnitt erfolgt anterolateral des Akromions nach distal, dorsal des Sulcus bicipitalis. Es wird ein K-Draht eingebracht und dessen korrekte Lage durch den Bildwandler kontrolliert.
- Der Zugang in den Humerusschaft wird vergrößert, während der eingebrachte K-Draht als Führung verwendet wird.
- Der Humerusnagel wird proximal und distal verriegelt.

1.7.6 Konventionelle Osteosynthese

T-Platten und 1/3-Rohrplatten werden heute nur noch selten zur Osteosynthese der proximalen Humerusfraktur eingesetzt (Lill 2006). Das Prinzip dieser Verfahren beruht auf der operativen Schienung der Fraktur durch Verschraubung einer geraden Plattenosteosynthese oder einer Platte in T-Form am Humerus. Hierzu ist ein großer operativer Zugangsweg erforderlich (deltoido-pectoraler Zugang), was ein Remodelling der Strukturen des Schultergelenks zur Folge haben kann (Frigg und Ulrich 2003, Broos und Sermon 2004). Der Druck, den die Platte am Periost aufbringt, kann zu einer Unterbrechung der periostalen Blutversorgung und somit zu einer Verschlechterung der Frakturheilung führen.

Die Frakturversorgung mit konventionellen Platten wird in folgenden Schritten durchgeführt (Bruch 2008):

- Die Fraktur wird reponiert und Meist mit Bohr-Drähten fixiert.
- Nach dem Bestimmen der Länge der Platte wird diese aufgelegt und mit Bohrdrähten oder Instrumenten (z.B.Repositionszange) fixiert.

- Die Schraubenlöcher werden gebohrt und nach der Längenmessung mit passenden Schrauben besetzt.

1.7.7 Winkelstabile Osteosynthese

Im Laufe der letzten 10 - 20 Jahre wurde die konventionelle Plattenosteosynthese mittels T-Platte oder 1/3-Rohrplatte durch Verfahren mit winkelstabilen Platten ersetzt (Lill 2006). Mehrere Systeme zur winkelstabilen Osteosynthese stehen zur Verfügung. Indikation für winkelstabile Plattenosteosynthesen sind instabile 2-, 3- und 4-Segmentfrakturen des proximalen Humerus (Lill 2006, Plecko und Kraus 2005) (Jaeger et al. 2011 e), subkapitale Pseudarthrosen und pathologische Frakturen (Plecko und Kraus 2005). Kontraindikationen für die winkelstabilen Platten sind nach Plecko und Kraus nicht rekonstruierbare, komplexe Trümmerfrakturen beim alten Patienten, kindliche Frakturen und floride lokale Infektionen nach Voroperationen (Plecko und Kraus 2005).

Osteosynthese mittels winkelstabiler Platte (Abb. 1.7-5) (Lill 2006, Jaeger et al. 2011 e, Plecko und Kraus 2005):

- Anatomische Reposition der Fragmente. Das Tuberculum majus ist typischerweise nach posterior superior disloziert, der Humeruskopf ist nach posterior gedreht.
- Zug der tuberkulären Fragmente über Nähte.
- Positionierung der Platte 5-8 mm distal des Tuberculum majus, 2-4 mm posterior des Sulcus bicipitalis.
- Kontrolle des korrekten Sitzes der Platte durch Palpation und Bildwandler.
- Besetzen eines distalen Plattenloches mit einer bikortikalen Kleinfragment-Schraube.
- Besetzen der restlichen Schraubenlöcher in winkelstabiler Technik.

Abb.: 1.7.-5 PHILOS-Platte (AO Trauma Website h)

1.7.8 Kinder-Kondylen-Platte

Die Kinder-Kondylen-Platte („Klingenplatte“) wird in der Praxis zur Versorgung der proximalen Humerusfraktur heute nur noch selten genutzt (Lill 2006). Der Vorteil dieser Platte ist die optimale Wiederherstellung der Belastungsachse der Extremität, ist aber inzwischen durch diverse Plattenosteosynthesen für den proximalen Humerus ersetzt (Lill 2006).

Die Operationsschritte der Kinder-Kondylen-Platte werden von Hintermann et al. folgendermaßen angegeben (Hintermann et al. 2000):

- Einbringen eines K-Drahtes zur Positionierung der Kinder-Kondylen-Platte.
- Insertion der Klinge der Platte in den Humeruskopf unter Zuhilfenahme des K-Drahtes als Führung.
- Fixierung der Schraubenlöcher der Platte entlang des Humerusschaftes.
- Danach ggf. Refixierung des Tuberculum minus.

1.7.9 Arthroplastik

Die Indikation zur Schulterteilprothese (Hemiarthroplastik) ist zu stellen, wenn die Wiederherstellung des Gelenkes durch andere Osteosyntheseverfahren nicht gelingen kann

(Jaeger et al. 2011 f) (Lill 2006) oder bereits ein Versuch der Rekonstruktion des Schultergelenks erfolglos war (Panagopoulos et al. 2013). Außerdem stellt die sog. Headsplit-Fracture beim älteren Menschen eine Indikation zur Hemiarthroplastik dar (Jaeger et al. 2011 f, Lill 2006). Auch eine drohende oder bereits manifeste Humeruskopfnekrose kann eine Indikation zur Hemiarthroplastik sein (Jaeger et al. 2011 f), allerdings bedeutet nicht jede Humeruskopfnekrose auch ein subjektiv schlechtes Ergebnis für den Patienten (Plecko 2011). Die Indikation sollte deshalb individuell unter der Berücksichtigung der Komplikationsmöglichkeiten einer solchen Operation gestellt werden. Eine Total-Endoprothese mit Pfannenersatz und Schaftanteil wird selten erforderlich.

Abb.: 1.7.- 6 Hemiarthroplastik (AO Trauma Website i)

Bei der Hemiarthroplastik wird wie folgt vorgegangen (Jaeger et al. 2011 f, Lill 2006):

- Nach vorsichtiger Freipräparation des Humeruskopfes muss dieser entfernt werden. Bei 3-Segmentfrakturen kann eine Osteotomie zum Absetzen des Tuberculum minus notwendig sein.
- Die Knorpelfläche des Glenoids wird auf Verletzungen überprüft.
- Der korrekte Durchmesser des Prothesenkopfes kann anhand eines Röntgenbildes oder mit dem entnommenen Humeruskopf ermittelt werden.
- Der Humerusschaft wird mit Raspeln auf die notwendige Größe geweitet.

- Einbringen des Prothesenschaftes unter Beachtung des posteromedialen metaphysären Abstandes (richtige Höhe der Prothese) und Aufsetzen des Prothesenkopfes.
- Die Muskeln und Bänder werden, wenn möglich, mit den knöchernen Ansätzen Tuberculum majus und minus an der Prothese befestigt.

1.8 Risiken und Komplikationen

Im Rahmen der proximalen Humerusfraktur können diverse Komplikationen auftreten. Häufig kommt es im Rahmen der Fraktur zur verzögerten Abheilung, was zur eingeschränkten Beweglichkeit und zu lang anhaltenden, teils dauerhaften Schmerzen führt. Auch können sich bei verschoben abheilenden Fragmenten, wie oben erwähnt, posttraumatische Omarthrosen entwickeln. Geht die Blutversorgung des Humeruskopfes durch die Verletzung teilweise oder vollständig verloren, so kann dies zu einer Kopfnekrose oder Partialnekrose führen. Dies kann noch bis zu einem Zeitpunkt von 12 Monaten bemerkt werden. In einem solchen Fall ist meistens das Implantieren einer Hemiarthroplastik indiziert, jedoch müssen nicht alle Nekrosen zu einem für den Patienten unbefriedigenden Ergebnis führen (Plecko 2011).

Entweder durch den Bruch selbst oder durch die Operation kann es zu Schädigungen der Leitungsbahnen in der Nähe kommen. Besonders gefährdet ist hier der N. axillaris, der gelegentlich durch Hakenzug während der Operation abgedrückt wird.

Wenn Fragmente nicht wieder einheilen kann es zu einer Pseudarthrose kommen. Diese Gefahr besteht besonders bei älteren Patienten, deren Knochensubstanz z.B. durch Osteoporose vorgeschädigt ist.

Der kaudale Teil der Gelenkkapsel des Glenohumeralgelenkes enthält den Recessus axillaris. Dies ist eine Einfaltung der Gelenkkapsel, die diese bei der Abduktion vor Überdehnung schützt. Durch lange Ruhigstellung kann es dazu kommen, dass dieser Recessus axillaris verklebt oder verwächst und so die Abduktion des entsprechenden Armes schmerzhaft eingeschränkt wird. Dem kann durch frühzeitige, angemessene Mobilisierung des Armes entgegengewirkt werden, wobei eine ausreichende Compliance des Patienten sowie ein ausreichend guter Allgemeinzustand Voraussetzung sind.

Ähnliche Komplikationen sind nach der Schädigung jeglicher Gleitstrukturen zu erwarten. Das Phänomen der *frozen shoulder* bezeichnet die Schultersteife. Die Auswirkungen sind für die Patienten erheblich. Wie weiter oben erwähnt führt das Verwachsen des Tuberculum majus nach minimaler Verschiebung zum Impingement der zwischen Humerus und Skapula liegenden Strukturen. Besonders bei Abduktions- und Elevationsbewegungen kommt es zu Schmerzen, die vor allem durch die Kompression der Supraspinatussehne zwischen Tuberculum majus und Acromion entstehen. Heutzutage werden bei der operativen Versorgung vorwiegend winkelstabile Platten verwendet. Bei Frakturen, die durch nicht winkelstabile Platten versorgt wurden, besteht die Möglichkeit, dass die Schrauben sich in der Knochensubstanz bewegen, sich die Platte löst und die Stabilität des Knochens durch die sich bewegenden Schrauben beeinträchtigt wird. Auch bei winkelstabilen Platten kann es zu Komplikationen kommen, wenn die Schrauben durch den Oberarmkopf hindurch in das Gelenk einbrechen. Außerdem kann jede verwendete Osteosynthese bei falscher und zu früher Wiederbelastung brechen.

1.9 Osteoporose

Osteoporose ist definiert als Erkrankung des Skelettsystems mit Verlust bzw. Verminderung der Knochensubstanz und -struktur sowie erhöhter Frakturanfälligkeit (Pschyrembel 2014). Das Vorhandensein einer Osteoporose ist ein entscheidender Faktor für die Bewertung jeder Fraktur. Die Zahl der in Deutschland unter Osteoporose leidenden Menschen liegt bei 6 Millionen, wobei 10 % aller Männer und 30 % aller Frauen betroffen sind (Pollähne und Minne 2001). Dies liegt vor allem an der Umstellung des Hormonhaushaltes in der Menopause, bei der der Spiegel des Hormons Östrogen absinkt, das vorher eine Schutzwirkung auf die Knochensubstanz ausgeübt hat (Herold 2013).

1.10 Polytrauma

Ein Polytrauma ist nach Tscherne definiert als gleichzeitig entstandene Verletzungen, von denen mindestens eine oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich ist (Krettek et al. 1998). Als Scoresystem zur Definition einer Verletzung als Polytrauma hat sich der Injury-Severity-Score (ISS) durchgesetzt (Baker et al. 1974). Für den ISS ergibt sich ein Wert von 0 bis 75. Ab einem Wert von 15 oder größer spricht man von einem Polytrauma.

2 Fragestellung

Die proximale Humerusfraktur ist eine häufig vorkommende Verletzung, die trotz modernster Behandlungstechniken zahlreiche Komplikationen nach sich ziehen kann. Ziel dieser Untersuchung war es, in einer Qualitätssicherungsstudie abzuklären, ob es Indikatoren gibt, mit denen Vorhersagen für das Auftreten von Komplikationen getroffen werden können. Solche Komplikationen können zum Beispiel sein:

- Humeruskopfnekrosen
- Partialnekrosen
- Pseudarthrosen
- Versagen der Osteosynthese
 - durch Lockerung
 - Auswandern der Schrauben

Die Indikatoren sollen valide und an Röntgenbildern objektiv zu evaluieren sein.

3 Material und Methodik

3.1 Datenschutz

Diese Qualitätssicherungsstudie wurde der Ethikkommission vorgestellt (Antragsnummer **32/1/14** vom 07.01.2014). Es wurde sichergestellt, dass keine personenbezogenen Daten an Andere außerhalb der behandelnden Einrichtung (UMG) weitergegeben wurden. Die vorgeschriebenen Datenschutzrichtlinien wurden eingehalten.

3.2 Datenerfassung

3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden 408 volljährige Patienten, die zwischen 1995 und 2011 radiologisch gesichert eine proximale Humerusfraktur erlitten haben und in der Universitätsmedizin Göttingen behandelt wurden. Die Patienten wurden mit Hilfe der OP-Protokolle identifiziert.

Ausgeschlossen wurden minderjährige Patienten sowie Patienten mit unvollständiger Akten dokumentation.

3.2.2 Auswertung der Patientenakten

Für die Erfassung und Analyse der Daten wurde eigens mit dem Programm Filemaker eine Datenbank erstellt. Die Stammdaten jedes Patienten sowie Informationen zur Operation wurden aus den Filemaker-Daten der OP-Protokolle übernommen. Zu jedem über die OP-Protokolle identifizierten Patienten wurde die Patientenakte aus dem Archiv bestellt und nach relevanten Informationen durchsucht. Die so entstandene Filemaker-Datenbank ist Grundlage dieser Arbeit und enthält alle ausgewerteten Informationen zu jedem untersuchten Patienten. Zur Auswertung und weiteren Verwendung wurden die Patientendaten pseudonymisiert.

3.2.3 Auswertung der Röntgenbilder

Die Auswertung der Röntgenbilder wurde in zwei Gruppen durchgeführt. Grund hierfür ist, dass im Jahre 2008 ein digitales System der Speicherung von Röntgenbildern eingeführt wurde. Nach diesem Zeitpunkt erstellte Bilder können in digitaler Form durch das Programm PACS (Picture Archiving and Communication System) ausgewertet werden. Dieses Programm ermöglicht die Vermessung der verschiedenen in dieser Arbeit ausgewerteten Daten am Computer. Vor diesem Datum erstellte Bilder befinden sich wie die Patientenakten im Archiv und sind nur als Positive in entwickelter Form zu untersuchen. Hierdurch war die Möglichkeit zur Auswertung dieser Bilder deutlich eingeschränkt. Am Computer können Bilder vergrößert werden, was eine genaue Messung auch deutlich unterhalb von einem Millimeter erlaubt und am Röntgenbildbetrachter nicht möglich ist. Die nur über das Archiv erreichbaren Röntgenbilder wurden wie die Patientenakten angefordert und dann jedes auf die gleiche Art und Weise bearbeitet. Nach der Auswahl der im besten Winkel erstellten Bilder wurden diese abfotografiert und nach Patienten geordnet. Die Messungen, die am Röntgenbildbetrachter durchgeführt werden konnten wurden dokumentiert und zu den Informationen des jeweiligen Patienten in der Filemaker-Datenbank hinzugefügt.

Die genaue Art und Weise der Messungen folgt in den die Auswertung der Röntgenbilder betreffenden Unterpunkten des folgenden Kapitels 3.3. Für jeden Patienten wurden min-

destens ein und höchstens fünf Röntgenbilder untersucht. Da die einzelnen Röntgenuntersuchungen für jeden Patienten zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Operation stattgefunden haben, ist ein Vergleich zur Ermittlung von Signifikanzen mit diesen Daten nicht sinnvoll. Zur Ermittlung der p - Werte wurde daher nicht die Kategorisierung Bild 1 bis 5, sondern die Aufschlüsselung nach den Tagen zwischen Operation und individuellem Röntgenbild verwendet. Die Zeitpunkte eins bis fünf sind nur ein annähernder Vergleich und werden aus Gründen der einfacheren graphischen Darstellung im Kapitel 4 - Ergebnisse - für die Darstellung in Abbildungen und Tabellen verwendet.

3.3 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden mit dem Programm SAS statistisch ausgewertet. Hierzu wurden alle Daten von der Filemaker-Datenbank in eine Excel-Tabelle exportiert und für SAS aufbereitet. Mittels SAS wurden ANOVAs (*analysis of variance* = Varianzanalyse) erstellt und somit Standardabweichung, Mittelwerte, Median und p-Werte ermittelt. Die entsprechenden Grafiken wurden mit Statistica erstellt.

3.4 Erhobene Daten

Die erhobenen Daten bestehen ausschließlich aus den über das Archiv und die gespeicherten Röntgenbilder der Universitätsmedizin Göttingen erreichbaren Informationen. Messungen wurden unter standardisierten Vorgehensweisen und von dem gleichen Untersucher durchgeführt. Zur Messung der Dichte wurden Probemessungen (sog. Nullreihen) anderer Untersucher durchgeführt, um die Untersucherunabhängigkeit des gewählten Messverfahrens zu dokumentieren. Die abhängigen Variablen der Messungen sind die Tip-Apex-Distance (TAD) (Kapitel 3.4.1) sowie der Dichteunterschied zwischen Glenoid und Humerus (Kapitel 3.4.2). Durch diese beiden Werte wird im Folgenden der Heilungsverlauf bewertet.

3.4.1 Tip-Apex-Distance (TAD)

Die TAD wurde in Anlehnung an Baumgaertner et al. definiert als der Abstand in mm von der Spitze der Schraube zur äußeren Knochengrenze des Humeruskopfes in Verlängerung der Schraube (Baumgaertner et al. 1995). Die Veränderung der TAD ist Beleg für die Veränderung der Lage der Schrauben im Knochen. Eine Verkürzung der TAD bedeutet eine Annäherung der Schraubenspitze an die äußere Knochengrenze, eine Vergrößerung bedeutet ein Entfernen der Schraubenspitze von der äußeren Knochengrenze.

Die Messung der TAD wurde wie folgt durchgeführt (Messungen am Computer):

1. Identifikation des im passenden Winkel aufgenommenen Röntgenbildes. Der Aufnahmewinkel kann mit Hilfe der Ausrichtung des großen und kleinen Tuberkels sowie durch die Lage des Osteosynthesematerials (z.B. winkelstabile Platte) ermittelt werden. Ziel ist die Betrachtung des Osteosynthesematerials aus dem rechten Winkel, um die Schrauben in ihrer gesamten Länge seitlich zu sehen (s. Abb. 3.3-1).

Abb.: 3.3-1 Röntgenbild postoperativ, Philosplatte seitlich

2. Anlegen einer Parallelen (in Abb. 3.3-2 rot) zu einer der Seiten der Schraube mit Hilfe des Zeichenprogramms im PACS.

Abb.: 3.3-2 Messtechnik Tip-Apex-Distance

3. Anlegen einer zweiten Parallelen im Zentrum der Schraubenachse (in Abb.3.3-2 grün) zu der Linie aus 2. Mit Hilfe der Abstandsmessung des PACS beginnend an der Schraubenspitze bis zum medialen Rand der Humeruskopfkortikalis. Das Ergebnis ist die TAD der entsprechenden Schraube.

Die Messungen am Röntgenbildbetrachter unterscheiden sich von der am Computer.

1. Identifikation ebenso wie bei den Messungen am Computer
2. Anlegen der Parallellinie eines Geodreiecks an die Seite einer Schraube, sodass die Mitte (0) des Geodreiecks an der Schraubenspitze anliegt.
3. Ablesen der TAD zur Knochengrenze an der Verlängerung der Schraube.

Durch die fehlende Möglichkeit zu zoomen, konnten bei den Messungen am Röntgenbildbetrachter nicht so geringe Abstände gemessen werden wie dies am Computer möglich war.

3.4.2 Dichteunterschied zwischen Glenoid und Humeruskopf

Die Dichte des Humeruskopfes kann sich nach einer Verletzung des proximalen Humerus verändern. Die Messungen der Dichte wurden am Computer durch das Programm Osirix

durchgeführt. Da die durch dieses Programm errechnete Dichte von der Belichtungshelligkeit der Röntgenaufnahme abhängt, konnten keine absoluten Werte benutzt werden, sondern nur Vergleiche der Veränderung der Dichte des Humeruskopfes relativ zur Dichte des Glenoids auf dem gleichen Röntgenbild. Das Glenoid wurde gewählt, da es räumlich nah am Humeruskopf liegt, aber eine andere Blutversorgung hat. Es wurde softwarebedingt mit einem Kreis vom definierten Durchmesser von 0,053 cm² gemessen.

3.4.3 Bewertung des Frakturtyps

Die zwei gängigen Einteilungen für proximale Humerusfrakturen sind die Einteilungen nach AO und die Einteilung nach Neer (vgl. Kapitel 1.5). Im Rahmen der Datenerhebung wurden für diese Arbeit beide Einteilungen für jede Fraktur vorgenommen. Zur genauen Bestimmung des Frakturtyps wurden für jeden Patienten Informationen aus dem Aufnahmeprotokoll, dem OP-Bericht sowie dem Entlassungsbrief verwendet. Teilweise kann bei Aufnahme eines Patienten der Frakturtyp nicht exakt bestimmt werden, sodass sich diese Einschätzung im Laufe der Behandlung ändert. Erst intraoperativ kann die endgültige Klassifikation getroffen werden. So kann z.B. die Integrität des Tuberculum majus ggf. erst intraoperativ sicher beurteilt werden. Aus diesem Grunde wurde bei der Bearbeitung der Röntgenbilder die endgültige Klassifikation und nicht die Bestimmung der Fraktureinteilung bei Aufnahme übernommen.

3.4.4 Bewertung des Polytraumas

Bei der Auswertung wurde, wenn möglich, eine Bewertung nach dem Erstellen des ISS durchgeführt. Gelegentlich konnte z.B. aufgrund schlechter Informationslage in alten Akten kein genauer ISS erstellt werden. In diesen Fällen wurde auf die ältere Definition nach Tscherne zurückgegriffen und so eine Einteilung der jeweiligen Patienten vorgenommen (Krettek et al. 1998). Im Folgenden findet sich keine qualitative Einschätzung, sondern ausschließlich eine Einteilung in Patienten mit und ohne Polytrauma.

3.4.5 Bewertung des Body-Mass-Index (BMI)

Der Body-Mass-Index (auch Quetelet-Kaup-Index) ist eine gebräuchliche Einordnung des Gewichtes eines Patienten, bezogen auf dessen Körpergröße (Pschyrembel 2014). Er errechnet sich als:

$$BMI = \frac{\text{Körpergewicht [kg]}}{\text{Körperlänge}^2 [\text{m}^2]}$$

Der BMI erlaubt die Einteilung von Patienten in normalgewichtige Patienten sowie Patienten mit verschiedenen Schweregraden von Unter- und Übergewicht. Ein normalgewichtiger Patient hat einen BMI von 18,5 bis 25,0 (Pschyrembel 2014) (Herold 2013). Die Einteilung des Ernährungszustandes folgt der folgenden Tabelle (Pschyrembel 2014)

Kategorie	BMI (kg/m ²)
starkes Untergewicht	< 16,00
mäßiges Untergewicht	16,00–16,99
leichtes Untergewicht	17,00–18,49
Normalgewicht	18,50–24,99
Präadipositas	25,00–29,99
Adipositas Grad I	30,00–34,99
Adipositas Grad II	35,00–39,99
Adipositas Grad III	≥ 39,99

In der letzten Zeit hat sich, vor allem für die Bewertung des Ernährungszustandes männlicher Patienten, das Einbeziehen des Bauchumfanges durchgesetzt. Diese Daten sind in Patientenakten in der Regel nicht hinterlegt, weshalb zur Berechnung die oben genannte Formel verwendet wurde. Die Körpergröße und das Gewicht sind regelmäßig zur Operationsvorbereitung durch die Abteilung der Anästhesie erhobene Werte und somit in vielen Patientenakten im OP-Protokoll zu finden. Patienten, deren BMI nicht errechnet werden konnte, werden in der Auswertung als *BMI unbekannt* geführt.

3.4.6 Bewertung des Kortikalis-C-Wertes

Der im Folgenden *Kortikalis-C* genannte Wert ist ein von uns für diese Arbeit entwickelter Wert zur Beschreibung der Grundstruktur des Humerus zum Zeitpunkt des Unfalls und ihre Entwicklung im Verlauf der Heilung. Es wurde hierbei von den vorhandenen konventionellen Röntgenbildern ausgegangen. Er wurde wie folgt berechnet:

$$\textit{Kortikalis C} = \frac{\textit{Kortikalisdicke}}{\textit{Spongiosadicke}}$$

Die Dicke der Kortikalis ist abhängig von der Belastung des Knochens. Bei sportlichen und jungen Patienten ist eine im Verhältnis zur Spongiosa dickere Kortikalis zu erwarten, während dieses Verhältnis bei älteren und körperlich weniger aktiven Menschen abnimmt. Zu jedem Röntgenbild wurde dieser Wert berechnet. Der Ursprungswert zum Unfallzeitpunkt ist eine Kenngröße für die körperliche Aktivität des Patienten vor dem Unfall. Der Wert im Verlauf verändert sich je nach Be- oder Entlastung des Armes.

Es wurde darauf geachtet, die Messung immer an identischer Stelle durchzuführen, um eine Vergleichbarkeit der Werte im Verlauf zu gewährleisten.

3.4.7 Bewertung der Osteoporose

Zur genauen Bestimmung der Knochendichte und zur Evaluation des Vorhandenseins einer Osteoporose muss eine sogenannte DXA-Messung durchgeführt werden. Eine solche Messung war bei den allerwenigsten Patienten des untersuchten Kollektivs bei der Krankenhausaufnahme vorgenommen worden, weshalb die Einteilung der Patienten ausschließlich aus den Arztbriefen und Vorbefunden entnommen werden musste.

3.4.8 Bewertung der präoperativen Behandlung

Es wurden die in Kapitel 1.7.2 - Präoperative Behandlung und Immobilisation - besprochenen präoperativen Immobilisationsmöglichkeiten sowie Repositionsversuche ausge-

wertet. Die Einzelheiten der Auswertung des Repositionsergebnisses werden in Kapitel 3.4.9 - Bewertung des Repositionsergebnisses - besprochen.

3.4.9 Bewertung des Repositionsergebnisses

Das Ergebnis der anatomischen Reposition während der operativen Versorgung wurde nicht bei dem gesamten Patientenkollektiv bewertet, sondern nur bei einer Auswahl von $n = 94$ Patienten. Kriterium zur Auswahl dieses Subkollektivs war das Vorhandensein eines repräsentativen Röntgenbildes, auf dem die anatomische Reposition ausreichend gut beurteilt werden konnte. Die Reposition wurde aufgrund zweier Kriterien beurteilt.

- a) Achsengerechte Stellung ohne höhergradige Dislokation
- b) das Vorhandensein eines intakten Knochenspanes bzw. intakter Kortikalis medial am Collum chirurgicum. In Abb. 3.3-3 findet sich an dieser Stelle ein Defekt.

Abb.: 3.3-3
Statisch ungünstiger Defekt an der medialen Seite des proximalen Humerus nach Reposition und Osteosynthese

3.4.10 Bewertung der Operationsarten

In dieser Studie wurden keine Patienten nach der Operationsart ausgeschlossen. Durch den weiten Rückblick dieser Arbeit von 17 Jahren (1995 bis 2012) finden sich viele verschiedene Operationstechniken, von denen manche aktuell nicht mehr durchgeführt werden. Die Beschreibung der unterschiedlichen Verfahren findet sich in Kapitel 1.7 Maßgeblich für den Einschluss eines Patienten war das Vorkommen in der Dokumentation der OP-Berichte der Universitätsmedizin Göttingen.

3.4.11 Bewertung der erweiterten ambulanten Physiotherapie (EAP)

Ziel der Physiotherapie ist die gezielte und kontrollierte Belastung zur Wiederherstellung der körperlichen Funktionen nach einer Erkrankung. Die durchgeführten Übungen sind auf die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit des einzelnen Patienten abgestimmt. Wir haben die Ergebnisse von Patienten mit und ohne EAP verglichen.

3.4.12 Bewertung der Continuous-Passive-Motion-Schiene (CPM)

Die Verwendung von CPM-Schienen ist inzwischen bei verschiedenen Verletzungen ein regelmäßig angewandtes Verfahren. Ziel ist die frühe, passive Bewegung eines Gelenks nach einer Operation, um ein größt mögliches Maß an Beweglichkeit wieder herzustellen. Die CPM-Schiene wird an die operierte Extremität angelegt und bewegt diese passiv innerhalb festgelegter Bewegungsgrade. Durch diese Bewegung werden im Gelenkspalt befindliches Blut und Lymphflüssigkeit schneller resorbiert (O'Driscoll und Giori 2000). So wird einer Fibrosierung entgegengewirkt und die Beweglichkeit verbessert sich. Die CPM-Technik wird regelmäßig nach Knie- und Ellenbogenoperationen angewandt (O'Driscoll und Giori 2000, Salter et al. 1984, Soffer und Yahiro 1990). Auch nach Frakturen der Fingergelenke ist die Behandlung durch die CPM-Schiene verbreitet (Salter et al. 1984).

3.4.13 Bewertung des Zeitpunktes der Metallentfernung

Die meisten in dieser Arbeit vorkommenden Daten stammen von Patienten, die zur Frakturstabilisierung eine Osteosynthese erhalten haben, d.h. eine operative Versorgung des Knochens, um eine möglichst schmerzfreie Übungsbehandlung zu ermöglichen. Das eingebrachte Metall wird in einer zweiten Operation wieder entfernt. Bei älteren Patienten wird das Osteosynthesematerial belassen. Die Dauer des Implantatverbleibs konnte nicht bei allen Patienten bestimmt werden.

4 Ergebnisse

4.1 Zentrale Tendenz

4.1.1 Altersverteilung

Die hier verwendeten Daten stammen von Patienten der Universitätsmedizin Göttingen. Insgesamt wurden 408 Patienten untersucht. 276 Patienten waren zwischen dem 60. und 90. Lebensjahr verunfallt und in die Klinik aufgenommen worden. 104 dieser Patienten waren zwischen 70 und 80 Jahre alt. 27 Patienten waren zum Operationszeitpunkt jünger als 40 Jahre, 8 Patienten waren älter als 90 Jahre.

Abb.: 4.1-1
Altersverteilung der Patienten (n = 408)

4.1.2 Geschlechterverteilung

Unter den Patienten befinden sich 237 Frauen und 136 Männer, wobei die Schwere der Verletzung, eingeteilt nach dem Neer-Score, sich zwischen den Geschlechtern ungefähr die Waage hält.

Abb.: 4.1-2
Geschlechterverteilung (n = 408)

Abb.: 4.1-3
Geschlechterverteilung und Frakturart nach Neer (n = 408)

4.1.3 Verteilung der Frakturtypen

Dislozierte Frakturen				
	Zahl der Fragmente			
		2	3	4
I minimale Dislokation	0 0 %			
II collum anatomicum	1 0,27 %	6 1,65 %		
III collum chirurgicum	17 4,67 %	112 30,77 %		
IV tuberculum majus	11 3,02 %	17 4,67 %	74 20,33 %	76 20,88 %
V tuberculum minus	1 0,27 %	3 0,82 %	4 1,10 %	76 20,88 %
VI Luxationsfrakturen				
anterior	4 1,10 %	2 0,55 %	11 3,02 %	25 6,88 %
posterior	4 1,10 %	2 0,55 %	11 3,02 %	25 6,88 %

Abb.: 4.1-4

Prozentuale Häufigkeit aller Frakturtypen nach Neer (n = 408) (modifiziert; Bruch 2005)

Die Frakturtypen wurden nach dem Neer-Score und nach der AO-Klassifikation eingeteilt. In der Neer-Klassifikation entfallen 69,73% der Messungen auf die Frakturtypen III.2, IV.3 und IV.4/V.4. Weitere 6,87% sind Neer-VI.4-Frakturen. Alle anderen Frakturtypen kommen zu weniger als 5 % vor.

Abb.: 4.1-5
Prozentuale Verteilung aller Frakturtypen nach der AO-Klassifikation (n = 408)

4.1.4 Unfallarten

Nach Aktenlage ergab sich folgende Verteilung der Unfallursachen

Prozentuale Verteilung der Unfallvorgänge

Abb.: 4.1-6
Prozentuale Verteilung der Unfallvorgänge (n = 408)

Die in Abbildung 4.1-6 aufgeführten Kategorien wurden in weitere Unterkategorien unterteilt. Unter Stürze sind Stolperstürze (n=182), Stürze in alkoholisiertem Zustand (n=10) und sonstige Stürze (n=18) gefasst.

Die Kategorie Hochrasanztraumen umfasst Arbeits- und Wegeunfälle (n=13), Sportunfälle (n=6), Verkehrsunfälle (n=60), davon 39 Motorradunfälle. Unter die Hausunfälle fallen Treppenstürze (n=20) und sonstige Hausunfälle (n=64).

Sonstige Unfälle sind Gartenunfälle (n=10), Stürze aus dem Bett in Altenheimen oder Krankenhäusern (n=9), Bagateltraumen (n=12) mit ursächlicher Tumorerkrankung, insbesondere Plasmozytom und Nierenzellkarzinom. Außerdem fallen Suizidversuche (n=2) in diese Kategorie.

4.1.5 Seitenverteilung

Bei den untersuchten Patienten waren zu 50,74% die rechte und zu 48,35% die linke Seite betroffen. Bei 0,74% der Patienten (n = 3) waren sowohl die rechte als auch die linke Seite betroffen.

Abb.: 4.1-7
Seitenverteilung der Frakturen; rechter Arm, linker Arm, beidseits (n = 408)

4.1.6 Dichteunterschied und TAD der kranialen Schraube

Abb. 4.1-8
Veränderung der TAD der kranialen Schraube der n = 408 Patienten vom ersten bis fünften Röntgenbild

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	TAD	n
1 / Ø 13,01	99,93 %	26
2 / Ø 64,78	101,66 %	172
3 / Ø 178,75	85,86 %	113
4 / Ø 213,34	83,04 %	30
5 / Ø 165,80	60,21 %	7
Signifikanz (p - Wert)	0,0001	

Tab.: 4.1-1
Veränderung der TAD vom ersten bis zum fünften Röntgenbild (n = 408)

Die TAD entwickelt sich im Laufe der Zeit von durchschnittlich 99,93 % im ersten Vergleichsbild zu 83,04 % bei der letzten Untersuchung. Die Signifikanz dieser Entwicklung ist $p = 0,0001$.

Abb. 4.1-9
Veränderung des Dichteunterschiedes im Patientenkollektiv vom ersten bis zum fünften Röntgenbild (n = 408)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Dichteunterschied	n
1 / Ø 13,01	74,89 %	113
2 / Ø 64,78	66,41 %	112
3 / Ø 178,75	60,53 %	100
4 / Ø 213,34	68,91 %	42
5 / Ø 165,80	80,47 %	9
Signifikanz (p - Wert)	0,2744	

Tab.: 4.1-2
Veränderung des Dichteunterschiedes vom ersten bis zum fünften Röntgenbild (n = 408)

Der Dichteunterschied verändert sich vom ersten bis zum fünften Röntgenbild wie in Abb. 4.1.9 und Tab 4.1-2 dargestellt. Diese Entwicklung hat eine Signifikanz von $p = 0,2744$.

4.2 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf Tip-Apex-Distance (TAD) und Knochendichte während der Frakturheilung: unbeeinflussbare Faktoren

4.2.1 Alter

Um eine möglichst genaue Analyse des Einflusses des Alters auf den Heilungsverlauf zu gewährleisten, wurden die Patienten in Alterskategorien eingeteilt. Entsprechend der Altersverteilung wird die Spanne einer Kategorie in den höheren Altern geringer.

Abb. 4.2-1
Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach dem Patientenalter (n = 348)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	< 65 Jahre	> 65 Jahre
1 / Ø 13,01	100,00 %	99,85 %
2 / Ø 64,78	105,02 %	98,47 %
3 / Ø 178,75	90,33 %	84,64 %
4 / Ø 213,34	79,98 %	72,01 %
5 / Ø 165,80	60,80 %	57,23 %
Signifikanz (p - Wert)	0,1803	

Tab.: 4.2-1

Entwicklung der TAD vom ersten bis zum fünften Röntgenbild bei den unter 65-Jährigen Patienten im Vergleich zu den über 65-Jährigen (n = 348)

Erstes Röntgenbild n = 26, zweites Röntgenbild n = 172, drittes Röntgenbild n = 113, viertes Röntgenbild n = 30, fünftes Röntgenbild n = 7 Patienten.

Ergebnisübersicht 4.2.1 TAD

Unabhängig von den Altersgruppen findet sich ein Abfall der TAD von 99,92 % im ersten Bild auf 58,42 % in der fünften Kontrolle. Der Median sinkt von durchschnittlich 100,00 % in der ersten Untersuchung auf 58,33 % in der fünften Untersuchung. Das Patientenalter hat für die Veränderung der TAD im Laufe der Zeit eine Signifikanz von $p = 0,1803$.

Abb. 4.2-2
Vergleich der Veränderung der Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humeruskopf von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach dem Patientenalter (n = 376)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	< 65 Jahre	> 65 Jahre
1 / Ø 13,01	87,38 %	74,15 %
2 / Ø 64,78	57,81 %	70,31 %
3 / Ø 178,75	55,74 %	62,70 %
4 / Ø 213,34	65,66 %	71,41 %
5 / Ø 165,80	115,80 %	71,21 %
Signifikanz (p - Wert)	0,6326	

Tab.: 4.2-2
Entwicklung des Dichteunterschiedes der unter 65-Jährigen Patienten im Vergleich zu den über 65-Jährigen (n = 376)

Erstes Röntgenbild n = 113, zweites Röntgenbild n = 112, drittes Röntgenbild n = 100, viertes Röntgenbild n = 42, fünftes Röntgenbild n = 9 Patienten.

Ergebnisübersicht 4.2.1 Dichte

Sowohl bei den unter 65-Jährigen Patienten als auch bei den über 65-Jährigen fällt der Dichteunterschied zum dritten Röntgenbild ab und steigt zur fünften Untersuchung wieder an. Unabhängig vom Alter sinkt der Dichteunterschied von 80,16 % bei der ersten Untersuchung auf 59,92 % bei der dritten Untersuchung und steigt zur fünften Untersuchung wieder auf 86,08 % an. Das Patientenalter hat für die Veränderung des Dichteunterschiedes im Laufe der Zeit eine Signifikanz von $p = 0,6326$.

4.2.2 Alter und Frakturtyp nach Neer

4.2.2.1 Dislokationsgrad Neer 0 bis II in Altersgruppen

Abb. 4.2-3

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5 der Neer 0 - II-Frakturen, kategorisiert nach dem Patientenalter (n = 169)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	< 65 Jahre	> 65 Jahre
1 / Ø 13,01	100,00 %	100,00 %
2 / Ø 64,78	113,92 %	99,32 %
3 / Ø 178,75	88,80 %	85,38 %
4 / Ø 213,34	81,60 %	70,21 %
5 / Ø 165,80	keine Daten	52,23 %
Signifikanz (p - Wert)	0,8610	

Tab.: 4.2-3

Veränderung der TAD vom ersten bis zum fünften Röntgenbild der unter 65-Jährigen Patienten im Vergleich zu den über 65-Jährigen mit Neer I - II-Verletzungen (n = 169)

Erstes Röntgenbild n = 16, zweites Röntgenbild n = 88, drittes Röntgenbild n = 47, viertes Röntgenbild n = 14, fünftes Röntgenbild n = 4 Patienten.

Ergebnisübersicht 4.2.2.1 TAD

Bei den über 65-Jährigen Patienten mit Neer I - II-Verletzungen fällt die TAD von 100,00 % im ersten Röntgenbild auf 52,23 % bei der letzten Untersuchung. Bei den jüngeren Patienten mit gleicher Frakturteilung fällt die TAD von 100,00 % auf 81,60 % im letzten Bild. Altersunabhängig fällt die TAD bei den Neer I - II-Verletzungen von 99,91 % auf 66,92 %.

Abb. 4.2-4
Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humeruskopf von Röntgenbild 1 - 5 der Neer 0 - II-Frakturen, kategorisiert nach dem Patientenalter (n = 182)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	< 65 Jahre	> 65 Jahre
1 / Ø 13,01	72,71 %	71,54 %
2 / Ø 64,78	55,23 %	75,78 %
3 / Ø 178,75	42,35 %	64,10 %
4 / Ø 213,34	63,67 %	76,40 %
5 / Ø 165,80	keine Daten	68,45 %
Signifikanz (p - Wert)	0,9002	

Tab.: 4.2-4
Veränderung des Dichteunterschiedes der unter 65-Jährigen Patienten im Vergleich zu den über 65-Jährigen mit Neer I - II-Verletzungen (n = 182)

Erstes Röntgenbild n = 56, zweites Röntgenbild n = 55, drittes Röntgenbild n = 43, viertes Röntgenbild n = 22, fünftes Röntgenbild n = 6 Patienten.

Ergebnisübersicht 4.2.2.1 Dichte

Der Dichteunterschied fällt zum Dritten Röntgenbild bei den unter 65-Jährigen um 30,36 % ab, bei den älteren Patienten um 7,44 %. Keiner der unter 65-Jährigen Patienten erhielt ein fünftes Röntgenbild. Unabhängig vom Alter fällt der Dichteunterschied bei den Neer I - II-Verletzungen von durchschnittlich 72,13 % bei der ersten Untersuchung auf 53,22 % im dritten Röntgenbild und steigt in den folgenden Untersuchungen wieder auf 66,06 % an.

4.2.2.2 Dislokationsgrad Neer III bis IV in Altersgruppen

Abb. 4.2-5

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5 der Neer III - IV-Frakturen, kategorisiert nach dem Patientenalter (n = 179)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	< 65 Jahre	> 65 Jahre
1 / Ø 13,01	100,00 %	99,81 %
2 / Ø 64,78	100,97 %	96,64 %
3 / Ø 178,75	88,63 %	82,69 %
4 / Ø 213,34	73,45 %	84,36 %
5 / Ø 165,80	60,80 %	72,20 %
Signifikanz (p - Wert)	0,8610	

Tab.: 4.2-5

Veränderung der TAD der unter 65-Jährigen Patienten, verglichen mit den über 65-Jährigen mit Neer III - IV-Verletzungen

Erstes Röntgenbild n = 10, zweites Röntgenbild n = 84, drittes Röntgenbild n = 66, viertes Röntgenbild n = 16, fünftes Röntgenbild n = 3 Patienten.

Ergebnisübersicht 4.2.2.2 TAD

Die TAD fällt bei den Patienten mit Neer III - IV-Verletzungen auf 60,80 % bei den unter 65-Jährigen Patienten bzw. auf 72,20 % bei den über 65-Jährigen. Unabhängig vom Alter fällt die TAD bei den Neer III - IV-Verletzungen von durchschnittlich 99,91 % zum ersten Untersuchungszeitpunkt auf 66,50 % zum letzten Untersuchungszeitpunkt. Die Frakturteilung hat für die Veränderung der TAD im Laufe der Zeit eine Signifikanz von $p = 0,8610$.

Abb. 4.2-6
Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humeruskopf von Röntgenbild 1 - 5 der Neer III - IV-Frakturen, kategorisiert nach dem Patientenalter (n = 194)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	< 65 Jahre	> 65 Jahre
1 / Ø 13,01	79,28 %	76,23 %
2 / Ø 64,78	60,63 %	63,50 %
3 / Ø 178,75	64,08 %	63,87 %
4 / Ø 213,34	63,79 %	65,77 %
5 / Ø 165,80	115,80 %	71,20 %
Signifikanz (p - Wert)	0,9002	

Tab.: 4.2-6
Veränderung des Dichteunterschiedes der unter 65-Jährigen Patienten, verglichen mit den über 65-Jährigen mit Neer III - IV-Verletzungen (n = 194)

Erstes Röntgenbild n = 57, zweites Röntgenbild n = 57, drittes Röntgenbild n = 57, viertes Röntgenbild n = 20, fünftes Röntgenbild n = 3 Patienten.

Ergebnisübersicht 4.2.2.2 Dichte

Bei den Patienten mit Neer III - IV Verletzungen fällt der Dichteunterschied vom ersten zum vierten Röntgenbild um 15,49 % bei den unter 65-Jährigen Patienten und bei den über 65-Jährigen um 10,46 %. In der Gruppe der unter 65-Jährigen wurden $n = 2$ (80,90 % und 150,70 %) und in der Gruppe der über 65-Jährigen $n = 1$ Bild (71,20 %) zum Zeitpunkt 5 untersucht. Unabhängig vom Alter fällt der Dichteunterschied von durchschnittlich 77,76 % im ersten Bild auf 64,78 % bei der letzten Untersuchung. Die Fraktуреinteilung hat für die Veränderung des Dichteunterschiedes im Laufe der Zeit eine Signifikanz von $p = 0,9002$.

Ohne Berücksichtigung des Patientenalters hat das Ausmaß der Dislokation für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,1333$. Für die Entwicklung des Dichteunterschiedes liegt der p-Wert bei 0,7549.

4.2.3 Anzahl der Vorerkrankungen

Die Patienten wurden in zehn Kategorien nach der Anzahl der diagnostisch gesicherten Vorerkrankungen als Maß für die generelle Morbidität eingeteilt. Es ergibt sich die in Tabelle 4.2-7. gezeigte Verteilung.

Anzahl der Vorerkrankungen	Anzahl der Patienten
0	122
1	111
2	67
3	42
4	32
5	16
6	7
7	7
8	0
9	1

Tab.: 4.2-7
Darstellung der quantitativen Verteilung von Vorerkrankungen (n = 408)

Abb.: 4.2-7

Veränderung der TAD, kategorisiert nach der Anzahl der mit der proximalen Humerusfraktur assoziierten Vorerkrankungen (n = 348)

Messungen der TAD bei Patienten ohne Vorerkrankungen oder mit unbekannten Vorerkrankungen n = 85. Eine Vorerkrankung n = 80. Zwei Vorerkrankungen n = 61. Drei Vorerkrankungen n = 46. Vier Vorerkrankungen n = 42. Mehr als vier Vorerkrankungen n = 34.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	keine/ unbekannt	1 Vorerkr.	2 Vorerkr.	3 Vorerkr.	4 Vorerkr.	> 4 Vorerkr.
1 / Ø 13,01	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,15 %	100,00 %	100,00 %
2 / Ø 64,78	99,96 %	104,84 %	98,00 %	100,00 %	100,00 %	109,69 %
3 / Ø 178,75	85,86 %	93,18 %	80,16 %	77,38 %	91,99 %	88,41 %
4 / Ø 213,34	80,27 %	59,47 %	158,53 %	87,00 %	74,40 %	60,67 %
5 / Ø 165,80	keine Bil- der	52,63 %	keine Bil- der	60,10 %	71,70 %	keine Bil- der
Signifikanz (p - Wert)	0,8553					

Tab.: 4.2-8

Veränderung der TAD, abhängig von der Menge der mit der proximalen Humerusfraktur assoziierten Vorerkrankungen (n = 348)

Ergebnisübersicht 4.2.3 TAD

Die TAD entwickelt sich kategorisiert nach der Anzahl der Vorerkrankungen wie in Abb. 4.2-7 und Tab. 4.2-8 gezeigt. Der Einfluss der Morbidität auf die Entwicklung der TAD hat eine Signifikanz von $p = 0,8553$.

Abb.: 4.2-8

Veränderung des Dichteunterschiedes, kategorisiert nach der Anzahl der mit der proximalen Humerusfraktur assoziierten Vorerkrankungen (n = 376)

Messungen des Dichteunterschiedes bei Patienten ohne Vorerkrankungen oder mit unbekannten Vorerkrankungen n = 79. Eine Vorerkrankung n = 81. Zwei Vorerkrankungen n = 75. Drei Vorerkrankungen n = 60. Vier Vorerkrankungen n = 38. Mehr als vier Vorerkrankungen n = 43.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	keine/ unbekannt	1 Vorerkr.	2 Vorerkr.	3 Vorerkr.	4 Vorerkr.	> 4 Vorerkr.
1 / Ø 13,01	66,36 %	78,55 %	82,48 %	87,82 %	66,74 %	57,30 %
2 / Ø 64,78	60,76 %	69,99 %	68,15 %	66,21 %	68,05 %	66,93 %
3 / Ø 178,75	52,62 %	63,89 %	55,96 %	65,92 %	61,28 %	70,31 %
4 / Ø 213,34	54,92 %	65,39 %	71,66 %	80,13 %	77,62 %	59,62 %
5 / Ø 165,80	59,60 %	67,53 %	49,10 %	130,35 %	76,10 %	keine Bil- der
Signifikanz (p - Wert)	0,9055					

Tab.: 4.2-9

Veränderung des Dichteunterschiedes, abhängig von der Menge der mit der proximalen Humerusfraktur assoziierten Vorerkrankungen (n = 376)

Ergebnisübersicht 4.2.3 Dichte

Der Dichteunterschied entwickelt sich kategorisiert nach der Anzahl der Vorerkrankungen wie in Abb. 4.2-8 und Tab. 4.2-9 gezeigt. Der Einfluss der Morbidität auf die Entwicklung des Dichteunterschiedes hat eine Signifikanz von $p = 0,9055$

4.2.4 Art der Vorerkrankungen

Abbildung 4.2-9 zeigt die Verteilung der Vorerkrankungen vor dem Unfallereignis. Aufgeführt sind hier die Erkrankungen, die bei Aufnahme des Patienten bereits diagnostiziert waren oder im Rahmen der OP-Vorbereitung und Aufnahmeuntersuchungen festgestellt wurden. Von 408 Patienten waren bei 112 (27,45 %) keine Vorerkrankungen bekannt.

Abb.: 4.2-9

Prozentuale Häufigkeiten von Vorerkrankungen im Patientenkollektiv (n = 408)

Ergebnisübersicht 4.2.4 TAD und Dichte

Unter arterieller Hypertonie litten 94 Patienten, 50 Patienten hatten bereits eine orthopädische OP hinter sich und 44 Patienten waren adipös. Insgesamt waren 90 verschiedene Erkrankungen unter den Patienten zu finden, von denen in Abbildung 4.2-9 die zahlenmäßig relevanten dargestellt sind. Bei 31 Patienten besteht die Diagnose einer Alkoholkrankheit. In der allgemeinen Betrachtung dieser Vorerkrankungen ergibt sich eine Signifikanz für die Veränderung der TAD von $p = 0,0012$ und für die Veränderung des Dichteunterschiedes von $p = 0,0011$. Aufgrund ihrer Signifikanz hervorzuheben sind außerdem die in Tab. 4.2-10 aufgeführten Kombinationen von Vorerkrankungen.

Kombination von Vorerkrankungen	p-Wert bzgl.TAD
Hypertonie + orthopädische oder unfallchirurgische Voroperationen + Diabetes Mellitus	0,0106
KHK + Hypertonie + Z.n. Myokardinfarkt + Diabetes Mellitus	0,0409
Tumorerkrankung + Hypertonie + Diabetes Mellitus	0,0220

Tab.: 4.2-10
Signifikanz von Kombinationen von Vorerkrankungen für die Entwicklung der TAD

Im Folgenden werden die Röntgenzeitpunkte 1 bis 5 für jeden Patienten ausgewertet. Wie bereits in Kapitel 3 - Material und Methodik - erwähnt, dienen diese Zeitpunkte der Veranschaulichung und der besseren graphischen Darstellung. Da die einzelnen Röntgenuntersuchungen für jeden Patienten zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Operation stattgefunden haben, ist ein Vergleich zur Ermittlung von Signifikanzen mit diesen Daten nicht sinnvoll. Zur Ermittlung der p - Werte wurde daher nicht die Kategorisierung Bild 1 bis 5, sondern die Aufschlüsselung nach den Tagen zwischen Operation und individuellem Röntgenbild verwendet.

4.2.5 Unfallart

Abb. 4.2-10

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Unfallart (n = 348)

Die Patienten, bei denen die TAD im Verlauf verglichen wurde, teilen sich in die Kategorien Hausunfall (n = 108), Verkehrsunfall (n = 44) und sonstige, nicht näher beschriebene Unfälle (n = 177). Außerdem wurden untersucht Sportunfälle (n = 2), alkoholisierte Stürze (n = 2), Arbeitsunfälle (n = 4) und Bagateltraumen (n = 5) und Suizide (n = 2).

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Hausunfälle	Verkehrsunfälle	nicht näher definiert
1 / Ø 13,01	100,00 %	100,00 %	99,83 %
2 / Ø 64,78	99,50 %	109,67 %	98,68 %
3 / Ø 178,75	85,02 %	87,25 %	85,67 %
4 / Ø 213,34	70,34 %	141,00 %	73,29 %
5 / Ø 165,80	66,15 %	keine Daten	57,84 %
Signifikanz (p - Wert)	0,0900		

Tab.: 4.2-12
Entwicklung der TAD der häufigsten drei Unfallhergänge (n = 348)

Ergebnisübersicht 4.2.5 TAD

Bei den Patienten, die zu Hause gestürzt sind, nimmt die TAD kontinuierlich ab, von 100,00 % im ersten Röntgenbild auf 70,24 % bei der fünften Untersuchung. Bei den Patienten, die einen Verkehrsunfall erlitten haben, sinkt die TAD zum dritten Röntgenbild auf knapp unter 90,00 % ab und steigt dann wieder auf 141,00 %. In dieser Kategorie gibt es keine Bilder zu Untersuchungszeitpunkt fünf. Bei den nicht näher definierten Unfällen startet die TAD zur ersten Untersuchung mit 99,83 % und nimmt bis zum fünften Röntgenbild auf 57,84 % ab. Die Unfallart hat für die Veränderung der TAD im Laufe der Zeit eine Signifikanz von $p = 0,0900$.

Abb. 4.2-11

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Unfallart (n = 377)

Vergleich des Dichteunterschiedes; Hausunfälle (n = 99), Verkehrsunfälle (n = 59) und sonstige, nicht näher beschriebene Unfälle (n = 206). Außerdem Sportunfälle (n = 3), alkoholisierte Stürze (n = 1), Arbeitsunfälle (n = 3), Bagateltraumen (n = 4) und Suizide (n = 2).

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Hausunfälle	Verkehrsunfälle	nicht näher defi- niert
1 / Ø 13,01	71,96 %	81,13 %	74,92 %
2 / Ø 64,78	63,37 %	63,25 %	68,80 %
3 / Ø 178,75	65,35 %	51,78 %	60,43 %
4 / Ø 213,34	68,07 %	64,13 %	70,75 %
5 / Ø 165,80	64,93 %	49,10 %	96,06 %
Signifikanz (p - Wert)	0,9128		

Tab.: 4.2-13

Entwicklung des Dichteunterschiedes der häufigsten drei Unfallhergänge (n = 377)

Ergebnisübersicht 4.2.5 Dichte

In der Kategorie der Hausunfälle sinkt der Dichteunterschied von der ersten Messung mit 71,96 % auf 64,93 % bei der fünften Messung nach einem Anstieg auf 68,07 % im vierten Röntgenbild. Bei den Verkehrsunfällen sinkt der Dichteunterschied von der ersten zur fünften Messung von 81,13 % auf 49,10 % mit einem Anstieg zum vierten Röntgenbild auf 64,13 %. Bei den nicht näher definierten Unfällen sinkt der Dichteunterschied von 74,92 % im ersten Röntgenbild auf 60,43 % im dritten Bild und steigt über die vierte Untersuchung mit 70,75 % auf 96,06 % im fünften um 21,14 % über den Ausgangswert an. Der Unfallhergang hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,9128$.

4.2.5.1 Polytrauma

Abb. 4.2-12

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5 bei Patienten mit Polytrauma (n = 23) und ohne Polytrauma (n = 325)

Abb. 4.2-13

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5 bei Patienten mit Polytrauma (n = 40) und ohne Polytrauma (n = 336)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Polytrauma	Ø Polytrauma
1 / Ø 13,01	100,00 %	99,93 %
2 / Ø 64,78	121,90 %	100,41 %
3 / Ø 178,75	82,20 %	86,07 %
4 / Ø 213,34	80,38 %	83,45 %
5 / Ø 165,80	keine Daten	60,21 %
Signifikanz (p - Wert)	0,4037	

Tab.: 4.2-14

Vergleich der Entwicklung der TAD von Patienten mit Polytrauma und leichter verletzten Patienten (n = 348)

Ergebnisübersicht 4.3.5.1 TAD

Bei den Patienten mit Polytrauma (n = 23) beginnt die TAD mit 100,00 % im ersten Bild und fällt im Verlauf auf 80,38 %. Bei den Patienten ohne Polytrauma (n = 325) beginnt die TAD mit 99,93 % und fällt im Verlauf auf 60,21 %. Ob der Patient ein Polytrauma erlitten hat, hat für die Entwicklung der TAD ein Signifikanz von $p = 0,4037$.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Polytrauma	Ø Polytrauma
1 / Ø 13,01	74,92 %	74,62 %
2 / Ø 64,78	66,10 %	68,98 %
3 / Ø 178,75	61,46 %	52,13 %
4 / Ø 213,34	70,41 %	57,86 %
5 / Ø 165,80	84,38 %	49,10 %
Signifikanz (p - Wert)	0,6105	

Tab.: 4.2-15

Vergleich der Entwicklung des Dichteunterschiedes von Patienten mit Polytrauma und leichter verletzten Patienten (n = 376)

Ergebnisübersicht 4.2.5.1 Dichte

Bei den Patienten mit Polytrauma (n = 40) sinkt der Dichteunterschied vom ersten zum dritten Röntgenbild um 13,49 % und steigt zum fünften Röntgenbild wieder um 22,92 % über den Ausgangswert an. Bei den Patienten ohne Polytrauma (n = 336) sinkt der Dichteunterschied vom ersten zum fünften Röntgenbild um 25,52 %. Vom dritten zum vierten Röntgenbild ist in dieser Gruppe ein Anstieg des Dichteunterschiedes von 52,13 % auf 57,86 % beobachten. Ob der Patient ein Polytrauma erlitten hat, hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,6105$.

4.2.6 BMI

Abb. 4.2-14

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach dem BMI (Body-Mass-Index) (n = 348)

BMI 14 - 18,9 (n = 9)

In der Kategorie der untergewichtigen Patienten liegt die TAD bei allen zum Zeitpunkt zwei untersuchten Patienten bei 100,00 %. Zum Zeitpunkt drei sind noch 3 Patienten untersucht worden, die TAD liegt hier im Mittelwert bei 69,80 %.

BMI 19 - 24,9 (n = 121)

Bei den normalgewichtigen Patienten fällt die TAD vom ersten Röntgenbild (n = 10) zum dritten Röntgenbild (n = 42) von 100,00 % auf 82,51 %. Im vierten Bild (n = 11) steigt die TAD auf 97,75 % und fällt zum fünften Bild (n = 2) auf 66,15 %.

BMI 25 - 29,9 (n = 126)

Bei den präadipösen Patienten fällt die TAD vom ersten zum vierten Röntgenbild von 100,00 % auf durchschnittlich 80,92 %. Zum letzten Röntgenbild wurden noch 3 Bilder ausgewertet mit durchschnittlich 57,37 %.

BMI 30 - 34,9 (n = 34)

Bei den erstgradig adipösen Patienten fällt die TAD von 100,00 % im ersten Bild auf 62,87 % im vierten Bild. Eine fünfte Untersuchung wurde von einem Patienten gemacht, die TAD liegt hier bei 72,20 %.

BMI 35 - 39,9 (n = 15)

Bei den zweitgradig adipösen Patienten fällt die TAD auf durchschnittlich 79,00 % im dritten Röntgenbild (n = 3) und weiter auf 68,50 % im vierten Röntgenbild bei n = 1 zu diesem Zeitpunkt untersuchten Röntgenbildern.

BMI > 40 (n = 10)

In der Kategorie der schwer adipösen Patienten fällt die TAD kontinuierlich auf 73,15 % zum vierten Röntgenbild. Eine fünfte Untersuchung wurde bei einem Patienten durchgeführt. Die TAD beträgt hier 44,90 %.

Keine BMI Angabe (n = 33)

In dieser Kategorie fällt die TAD von durchschnittlich 100,00 % im ersten auf 67,73 % im vierten Röntgenbild.

Der BMI des Patienten hat für der Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,5142$.

Abb. 4.2-15

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach dem BMI (n = 376)

BMI 14 - 18,9 (n = 7)

In der Kategorie der untergewichtigen Patienten bleibt der Dichteunterschied konstant und endet im vierten Röntgenbild mit 91,10 % um 8,75 % über dem Startwert von 82,35 %.

BMI 19 - 24,9 (n = 127)

Bei den normalgewichtigen Patienten fällt der Dichteunterschied von durchschnittlich 69,68 % im ersten Bild auf 58,01 % im dritten Bild und steigt zum fünften Bild wieder auf 67,60 % an.

BMI 25 - 29,9 (n = 138)

Bei den präadipösen Patienten fällt der Dichteunterschied bis zum dritten Röntgenbild auf 63,31 % ab und steigt bis zum fünften Bild wieder auf 76,88 %.

BMI 30 - 34,9 (n = 43)

Bei den erstgradig adipösen Patienten fällt der Dichteunterschied vom ersten Röntgenbild mit 65,64 % auf 49,47 % im dritten Bild und steigt zum fünften Röntgenbild wieder auf 71,20 %.

BMI 35 - 39,9 (n = 16)

Bei den zweitgradig adipösen Patienten steigt der Dichteunterschied von 54,51 % im ersten auf 69,61 % im vierten Röntgenbild. Hier gibt es zu keinem Patienten eine fünfte Röntgenaufnahme.

BMI > 40 (n = 6)

In der Kategorie der schwer adipösen Patienten fällt der Dichteunterschied von 143,60 % im ersten Bild auf 92,00 % im zweiten Bild und steigt zum fünften Röntgenbild wieder auf 150,70 %.

Keine BMI Angabe (n = 39)

In dieser Kategorie fällt der Dichteunterschied von 92,03 % im ersten Röntgenbild auf 59,84 % im dritten Röntgenbild. Zum vierten Zeitpunkt (n = 5) steigt der Dichteunterschied wieder auf 71,02 %. Eine fünfte Untersuchung wurde bei einem Patienten durchgeführt, hier liegt der Dichteunterschied bei 59,60 %.

Der BMI des Patienten hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,9929$.

4.2.7 Geschlecht

Abb. 4.2-16
Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach männlichen (n = 111) und weiblichen (n = 237) Patienten

Abb. 4.2-17
Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach männlichen (n = 121) und weiblichen (n = 255) Patienten

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	♀ n = 237	♂ n = 111
1 / Ø 13,01	100,00 %	99,87 %
2 / Ø 64,78	100,52 %	103,80 %
3 / Ø 178,75	81,27 %	98,55 %
4 / Ø 213,34	89,23 %	66,00 %
5 / Ø 165,80	60,21 %	keine Daten
Signifikanz (p - Wert)	0,0695	

Tab.: 4.2-16
Vergleich der Veränderung der TAD von weiblichen und männlichen Patienten (n = 348)

Bei den weiblichen Patienten fällt die TAD vom ersten zum fünften Röntgenbild von 100,00 % auf 60,21 %.

Ergebnisübersicht 4.2.7 Dichte

Bei den männlichen Patienten fällt die TAD von 99,87 % im ersten Röntgenbild auf 66 % im vierten Röntgenbild. Eine fünfte Untersuchung ist bei keinem der männlichen Patienten vorhanden. Das Geschlecht hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,0695$.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	♀ n = 255	♂ n = 121
1 / Ø 13,01	74,94 %	74,80 %
2 / Ø 64,78	70,19 %	58,74 %
3 / Ø 178,75	60,96 %	59,60 %
4 / Ø 213,34	73,55 %	55,85 %
5 / Ø 165,80	83,08 %	59,60 %
Signifikanz (p - Wert)	0,1799	

Tab.: 4.2-17

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen weiblichen und männlichen Patienten (n = 376)

Ergebnisübersicht 4.2.7 Dichte

Der Dichteunterschied fällt bei den weiblichen Patienten bis zum dritten Röntgenbild von 74,94 % auf 60,96 %. Bis zur letzten Untersuchung steigt der Dichteunterschied auf 83,08 % über den Ausgangswert. Bei den männlichen Patienten sinkt der Dichteunterschied bis zum vierten Röntgenbild von 74,80 % auf 55,85 % und steigt im fünften Bild auf 59,60 % an. Ein fünftes Bild wurde nur bei einem der männlichen Patienten untersucht. Das Geschlecht hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,1799$.

4.2.8 Initiale Kortikalis-C-Messung

Abb.: 4.2-18

Vergleich der Veränderung der TAD, kategorisiert nach der Höhe des Kortikalis-C-Wertes bei der initialen Messung (n = 348)

Bei n = 68 Messungen der TAD war der initiale Kortikalis-C-Wert bei 0,10 - 0,49, bei n = 89 Messungen 0,50 - 0,74, bei n = 59 Messungen 0,75 - 0,99 und bei n = 39 Messungen 1,00 - 1,49. Bei n = 7 Messungen lag der Kortikalis-C-Wert über 1,50. In n = 86 Fällen gibt es keine Angaben zum Kortikalis-C-Wert.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	0,10 - 0,49	0,50 - 0,74	0,75 - 0,99	1,00 - 1,49	> 1,50	unbekannt
1 / Ø 13,01	99,76 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	keine Bilder	100,00 %
2 / Ø 64,78	97,18 %	98,62 %	107,77 %	99,64 %	100,00 %	105,21 %
3 / Ø 178,75	77,52 %	83,65 %	103,45 %	96,92 %	keine Bilder	78,19 %
4 / Ø 213,34	60,93 %	88,41 %	66,83 %	150,98 %	keine Bilder	64,98 %
5 / Ø 165,80	65,45 %	69,45 %	76,70 %	44,90 %	keine Bilder	30,10 %
Signifikanz (p - Wert)	0,0618					

Tab.: 4.2-18

Entwicklung der TAD, kategorisiert nach der initialen Höhe des Kortikalis-C-Wertes (n = 348)

Ergebnisübersicht 4.2.8 TAD

Die Entwicklung der TAD kategorisiert nach der Höhe des initialen Kortikalis-C-Wertes stellt sich wie in Abb. 4.2-18 und Tab. 4.2-18 gezeigt dar. Für die Kategorie > 1,50 sind nur Bilder von Patienten zum Röntgenzeitpunkt 2 vorhanden. Die Höhe des initialen Kortikalis-C-Wertes hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,0618$.

Abb.: 4.2-19

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes, kategorisiert nach der Höhe des Kortikalis-C-Wertes bei der initialen Messung (n = 346)

Bei n = 90 Messungen des Dichteunterschiedes war der initiale Kortikalis-C-Wert bei 0,10 - 0,49, bei n = 105 Messungen 0,50 - 0,74, bei n = 58 Messungen 0,75 - 0,99 und bei n = 49 Messungen 1,00 - 1,49. In n = 62 Fällen gibt es keine Angaben zum Kortikalis-C-Wert.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	0,10 - 0,49	0,50 - 0,74	0,75 - 0,99	1,00 - 1,49	> 1,50	unbekannt
1 / Ø 13,01	69,68 %	70,91 %	72,24 %	70,53 %	keine Bilder	88,30 %
2 / Ø 64,78	69,48 %	65,51 %	72,53 %	61,13 %	keine Bilder	60,11 %
3 / Ø 178,75	65,16 %	64,12 %	52,75 %	55,11 %	keine Bilder	59,22 %
4 / Ø 213,34	77,18 %	72,66 %	65,83 %	61,83 %	keine Bilder	61,00 %
5 / Ø 165,80	74,63 %	71,25 %	65,00 %	150,70 %	keine Bilder	77,10 %
Signifikanz (p - Wert)	0,7340					

Tab.: 4.2-19

Entwicklung des Dichteunterschiedes, kategorisiert nach der initialen Höhe des Kortikalis-C-Wertes (n = 346)

Ergebnisübersicht 4.2.8 Dichte

Die Entwicklung des Dichteunterschiedes, kategorisiert nach der Höhe des initialen Kortikalis-C-Wertes, stellt sich wie in Abb. 4.2-19 und Tab. 4.2-19 gezeigt dar. Für die Kategorie > 1,50 konnten keine Dichteunterschiede gemessen werden. Die Höhe des initialen Kortikalis-C-Wertes hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,7340$.

4.2.9 Zeit zwischen Unfall und Aufnahme

Röntgen

Abb 4.2-20
Vergleich der TAD-Veränderung
(Tip-Apex-Distance) der kranialen
Schraube von Röntgenbild 1 - 5,
kategorisiert nach der Zeit zwischen
Unfall und Krankenhausaufnahme
(n = 348)

Die Patienten, bei denen die TAD gemessen wurde, teilen sich in die Kategorien unmittelbar nach dem Unfallereignis in das Krankenhaus aufgenommen (n = 189) oder am Folgetag aufgenommen (n = 30). Aufnahmezeitpunkt unbekannt (n = 26).

Ergebnisübersicht 4.2.9 TAD

Tab. 4.2-20 stellt die TAD des zuletzt angefertigten Röntgenbildes, kategorisiert nach der Zeit zwischen Unfall und Aufnahme dar. In fast allen Kategorien liegt die zuerst gemessene TAD bei 100,00 %. Da in manchen Fällen nur ein oder zwei Untersuchungen zum letzten Röntgenbild vorhanden sind, wurde das Mittel der letzten beiden Röntgenzeitpunkte verwendet. Die zwischen Unfall und Krankenhausaufnahme verstrichene Zeit hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,6105$.

Kategorie Unfall bis Aufnahme	aktuellste TAD
unmittelbar	76,38 %
1 Tag	78,75 %
2 Tage	58,95 %
bis 1 Woche	102,10 %
bis 1 Monat	95,06 %
> 1 Monat	64,65 %
unbekannt	43,47 %
Signifikanz (p-Wert)	0,6105

Tab.: 4.2-20
aktuellste TAD, kategorisiert nach der Zeit zwischen Unfall und Krankenhausaufnahme (n = 348)

Abb. 4.2-21
 Vergleich der Veränderung des
 Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und
 Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert
 nach der Zeit zwischen Unfall und
 Krankenhausaufnahme (n = 376)

Röntgen

Die Patienten, bei denen die Veränderung des Dichteunterschiedes gemessen wurde, teilen sich im Folgenden in die Kategorien am Unfalltag aufgenommen (n = 212), am Folgetag aufgenommen (n = 29) und Aufnahmezeitpunkt unbekannt (n = 21).

Ergebnisübersicht 4.2.9 Dichte

Bei den Patienten, die spätestens innerhalb eines Tages nach dem Unfallereignis aufgenommen wurden, hat der Dichteunterschied von der ersten zur Letzten Untersuchung um 3,71 % abgenommen. Bei allen später aufgenommenen Patienten hat der Dichteunterschied bei der letzten Untersuchung im Vergleich zum ersten Bild um 3,10 % zugenommen. Die zwischen Unfall und Krankenhausaufnahme verstrichene Zeit hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,9631$.

4.2.10 Osteoporose

Abb. 4.2-22

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5 bei Patienten mit (n = 46) und ohne (n = 302) Osteoporose

Abb. 4.2-23

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5 bei Patienten mit (n = 56) und ohne (n = 320) Osteoporose

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Osteoporose	Ø Osteoporose
1 / Ø 13,01	100,00 %	99,92 %
2 / Ø 64,78	107,24 %	100,79 %
3 / Ø 178,75	75,06 %	87,39 %
4 / Ø 213,34	79,20 %	83,80 %
5 / Ø 165,80	71,00 %	55,90 %
Signifikanz (p - Wert)	0,9576	

Tab.: 4.2-21
Veränderung der TAD bei Patienten mit und ohne Osteoporose (n = 348)

Die TAD sinkt bei den Patienten mit Osteoporose nach einem Anstieg um 7,24 % im zweiten Röntgenbild auf 75,06 % im dritten Bild (n = 14), 79,20 % im vierten Bild (n = 5) und auf 71,00 % in der fünften Untersuchung (n = 2).

Ergebnisübersicht 4.2.10 TAD

Bei den Patienten ohne Osteoporose sinkt die TAD von 99,92 % im ersten Bild auf 83,80 % im vierten Bild (n = 25) und 55,90 % im fünften Bild (n = 5). Das Vorhandensein einer Osteoporose hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von p = 0,9576.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Osteoporose	Ø Osteoporose
1 / Ø 13,01	66,50 %	75,98 %
2 / Ø 64,78	65,50 %	66,56 %
3 / Ø 178,75	64,86 %	59,70 %
4 / Ø 213,34	80,80 %	66,53 %
5 / Ø 165,80	76,80 %	82,30 %
Signifikanz (p - Wert)	0,9860	

Tab.: 4.2-22
Veränderung des Dichteunterschiedes bei Patienten mit und ohne Osteoporose (n = 376)

Ergebnisübersicht 4.2.10 Dichte

Bei den Patienten mit Osteoporose fällt der Dichtunterschied vom ersten zum dritten Röntgenbild von 66,50 % auf 64,86 % und steigt zum vierten Untersuchungszeitpunkt (n = 7) wieder auf 80,80 %. Im fünften Bild (n = 3) fällt der Dichteunterschied wieder auf 76,80 %.

Bei den Patienten ohne Osteoporose fällt der Dichtunterschied von 75,98 % im ersten Röntgenbild auf 59,70 % im dritten Röntgenbild und steigt bis zur fünften Untersuchung wieder auf 82,30 %. Das Vorhandensein einer Osteoporose hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,9860$.

4.3 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Tip-Apex-Distance (TAD) und Knochendichte während der Frakturheilung: beeinflussbare Faktoren

4.3.1 Präoperative Behandlung

Abb. 4.3-1

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der präoperativen Behandlung (n = 348)

Die Patienten, bei denen die TAD verglichen wurde, wurden bei Aufnahme im Krankenhaus zunächst mit einem Gilchrist-Verband versorgt, ohne zuvor geschlossen zu reponieren (n = 192), Erstversorgung unbekannt (n = 126), geschlossene Reposition und folgende Schienung (n = 26), Desault-Verband (n = 3) oder ohne Maßnahmen (n = 1).

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Gilchrist ohne Reposition	unbekannt
1 / Ø 13,01	99,89 %	100,00 %
2 / Ø 64,78	103,43 %	98,55 %
3 / Ø 178,75	84,59 %	89,16 %
4 / Ø 213,34	69,39 %	93,47 %
5 / Ø 165,80	52,63 %	65,90 %
Signifikanz (p-Wert)	0,9993	

Tab.: 4.3-1

Entwicklung der TAD der mit einem Gilchrist-Verband erstversorgten Patienten im Vergleich zu den Patienten mit unbekannter Erstbehandlung (n = 348)

Ergebnisübersicht 4.3.1 TAD

Ohne Reposition mit einem Gilchrist-Verband versorgte Patienten; mit n = 16 Bildern zu Zeitpunkt eins TAD 99,89 %, im Folgenden steigt die TAD bei n = 100 Patienten zum zweiten Röntgenbild auf 103,43 %. Zu Zeitpunkt fünf beträgt die TAD 52,63 % (n = 3).

Bei den unbekannt erstversorgten Patienten sinkt die TAD von 100,00 % im ersten Bild auf 65,90 % im fünften Bild. Die Art der Vorbehandlung vor OP hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von p = 0,9993.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Reposition nach Schienung
1 / Ø 13,01	100,00 %
2 / Ø 64,78	100,00 %
3 / Ø 178,75	77,06 %

Tab.: 4.3-2

Entwicklung der TAD bei den nach der Reposition immobilisierten Patienten (n = 26)

In dieser Patientengruppe gibt es nur Röntgenbilder zu den Untersuchungszeitpunkten eins bis drei. Röntgenbild eins (n = 3), Röntgenbild zwei (n = 15), Röntgenbild drei (n = 8).

Abb. 4.3-2

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5 kategorisiert nach der präoperativen Behandlung (n = 376)

Zum Vergleich des Dichteunterschiedes wurden mit einem Gilchrist-Verband versorgte Patienten ohne Reposition (n = 201), Patienten mit unbekannter Erstversorgung (n = 162), nach Reposition mit einer Immobilisation versorgte Patienten (n = 12) und mit einem Desault-Verband versorgte Patienten (n = 1) untersucht.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Gilchrist ohne Re- position	unbekannt	Reposition dann Schienung
1 / Ø 13,01	75,24 %	72,74 %	88,17 %
2 / Ø 64,78	66,63 %	66,05 %	66,15 %
3 / Ø 178,75	59,97 %	61,08 %	64,35 %
4 / Ø 213,34	67,85 %	69,97 %	keine Bilder
5 / Ø 165,80	65,55 %	92,40 %	keine Bilder
Signifikanz (p - Wert)	0,6124		

Tab.: 4.3-3

Entwicklung des Dichteunterschiedes der ohne Reposition immobilisierten Patienten, der unbekannt erstversorgten Patienten und derjenigen, die zunächst reponiert und dann geschient wurden (n = 376)

Ergebnisübersicht 4.3.1 Dichte

Bei den ohne Reposition immobilisierten Patienten verändert sich der Dichteunterschied vom ersten zum dritten Untersuchungszeitpunkt von 75,24 % auf 59,97 % und steigt zum fünften Bild wieder auf 65,55 %. Bei den unbekannt erstversorgten Patienten sinkt der Dichteunterschied vom ersten zum dritten Untersuchungszeitpunkt von 72,74 % auf 61,08 % und steigt zur letzten Untersuchung wieder auf 92,40 %. Zu den nach der Reposition geschienten Patienten gibt es nur Röntgenbilder zu den Zeitpunkten eins bis drei. Hier sinkt der Dichteunterschied von 88,17 % auf 64,35 %. Die Art der Vorbehandlung vor OP hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,6124$.

4.3.2 Zeit zwischen Unfall und OP

Röntgen

Abb. 4.3-3
Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Zeit zwischen Unfall und Operation (n = 348)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	OP innerhalb einer Woche	OP innerhalb von 14 Tagen	OP innerhalb eines Monats
1 / Ø 13,01	100,00 %	100,00 %	99,15 %
2 / Ø 64,78	100,53 %	108,01 %	97,15 %
3 / Ø 178,75	83,52 %	103,00 %	93,16 %
4 / Ø 213,34	83,89 %	74,13 %	keine Bilder
5 / Ø 165,80	59,13 %	66,70 %	keine Bilder
Signifikanz (p - Wert)	0,5014		

Tab.: 4.3-4
Entwicklung der TAD, kategorisiert nach der Zeit zwischen dem Unfallereignis und der Operativen Versorgung
(n = 287)

Innerhalb der ersten Woche operiert (n = 251), innerhalb von 14 Tagen operiert (n = 58), innerhalb des ersten Monats operiert (n = 14).

Ergebnisübersicht 4.3.2 TAD

Bei den innerhalb einer Woche operierten Patienten fällt die TAD zur dritten und vierten Untersuchung auf um 83 %. Zum fünften Röntgenbild sind noch 59,13 % der TAD vorhanden bei n = 5 Bildern. Bei den innerhalb von zwei Wochen operierten Patienten hält sich die TAD bis zur dritten Untersuchung auf über 100,00 % (n = 220) und sinkt dann bis zum fünften Bild mit n = 31 weiteren Messungen auf 66,70 %. Die 14 Bilder, die von Patienten stammen, die zwischen 14 Tagen und einem Monat nach dem Unfall operiert wurden, zeigen einen Abfall der TAD von 99,15 % im Ersten auf 93,16 % im dritten Röntgenbild. Hier gibt es keine vierten und fünften Bilder. Nicht in Tabelle Nr. 4.3-4 aufgeführt sind Patienten, deren Zeit zwischen Unfall und OP unbekannt ist sowie Patienten, die nach über einem Monat operiert wurden. Bei den nach über einem Monat operierten Patienten (n = 17) fällt die TAD vom ersten zum letzten Bild von 100,00 % auf durchschnittlich 57,72 %. Bei den Patienten mit unbekannter Zeit (n = 8) fällt die TAD von 100,00 % im ersten Bild auf durchschnittlich 61,50 %. Die Entwicklung des Dichteunterschiedes unterscheidet sich zwischen den genannten Kategorien mit einer Signifikanz von $p = 0,5014$.

Abb. 4.3-4
 Vergleich der Veränderung des
 Dichteunterschiedes zwischen Glenoid
 und Humerus von Röntgenbild 1 - 5,
 kategorisiert nach der Zeit zwischen
 Unfall und Operation (n = 376)

Röntgen

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	OP innerhalb einer Woche	OP innerhalb von 14 Tagen	OP innerhalb eines Monats
1 / Ø 13,01	74,49 %	75,26 %	83,15 %
2 / Ø 64,78	66,80 %	68,56 %	62,20 %
3 / Ø 178,75	58,85 %	69,56 %	69,03 %
4 / Ø 213,34	68,57 %	71,87 %	58,10 %
5 / Ø 165,80	86,26 %	71,30 %	keine Bilder
Signifikanz (p - Wert)	0,3923		

Tab.: 4.3-5

Entwicklung des Dichteunterschiedes, kategorisiert nach der Zeit zwischen Unfall und operativer Versorgung

(n = 354)

OP innerhalb einer Woche (n = 295), OP innerhalb von 14 Tagen (n = 44), OP innerhalb eines Monats (n = 15).

Ergebnisübersicht 4.3.2 Dichte

Der Dichteunterschied sinkt bei den innerhalb der ersten Woche nach dem Unfall operierten Patienten von 74,49 % auf 58,85 % im dritten Bild und steigt bis zur fünften Untersuchung wieder auf 86,26 %. Bei den innerhalb der ersten 14 Tage operierten Patienten sinkt der Dichteunterschied zur zweiten Untersuchung von 75,26 % auf 68,56 % und steigt dann wieder auf 71,20 % im fünften Bild. Der Dichteunterschied der innerhalb des ersten Monats nach dem Unfall operierten Patienten fällt bis zum vierten Röntgenbild von 83,15 % auf 58,10 % mit einem kurzen Anstieg vom zweiten zum dritten Zeitpunkt von 62,20 % auf 69,03 %. Nicht in Tab. 4.3-5 aufgeführt sind diejenigen Patienten, die nach über einem Monat operiert wurden oder bei denen die Zeit unbekannt ist.

Bei den nach über einem Monat operierten Patienten (n = 12) sinkt der Dichteunterschied vom ersten zum dritten Röntgenbild von 69,53 % auf 55,40 %. Von diesen Patienten hat keiner ein viertes oder fünftes Röntgenbild erhalten. Bei den Patienten mit unbekannter Zeit (n = 9) sinkt der Dichteunterschied vom ersten zum zweiten Bild von 84,53 % auf 61,00 % und steigt zur fünften Untersuchung wieder auf 91,10 % über den Ausgangswert. Die Entwicklung des Dichteunterschiedes unterscheidet sich zwischen den genannten Kategorien mit einer Signifikanz von $p = 0,3923$.

4.3.3 Zeit zwischen OP und Mobilisation

Abb. 4.3-5

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Zeit zwischen Operation und Mobilisation (n = 348)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Mobilisation nach < 3 Tagen	Mobilisation nach > 1 Woche	unbekannt
1 / Ø 13,01	99,03 %	100,00 %	100,00 %
2 / Ø 64,78	98,63 %	113,68 %	106,92 %
3 / Ø 178,75	87,33 %	77,58 %	82,05 %
4 / Ø 213,34	81,74 %	58,70 %	112,69 %
5 / Ø 165,80	71,40 %	keine Bilder	50,25 %
Signifikanz (p - Wert)	0,6811		

Tab.: 4.3-6

Veränderung der TAD, kategorisiert nach der Zeit zwischen Operation und Mobilisation (n = 284)

Mobilisation nach < 3 Tagen (n = 186), Mobilisation nach > 1 Woche (n = 33), Mobilisationszeitpunkt unbekannt (n = 65).

Ergebnisübersicht 4.3.3 TAD

Bei den nach < 3 Tagen mobilisierten Patienten sinkt die TAD von 99,03 % im ersten Röntgenbild kontinuierlich auf 71,40 % im fünften Röntgenbild. Bei den nach über einer Woche, aber unter einem Monat mobilisierten Patienten gibt es keine Bilder zum fünften Zeitpunkt. Bis zur vierten Röntgenuntersuchung ist die TAD auf 58,70 % gesunken (n = 3). Die Patienten mit unbekanntem Mobilisationszeitpunkt haben zur fünften Untersuchung noch eine TAD von durchschnittlich 50,25 %. Zum vierten Zeitpunkt steigt die TAD zwischenzeitlich auf 112,69 % bei n = 7 ausgewerteten Bildern. Die Verstrichene Zeit zwischen Operation und Mobilisation hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,6811$.

Abb. 4.3-6

Vergleich der Veränderung der Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Zeit zwischen Operation und Mobilisation (n = 376)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Mobilisation nach < 3 Tagen	Mobilisation nach > 1 Woche	unbekannt
1 / Ø 13,01	74,12 %	87,58 %	75,52 %
2 / Ø 64,78	65,97 %	65,83 %	70,25 %
3 / Ø 178,75	56,94 %	72,17 %	64,68 %
4 / Ø 213,34	70,38 %	58,47 %	67,50 %
5 / Ø 165,80	78,03 %	49,10 %	102,50 %
Signifikanz (p - Wert)	0,0870		

Tab.: 4.3-7

Veränderung des Dichteunterschiedes, kategorisiert nach der Zeit zwischen Operation und Mobilisation (n = 329)

Mobilisation nach < 3 Tagen (n = 206), Mobilisation nach > 1 Woche (n = 38), Dauer bis zur Mobilisation unbekannt (n = 85).

Ergebnisübersicht 4.3.3 Dichte

Der Dichteunterschied sinkt bei den nach < 3 Tagen mobilisierten Patienten bis zum dritten Röntgenbild um 17,18 % und steigt bis zum fünften Untersuchungszeitpunkt wieder um 21,09 %. Bei den zwischen einer Woche und einem Monat mobilisierten Patienten sinkt der Dichteunterschied kontinuierlich von 87,58 % im ersten Röntgenbild um 38,48 % auf 49,10 % zum fünften Untersuchungszeitpunkt. Bei den Patienten mit unbekannter Dauer zur Mobilisation sinkt der Dichteunterschied vom ersten zum dritten Röntgenbild um 10,84 % und steigt dann bis zur fünften Untersuchung wieder um 37,68 % an. Die Zeit zwischen Operation und Mobilisation hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,0870$.

4.3.4 Repositionsergebnis

Abb. 4.3-7
Vergleich der Veränderung des TAD zum dritten Röntgenzeitpunkt bei ausreichender Reposition (j mit n = 49) und nicht zufriedenstellender Reposition (n = 45)

	statisch stabil	statisch instabil
TAD zum dritten Röntgenbild	95,41 %	77,69 %
Signifikanz (p - Wert)	0,0443	

Tab.: 4.3-8
Verhältnis statisch stabiler und instabiler Frakturen (n = 45)

Ergebnisübersicht 4.3.4 TAD

Das Repositionsergebnis wurde bei $n = 94$ Patienten des Kollektivs bewertet. Bei den zufriedenstellend reponierten Frakturen veränderte sich die TAD bis zum dritten Röntgenzeitpunkt auf 95,41 %. Bei den nicht zufriedenstellend reponierten Frakturen veränderte sich die TAD auf 77,69 %. Die Qualität der anatomischen Reposition hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,044$.

4.3.5 Operationsart

Abb. 4.3-8

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Art der operativen Versorgung ($n = 348$)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	nicht-winkelstabile Platte	winkelstabile Platte
1 / Ø 13,01	100,00 %	99,98 %
2 / Ø 64,78	99,60 %	100,00 %
3 / Ø 178,75	95,53 %	83,25 %
4 / Ø 213,34	148,85 %	74,03 %
5 / Ø 165,80	keine Bilder	60,21 %
Signifikanz (p - Wert)	0,3124	

Tab.: 4.3-9

Veränderung der TAD winkelstabil versorgter Frakturen im Vergleich zu konventioneller Versorgung (n = 283)

In konventioneller Technik versorgt (n = 80), in winkelstabiler Technik versorgt (n = 203).

Ergebnisübersicht 4.3.5 TAD

Bei den mit nicht-winkelstabilen Systemen versorgten Patienten sinkt die TAD zum dritten Röntgenbild von 100,00 % auf 95,53 % und steigt zur vierten Untersuchung wieder auf 148,85 % (n = 4). Die TAD der in winkelstabiler Technik versorgten Patienten sinkt kontinuierlich bis zum fünften Röntgenbild auf 60,21 %. Die Art der operativen Versorgung hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,3124$.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Prothese nach winkelstabiler Versorgung
1 / Ø 13,01	100,00 %
2 / Ø 64,78	100,00 %
3 / Ø 178,75	84,35 %
4 / Ø 213,34	keine Bilder
5 / Ø 165,80	keine Bilder

Tab.: 4.3-10

Entwicklung der TAD bei zunächst winkelstabil versorgten Frakturen, mit folgender Humeruskopfprothese (n = 16)

Bei n = 16 Bildern wurde zunächst eine Platte in winkelstabiler Technik verwendet und diese dann aufgrund von Komplikationen gegen eine Humeruskopfprothese ersetzt.
Bei diesen Patienten sinkt die TAD beim dritten Röntgenbild (n = 6) auf 84,35 %.

Abb. 4.3-9

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Art der Operativen Versorgung (n = 376)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	nicht-winkelstabile Platte	winkelstabile Platte
1 / Ø 13,01	91,73 %	71,92 %
2 / Ø 64,78	70,97 %	64,28 %
3 / Ø 178,75	68,23 %	59,17 %
4 / Ø 213,34	53,60 %	71,32 %
5 / Ø 165,80	keine Bilder	80,47 %
Signifikanz (p - Wert)	0,0979	

Tab.: 4.3-11

Veränderung des Dichteunterschiedes winkelstabil versorgter Frakturen im Vergleich zu konventioneller Versorgung (n = 319)

Der Dichteunterschied sinkt bei den in nicht-winkelstabiler Technik versorgten Patienten von 91,73 % im ersten Bild auf 53,60 % bei der fünften Untersuchung.

Ergebnisübersicht 4.3.5 Dichte

Bei den in winkelstabiler Technik versorgten Patienten sinkt der Dichtunterschied vom ersten zum dritten Röntgenbild von 71,92 % auf 59,17 % und steigt zur fünften Untersuchung wieder auf 80,47 % an. Die Art der operativen Versorgung hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,0979$.

4.3.6 Operationsdauer

Abb. 4.3-10

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Dauer der Operation (n = 348)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	< 90 min.	90 - 180 min.	> 180 min.
1 / Ø 13,01	100,00 %	99,91 %	keine Bilder
2 / Ø 64,78	103,21 %	100,86 %	101,55 %
3 / Ø 178,75	93,05 %	84,25 %	71,00 %
4 / Ø 213,34	124,52 %	72,98 %	65,15 %
5 / Ø 165,80	66,70 %	61,98 %	44,90 %
Signifikanz (p - Wert)	0,0102		

Tab.: 4.3-12
Entwicklung der TAD, kategorisiert nach der Operationsdauer (n = 329)

< 90 Minuten Operationsdauer (n = 104), 90 - 180 Minuten Operationsdauer (n = 203), > 180 Minuten Operationsdauer (n = 22).

Ergebnisübersicht 4.3.6 TAD

Patienten mit < 90 Minuten Operationsdauer zeigen eine Schwankung der TAD von 100,00 % im ersten Bild auf Werte zwischen 124,52 % und 66,70 %. Bei den Patienten mit einer Operationsdauer von 90 - 180 Minuten sinkt die TAD auf 61,98 % bei der fünften Untersuchung. Von der ersten zur zweiten Untersuchung steigt die TAD von 99,91 % auf 100,86 % an. Bei einer Operationsdauer von > 180 Minuten sinkt die TAD auf 44,90 % zur fünften Untersuchung. Hier ist bei keinem Patienten eine Untersuchung zu Zeitpunkt eins vorhanden. Die Dauer der Operation hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,0102$.

Abb. 4.3-11

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Dauer der Operation (n = 376)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	< 90 min.	90 - 180 min.	> 180 min.
1 / Ø 13,01	77,86 %	72,14 %	76,70 %
2 / Ø 64,78	67,64 %	66,55 %	76,33 %
3 / Ø 178,75	61,37 %	57,56 %	83,21 %
4 / Ø 213,34	77,98 %	67,56 %	68,72 %
5 / Ø 165,80	65,45 %	73,77 %	150,70 %
Signifikanz (p - Wert)	0,5978		

Tab.: 4.3-13

Veränderung des Dichteunterschiedes, kategorisiert nach der Operationsdauer (n = 357)

< 90 Minuten Operationsdauer (n = 86), 90 - 180 Minuten Operationsdauer (n = 242),
> 180 Minuten Operationsdauer (n = 29).

Ergebnisübersicht 4.3.6 Dichte

Bei den in < 90 Minuten operierten Patienten sinkt der Dichteunterschied von 77,86 % im ersten Bild auf 65,45 % im fünften Bild mit einem anstieg auf 77,98 % zur vierten Untersuchung. Bei den Patienten mit einer Operationsdauer von 90 - 180 Minuten sinkt der Dichteunterschied von 72,14 % im ersten Bild auf 57,56 % im dritten Röntgenbild und steigt zur fünften Untersuchung wieder auf 73,77 % an. Der Dichteunterschied schwankt bei den in > 180 Minuten operierten Patienten zwischen 68,72 % und 150,70 %. Die Operationsdauer hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes zwischen Humerus und Glenoid eine Signifikanz von $p = 0,5978$.

4.3.7 Nachbehandlung

4.3.7.1 Krankengymnastik mit EAP

Abb. 4.3-12
Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5 bei Patienten mit EAP (n = 297) und ohne EAP (n = 51)

Abb. 4.3-13
Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5 bei Patienten mit EAP (n = 328) und ohne EAP (n = 48)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	EAP	Ø EAP
1 / Ø 13,01	99,93 %	100,00 %
2 / Ø 64,78	100,47 %	107,81 %
3 / Ø 178,75	84,01 %	95,02 %
4 / Ø 213,34	85,16 %	63,87 %
5 / Ø 165,80	60,21 %	keine Bilder
Signifikanz (p - Wert)	0,7072	

Tab.: 4.3-14

Entwicklung der TAD von Patienten mit und ohne postoperativer erweiterter ambulanter Physiotherapie (n = 248)

Ergebnisübersicht 4.3.7.1 TAD

Bei den Patienten, die im Anschluss an die Operation eine EAP (erweiterte ambulante Physiotherapie) erhalten haben (n = 297) fällt die TAD nach einem leichten Anstieg vom ersten Bild mit 99,93 % auf 100,47 % im zweiten Bild zur fünften Untersuchung auf 60,21 % ab. Auch bei den Patienten, die keine EAP erhalten haben (n = 51) ist ein Anstieg der TAD vom ersten zum zweiten Bild von 100,00 % auf 107,81 % zu beobachten mit einem Abfall auf 63,87 % zur vierten Untersuchung. Ein fünftes Röntgenbild hat in dieser Gruppe kein Patient erhalten. Die Durchführung einer EAP hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,7072$.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	EAP	Ø EAP
1 / Ø 13,01	76,13 %	66,10 %
2 / Ø 64,78	66,18 %	67,85 %
3 / Ø 178,75	60,49 %	60,76 %
4 / Ø 213,34	72,88 %	39,56 %
5 / Ø 165,80	80,47 %	keine Bilder
Signifikanz (p - Wert)	0,0797	

Tab.: 4.3-15

Entwicklung des Dichteunterschiedes von Patienten mit und ohne postoperativer erweiterter ambulanter Physiotherapie (n = 376)

Ergebnisübersicht 4.3.7.1 Dichte

Der Dichtunterschied fällt bei den Patienten mit EAP vom ersten zum dritten Röntgenbild um 15,64 % und steigt zum fünften Röntgenbild um 19,98 % über den Ausgangswert an. Die Patienten, die postoperativ keine EAP erhielten haben einen Dichteunterschied von durchschnittlich 66,10 % bei der ersten Untersuchung. Nach einem leichten Anstieg von 1,75 % zum zweiten Bild fällt der Dichteunterschied in dieser Gruppe bis zur vierten Untersuchung auf 39,56 %. Ein fünftes Röntgenbild wurde bei keinem Patienten aus dieser Kategorie angefertigt. Die Durchführung einer EAP hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,0797$.

4.3.7.2 CPM-Behandlung

Abb. 4.3-14

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5 bei Patienten mit CPM-Behandlung (Continuous-Passive-Motion) (n = 62) und Patienten ohne CPM-Behandlung (n = 286)

Abb. 4.3-15

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5 bei Patienten mit CPM-Behandlung (n = 58) und Patienten ohne CPM-Behandlung (n = 318)

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	CPM	Ø CPM
1 / Ø 13,01	100,00 %	99,91 %
2 / Ø 64,78	99,93 %	102,01 %
3 / Ø 178,75	100,95 %	81,79 %
4 / Ø 213,34	151,40 %	72,51 %
5 / Ø 165,80	keine Bilder	60,21 %
Signifikanz (p - Wert)	0,0164	

Tab.: 4.3-16

Entwicklung der TAD von Patienten mit und ohne postoperativer CPM-Behandlung (n = 348)

Ergebnisübersicht 4.3.7.2 TAD

Die TAD fällt bei den mit einer Motorschiene behandelten Patienten (n = 62) vom ersten zum zweiten Röntgenbild von 100,00 % auf 99,93 %. Danach folgt ein kontinuierlicher Anstieg zum vierten Röntgenbild auf 151,40 %. Eine fünfte Röntgenuntersuchung hat in dieser Gruppe kein Patient erhalten. Bei den Patienten, die keine Behandlung mit einer Motorschiene erhalten haben steigt die TAD vom ersten zum zweiten Röntgenbild von 99,91 % auf 102,01 % und sinkt danach auf 60,21 % im fünften Bild. Die Nachbehandlung hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,0164$.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	CPM	Ø CPM
1 / Ø 13,01	73,10 %	75,19 %
2 / Ø 64,78	69,23 %	65,93 %
3 / Ø 178,75	53,18 %	62,36 %
4 / Ø 213,34	59,02 %	70,56 %
5 / Ø 165,80	keine Bilder	80,47 %
Signifikanz (p - Wert)	0,3431	

Tab.: 4.3-17

Entwicklung des Dichteunterschiedes von Patienten mit und ohne postoperativer CPM-Behandlung (n = 376)

Ergebnisübersicht 4.3.7.2 Dichte

Der Dichteunterschied sinkt bei den Patienten mit CPM-Behandlung (n = 58) vom ersten zum dritten Röntgenbild von 73,10 % auf 53,18 % und steigt zur vierten Untersuchung wieder auf 59,02 %. Ein fünftes Röntgenbild ist von keinem Patienten dieser Kategorie vorhanden. Bei den Patienten, die keine CPM-Behandlung erhalten haben (n = 318) sinkt der Dichteunterschied von der ersten zur dritten Untersuchung von 75,19 % auf 62,36 % und steigt danach bis zum fünften Röntgenbild wieder auf 80,47 %. Die Behandlung mit einer CPM-Schiene hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,3431$.

4.3.8 Dauer des Krankenhausaufenthaltes

Abb. 4.3-16

Vergleich der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Dauer des Krankenhausaufenthaltes (n = 348)

Die TAD wurde n = 297 bei Patienten untersucht, die weniger als einen Monat im Krankenhaus verbracht haben. Bei n = 15 Messungen beträgt die Dauer des Krankenhausaufenthaltes über einen Monat. Bei n = 36 Messungen ist die Dauer unbekannt.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Krhs. Aufenthalt < 1 Monat	Krhs. Aufenthalt > 1 Monat	Krhs. Aufenthalt Dauer unbekannt
1 / Ø 13,01	99,92 %	100,00 %	100,00 %
2 / Ø 64,78	99,32 %	120,84 %	113,69 %
3 / Ø 178,75	86,14 %	68,68 %	89,11 %
4 / Ø 213,34	85,75 %	keine Bilder	65,45 %
5 / Ø 165,80	62,77 %	keine Bilder	44,90 %
Signifikanz (p - Wert)	0,4876		

Tab.: 4.3-18
Entwicklung der TAD, eingeteilt nach der Dauer des Krankenhausaufenthaltes (n = 348)

Ergebnisübersicht 4.3.8 TAD

Bei den Patienten mit einem Krankenhausaufenthalt von unter einem Monat sinkt die TAD durchschnittlich von 99,92 % im ersten Röntgenbild auf 62,77 % zur fünften Untersuchung. Bei den Patienten mit einem Krankenhausaufenthalt von über einem Monat sind zum vierten und fünften Untersuchungszeitpunkt keine Messungen mehr vorhanden. Vom ersten zum dritten Röntgenbild sinkt die TAD von durchschnittlich 100,00 % auf 68,68 %. In der Patientengruppe mit unbekannter Dauer des Krankenhausaufenthaltes sinkt die TAD vom ersten zum fünften Röntgenbild von 100,00 % auf 44,90 %. Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes hat für die Entwicklung der TAD eine Signifikanz von $p = 0,4876$.

Abb. 4.3-17

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Dauer des Krankenhausaufenthaltes (n = 376)

Bei n = 330 Messungen des Dichteunterschiedes betrug die Dauer des Krankenhausaufenthaltes unter einem Monat, bei n = 18 Messungen betrug die Dauer über einem Monat, bei n = 28 Messungen war die Dauer des Krankenhausaufenthaltes unbekannt.

Röntgen / Ø Tage seit Unfall	Krhs. Aufenthalt < 1 Monat	Krhs. Aufenthalt > 1 Monat	Krhs. Aufenthalt Dauer unbekannt
1 / Ø 13,01	74,55 %	79,63 %	74,93 %
2 / Ø 64,78	65,89 %	61,55 %	77,80 %
3 / Ø 178,75	60,24 %	49,86 %	66,96 %
4 / Ø 213,34	67,54 %	keine Bilder	81,95 %
5 / Ø 165,80	71,69 %	keine Bilder	150,70 %
Signifikanz (p-Wert)	0,6813		

Tab.: 4.3-19

Entwicklung des Dichteunterschiedes, eingeteilt nach der Dauer des Krankenhausaufenthaltes

Ergebnisübersicht 4.3.8 Dichte

Bei den Patienten mit einem Krankenhausaufenthalt von unter einem Monat sinkt der Dichteunterschied durchschnittlich von 74,55 % im ersten Röntgenbild auf 71,69 % zur fünften Untersuchung mit einem Abfall auf 60,24 % zum dritten Röntgenbild. Bei den Patienten mit einem Krankenhausaufenthalt von über einem Monat sind zum vierten und fünften Untersuchungszeitpunkt keine Messungen mehr vorhanden, vom ersten zum dritten Röntgenbild sinkt der dichteunterschied von durchschnittlich 79,63 % auf 49,86 %. In der Patientengruppe mit unbekannter Dauer des Krankenhausaufenthaltes steigt der Dichteunterschied vom ersten zum vierten Röntgenbild von 74,93 % auf 81,95 % nach einem Abfall auf 66,96 % zum dritten Untersuchungszeitpunkt. Eine fünfte Nachuntersuchung wurde noch von einem Patienten ausgewertet. Hier lag der Dichteunterschied bei 150,70 %. Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes hat für die Entwicklung des Dichteunterschiedes eine Signifikanz von $p = 0,6813$.

4.3.9 Metallentfernung

Abb. 4.3-18

Vergleiche der TAD-Veränderung (Tip-Apex-Distance) der kranialen Schraube von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Zeit zwischen Osteosynthese und Metallentfernung ($n = 348$)

Ergebnisübersicht 4.3.9 TAD

Die Dauer des Metallverbleibs ist bei $n = 307$ Messungen unbekannt und bei $n = 41$ bekannt. Entsprechend der Entwicklung des TAD ergibt sich eine Signifikanz von $p = 0,0001$ für die Dauer des Metallverbleibs.

Abb. 4.3-19

Vergleich der Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humerus von Röntgenbild 1 - 5, kategorisiert nach der Zeit zwischen Osteosynthese und Metallentfernung ($n = 376$)

Ergebnisübersicht 4.3.9 Dichte

Es gibt in dieser Untersuchung keinen Patienten, bei dem die Dauer des Metallverbleibs bekannt und gleichzeitig der Dichteunterschied nachvollziehbar war. Entsprechend finden sich alle Patienten in der Kategorie „keine Angaben zur Metallentfernung“. Die Entwicklung des gemessenen Dichteunterschiedes entspricht somit der des gesamten, unkategorisierten Patientenkollektivs. In diese Kategorie fallen $n = 376$ Messungen.

5 Diskussion

5.1 Zentrale Tendenz

5.1.1 Altersverteilung

Von den insgesamt 408 untersuchten Patienten waren nur 27 Patienten jünger als 40 Jahre. Mit 276 Patienten sind mehr als die Hälfte zum Unfallzeitpunkt zwischen 60 und 90 Jahre alt gewesen. 104 Patienten waren zwischen 70 und 80 Jahre alt und 8 Patienten waren älter als 90 Jahre. In der Allgemeinbevölkerung finden sich entsprechende Altersverteilungen. Nach dem Statistischen Bundesamt (Destatis 2013) haben im Jahre 2011 20.218 Patienten im Alter zwischen 45 und 65 Jahren eine proximale Humerusfraktur erlitten. Bei den über 65-Jährigen waren es im gleichen Jahr mit 47.662 Patienten mehr als doppelt so viele. Im Jahr 2005 waren 19.498 Patienten zwischen 45 und 65 Jahren von einer proximalen Humerusfraktur betroffen, während 43.774 Patienten älter waren. Eine genauere Einteilung der über 65-Jährigen in weitere Altersgruppen wird vom Statistischen Bundesamt nicht vorgenommen. Die Altersverteilung des untersuchten Patientenkollektivs entspricht der der Allgemeinbevölkerung. Gleiches gilt für außerhalb Deutschlands und Europas durchgeführte Untersuchungen (Roux et al. 2012) (Griffin et al. 1992, Court-Brown et al. 2001).

5.1.2 Geschlechterverteilung

Im untersuchten Kollektiv finden sich mit 237 Frauen und 136 Männern fast doppelt so viele weibliche wie männliche Patienten. Nach dem Statistischen Bundesamt waren im Jahre 2011 60,98 % der Patienten mit proximaler Humerusfraktur weiblich und 39,02 % männlich (Destatis 2013). Die Geschlechterverteilung im untersuchten Patientenkollektiv entspricht in etwa der der Allgemeinbevölkerung. Nicht in Deutschland stattgefundenen Untersuchungen kommen zu ähnlichen Ergebnissen. So sind nach Roux et al. (Roux et al. 2012) und Court-Brown et al. (Court-Brown et al. 2001) Frauen doppelt so häufig betroffen wie Männer. Dies liegt hauptsächlich an der schwächeren Knochengrundstruktur und dem Absinken des Östrogenspiegels bei Frauen nach der Menopause mit darauf folgender Osteoporose (Roux et al. 2012).

5.1.3 Verteilung der Frakturtypen

In der Neer-Klassifikation fallen in die Gruppen III.2; subkapitale dislozierte Humerusfrakturen ohne Beeinträchtigung der Tuberkel 30,77 %. In die Gruppe IV.3; dislozierte subkapitale Humerusfrakturen mit Abriss des großen Tuberkels 20,33 % und IV.4/V.4; dislozierte subkapitale Humerusfrakturen mit Abriss sowohl des großen als auch des kleinen Tuberkels 20,88 %. Außerdem waren 6,88 % der Frakturen Neer-VI.4 klassifiziert. Alle anderen Frakturtypen kamen zu weniger als 5 % vor. Roux et al. fanden mit 42 % nicht dislozierten (Neer I) und 59 % dislozierten (Neer II,III,IV) Frakturen weniger dislozierte Frakturen (Roux et al. 2012). Dieser Unterschied ist dadurch zu erklären, dass in dieser Untersuchung nur Patienten eingeschlossen wurden, die operativ versorgt wurden. In der genannten Patientengruppe von Roux et al. wurden 79 % der Patienten konservativ und 21 % operativ behandelt. 40 der 71 operierten Patienten fielen auch bei Roux et al. in die Klassifikation Neer III, was mit dem von uns gefundenen hohen Verhältnis von Neer III-Frakturen im operierten Patientenkollektiv vereinbar ist. Court-Brown, Garg et al. haben ebenfalls operierte und nicht operierte Patienten mit proximaler Humerusfraktur untersucht (Court-Brown et al. 2001) und finden neben einer hohen Anzahl einfacher nicht dislozierter und nicht operierter Neer I- bis IV-Frakturen (49 %) unter den operationsbedürftigen Frakturen ebenfalls die meisten Neer III-Typen (28 %). Um die Verteilung von Frakturtypen in operierten Patientengruppen zu vergleichen, bieten sich Veröffentlichungen zur Wirksamkeit von Operationstechniken an. Martinez et al. (Martinez et al. 2009) finden in einem Patientenkollektiv (n = 58) mit ausschließlich 3- und 4-Fragment-Frakturen mit 56,9 % etwas mehr 3-Fragment-Frakturen. Zu einem gegenteiligen Ergebnis kommt eine Untersuchung des Universitätskrankenhauses Graz von Resch et al. (Resch et al. 1997), die in einem 27 Patienten umfassenden Kollektiv doppelt so viele 4- wie 3-Fragment-Frakturen finden. Bei den von uns untersuchten Patienten findet sich ein leichtes Überwiegen der 4-Fragment-Frakturen. Diese Unterschiede scheinen in der deutlich höheren Zahl der von uns untersuchten Patienten von n = 408 zu liegen.

5.1.4 Seitenverteilung

Bei den Untersuchten Patienten waren die rechte Seite mit 50,74 % und die linke Seite mit 48,35 % ungefähr zu gleichen Teilen betroffen. Ob die Seite der Verletzung von der dominanten Hand des Patienten abhängt, ist aufgrund mangelnder Dokumentation der Händig-

keit in unserem Patientenkollektiv nicht zu bestimmen, aber aufgrund des in der Allgemeinbevölkerung deutlich häufigeren Vorkommens von Rechtshändern unwahrscheinlich. Eine gleichzeitige oder zeitversetzte proximale Humerusfraktur auf beiden Seiten ist die Ausnahme und kommt hier bei 3 Patienten vor. In der epidemiologischen Arbeit zur proximalen Humerusfraktur von Roux et al. (Roux et al. 2012) wurde in einem 325 Patienten umfassenden Kollektiv ebenfalls nur ein Patient mit einer gleichzeitigen bilateralen Fraktur gefunden. In der genannten Veröffentlichung (Roux et al. 2012) sind wie bei uns die Verletzungen der rechten und linken Seite etwa gleich häufig. Hier konnte eine mit 52 % leicht höhere Verletzungshäufigkeit der nicht dominanten Seite festgestellt werden.

5.1.5 Veränderung der Tip-Apex-Distance (TAD) der kranialen Schraube

Grundlage der in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen ist das Wissen, dass proximale Humerusfrakturen Probleme und Komplikationen im Heilungsverlauf entwickeln. Es scheint kein Therapiekonzept als klinisch unproblematisch zu gelten (Handoll et al. 2012). Im Vordergrund steht hier die Veränderung der Position der Plattenschrauben wie auch eine Studie von Charalambous et al. zeigt (Charalambous et al. 2007), wobei diese Komplikation in Studien mit weniger und jüngeren Patienten wie bei Martinez et al. (Martinez et al. 2009) nicht nachgewiesen wurde. Die Veränderung der Position der kranialen Schraube konnte von uns fast durch das komplette Patientengut nachgewiesen werden. Von durchschnittlich 99,93 % des Abstandes der Schraube zur Kortikalisgrenze in ihrer Verlängerung im ersten Vergleichsbild nimmt dieser Abstand im Laufe der Zeit kontinuierlich auf 60,21 % ab. Wir haben diese Veränderungen früher festgestellt als die genannten Studien (Moonot et al. 2007, Martinez et al. 2009, Geiger et al. 2004), da wir alle Veränderungen der Tip-Apex-Distance (TAD) gemessen und nicht nur den *worst case*, die Schraubenperforation, dokumentiert haben. Der Abfall dieser TAD ist mit $p = 0,0001$ über die Zeit nach der Operation höchst signifikant. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt unter 1 ‰. Es ist bei der gesamten Betrachtung zu unterscheiden: verändert sich die Position der Schraube bzw. der Schraubenspitze oder ändert sich die Knochensubstanz, sodass der Abstand zwischen Schraube und Kortikalis sich ändert. Eine relative Änderung der Schraube in der oder zu der Platte tritt bei konventionellen Schrauben auf, ist aber bei winkelstabilen Schrauben wegen der Verblockung sehr selten.

5.1.6 Veränderung der Dichte

Im Heilungsverlauf verändert sich außer der TAD auch der Unterschied der Dichte zwischen proximalem Humerus und Glenoid, was Folge der Heilung der Fraktur, aber auch Hinweis auf eine Humerkopfnekrose sein kann (s.u.). Diese Veränderung folgt bei den von uns untersuchten Patienten einem bestimmten Muster; zunächst verringert sich der Dichteunterschied vom ersten zum dritten Röntgenbild und nimmt in den folgenden Untersuchungen wieder zu. Die Messung erlaubt die Quantifizierung von Helligkeitsunterschieden, lässt aber keine Aussage zu deren Ursache zu. Eine Zunahme der Knochendichte im Röntgenbild kann neben einer vermehrten Bildung von Knochensubstanz auch eine Sklerosierung als Folge einer Humerkopfnekrose, einem Absterben des Humerkopfes, in Folge unterbrochener Blutversorgung bedeuten. Es liegt nahe, dass eine akute Fraktur zu einer Schonung der Extremität führt, was wiederum einen Knochenabbau zur Folge hat. Dies bedingt einen Abfall des Dichteunterschiedes in der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraumes, in dem die Patienten postoperativ immobilisiert sind. Wird die Extremität nach einer Zeit der Ruhigstellung nach der Operation, z.B. durch Physiotherapie, wieder bewegt, kommt es zu einer erneuten Bildung von Knochensubstanz in Folge der Belastung. Die Folge ist ein Anstieg der Dichte des Knochens. Gestützt wird diese Annahme durch die erheblich bessere Heilung von Frakturen, bei denen eine Continuous-Passive-Motion-Schiene zum Einsatz kam sowie die Wirksamkeit der erweiterten ambulanten Physiotherapie (s.u.). Der Einfluss solcher Maßnahmen ist in vielen Studien belegt. Eine Studie von Hodgson et al. liefert hierzu eine initiale Studie (Hodgson et al. 2003) sowie eine *follow-up*-Studie nach zwei Jahren (Hodgson et al. 2007), die die gute Wirksamkeit der Physiotherapie zeigt. In anderen uns bekannten Studien wird nur der Zeitpunkt des Beginns der Mobilisation in Frage gestellt (Handoll et al. 2012), nicht aber der generelle Einfluss der Physiotherapie. Verschiedene andere Untersuchungen belegen die Wirksamkeit der Continuous-Passive-Motion-Schiene bei der Mobilisation. Für den proximalen Humerus ist uns eine Studie von Soffer und Yahiro bekannt (Soffer und Yahiro 1990), weitere Studien befassen sich mit der Wirksamkeit der CPM-Behandlung bei Frakturen der unteren Extremität und des Ellenbogens (Salter et al. 1984). Beide kommen zu dem Ergebnis, dass die CPM-Behandlung einen positiven Einfluss auf die Frakturheilung hat. Eine Veröffentlichung von Shawn et al. aus dem Jahr 2000 (O'Driscoll und Giori 2000) beschreibt den Einfluss der CPM-Behandlung genauer. Nach diesen Studien kommt es durch die CPM-Schiene es zu einem signifikanten Rückgang von Hämarthrosen und periartikulären Ödemen vor allem postoperativ. Die Veränderung des Dichteunterschiedes ist

mit $p = 0,2744$ bei den von uns untersuchten Patienten statistisch nicht signifikant, dennoch gibt es signifikante Veränderungen der Entwicklung des Dichteunterschiedes, wenn man bestimmte Kategorien von Patienten unterscheidet (s.u.).

5.2 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf Tip-Apex-Distance (TAD) und Knochendichte während der Frakturheilung: unbeeinflussbare Faktoren

5.2.1 TAD-Veränderung abhängig vom Alter

Während die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer proximalen Humerusfraktur mit dem Alter steigt (vgl. Kapitel 5.1.1 - Altersverteilung -), ist der Heilungsverlauf mit einer Signifikanz von $p = 0,1803$ für die TAD und $p = 0,6326$ für den Dichteunterschied statistisch nicht signifikant vom Alter allein abhängig. Lill und Josten kommen wie auch wir zu dem Schluss, dass die Ergebnisse nach operativer Versorgung von jüngeren und älteren Menschen vergleichbar sind (Lill und Josten 2000), wobei wir das Gesamtergebnis als weniger zufriedenstellend bewerten (s.u.). Mathews und Lobenhoffer gehen hingegen 2004 von einem schlechteren Outcome bei älteren Patienten aus (Mathews und Lobenhoffer 2004), haben hierzu aber selbst keine Daten erhoben. Andere Faktoren, die häufig mit einem hohen Lebensalter zusammen auftreten wie Begleiterkrankungen und Immobilität, spielen unserer Meinung nach eine größere Rolle als das Alter allein. Schittko und Rüter argumentieren richtig, dass verschiedene Fraktursituationen und Umstände wie der Zeitpunkt der Mobilisation und die Anzahl potenziell notwendiger Reoperationen zusätzlich zum Alter berücksichtigt werden müssen (Schittko und Rüter 2003). Die mit dem Alter in Zusammenhang stehenden zusätzlichen Faktoren wie Vorerkrankungen und Bewegungsmangel werden weiter unten untersucht.

5.2.2 Veränderung der Dichte abhängig vom Alter

Bezüglich der TAD findet sich ein kontinuierlicher Abfall im Laufe der Zeit. Der Dichteunterschied zwischen Glenoid und Humeruskopf verringert sich in allen Altersgruppen zunächst und steigt dann wieder an.

5.2.3 Alter und Frakturtyp nach Neer

Kombiniert man die Auswertung des Alters mit der Dislokation der Fraktur, so ergibt sich eine noch geringere Signifikanz. Weder das Alter noch die Dislokation der Fraktur nach dem Neer-Score haben einen Einfluss auf die Bewegung der Schrauben oder die Veränderung des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humeruskopf. Als deutlich dislozierte Frakturen wurden hier Frakturen mit einem Dislokationsgrad von III oder IV nach Neer gewertet. Unter Berücksichtigung des Alters ist der Einfluss der Schwere der Fraktur nach Neer für die Veränderung der TAD mit $p = 0,8610$ nicht signifikant. Für die Veränderung des Dichteunterschiedes gilt das Gleiche mit einer Signifikanz von $p=0,9002$. In einer Veröffentlichung von Lill und Josten wird die Therapie mittels Endoprothese bei Vierfragment- und Luxationsfrakturen als der rekonstruierenden und konservativen Therapie überlegen bewertet (Lill und Josten 2001). Da weder die TAD noch der Dichteunterschied bei einer endoprothetisch versorgten Fraktur messbar sind, können wir diese Schlussfolgerung weder bestätigen noch widerlegen. Weder die konservative, noch die operative Therapie bieten nach Lill und Josten eine ausreichend schnelle Schmerzfreiheit. Dies verzögert die Mobilisierung. (Lill und Josten 2001). Der genannte Zusammenhang zwischen Remobilisierung und beschwerdefreier Heilung ist auch durch die von uns durchgeführte Studie bestätigt (s.u.). Wir haben allerdings einen ebenso ungünstigen Heilungsverlauf bei vielen der weniger schwergradigen Verletzungen gefunden.

5.2.4 Anzahl der Vorerkrankungen

Mehr als 1/4 des Patientenkollektivs (122) waren vor dem Unfall gesund. Bei 296 Patienten (72,5 %) waren bereits Vorerkrankungen bekannt und bei der Aufnahme dokumentiert. Wir haben die Morbidität der Patienten speziell bezüglich der mit der proximalen Humerusfraktur assoziierten Erkrankungen ermittelt. Hierbei findet sich kein Unterschied im Heilungsverlauf zwischen Patienten mit mehr oder weniger Erkrankungen. Für die Entwicklung der TAD ist die Anzahl der Vorerkrankungen mit $p = 0,8553$ nicht signifikant. Für die Entwicklung des Dichteunterschiedes gilt das Gleiche mit $p = 0,9055$. In vielen Studien werden das Patientenalter mit Vorerkrankungen wie Osteoporose und Immobilität in Verbindung gebracht. Vor allem Lill und Josten haben verschiedene Arbeiten zu mit dem Alter in Verbindung stehenden Einflüssen auf die proximale Humerusfraktur veröffentlicht (Lill und Josten 2000, Schittko und Rüter 2003). Andere untersuchen den Einfluss einer

bestimmten Erkrankung wie der Osteoporose (Lill et al. 2012) oder primärer neoplastischer Erkrankungen (Schinke 2006, König und Popken 2006). Nach unserer Recherche gibt es keine Untersuchungen zum Einfluss der Anzahl der Vorerkrankungen auf den Heilungsverlauf der proximalen Humerusfraktur. Insbesondere konnten wir keine Veröffentlichungen zu bestimmten Kombinationen von Vorerkrankungen bei Patienten mit proximaler Humerusfraktur finden (vgl. Kapitel 5.2.5 - Art der Vorerkrankungen -). Eine Ausnahme ist der Symptomkomplex des metabolischen Syndroms, zu dem uns verschiedene Studien bekannt sind (McFarlane 2006, Hernández et al. 2011)

5.2.5 Art der Vorerkrankungen

Von den 408 Patienten sind 112 vor dem Unfall komplett gesund gewesen. Das Verhältnis von 3/4 deckt sich mit dem Vorkommen einfacher Sturzereignisse, das wir wie das Vorhandensein bestimmter Vorerkrankungen, eher älteren Patienten zuordnen. Den größten Teil der im Patientenkollektiv vorhandenen Vorerkrankungen bilden typische Erkrankungen des Alters. Zahlenmäßig überwiegen Hypertonie mit 94 Fällen, orthopädische Operationen vor der proximalen Humerusfraktur mit 50 Fällen und Adipositas mit 44 Fällen. Auffällig ist das konstante Vorkommen der Hypertonie und des Diabetes mellitus bei den sich besonders schlecht entwickelnden Frakturen. Wir gehen davon aus, dass das Vorhandensein eines metabolischen Syndroms (arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, Dyslipidämie und viszerale Adipositas) oder Teilen eines solchen einen negativen Einfluss auf den Heilungsverlauf einer proximalen Humerusfraktur haben. Auch neuere Veröffentlichungen wie eine Studie von Hernandez et al. aus dem Jahr 2011 (Hernández et al. 2011) sowie eine ältere Untersuchung von McFarlane et al. (McFarlane 2006) schreiben dem metabolischen Syndrom einen deutlichen Einfluss auf den Heilungsverlauf der proximalen Humerusfraktur zu. Dies liegt vor allem an der erniedrigten *bone mineral density* (BMD), die durch Hypertonie, hohe Triacylglyceride und niedriges HDL negativ beeinflusst wird (McFarlane 2006). Ein positiver Effekt des metabolischen Syndroms auf die Knochenstruktur wird gelegentlich auch beschrieben, was aber hauptsächlich mit einem relativ hohen BMI in Verbindung steht (Hernández et al. 2011, Greco et al. 2010). Nach Entfernung des Einflusses des BMI verschwindet der positive Effekt auf die Knochendichte (Hernández et al. 2011). Außerdem gilt dies nur bis zu einem BMI von unter 30, bei Patienten mit hoch-normalem Gewicht (Greco et al. 2010). Das Vorliegen einer Alkoholkrankheit findet sich in dem untersuchten Patientengut auffällig häufig, steht aber nicht mit einem protrahierten Heilungsverlauf in

Verbindung. Das Vorliegen eines metabolischen Syndroms oder Teilen dieses Symptomkomplexes hat die Entwicklung der TAD in dem von uns untersuchten Patientenkollektiv vor allem bei Patienten, die bereits orthopädische Vorerkrankungen oder unfallchirurgische Operationen erhalten hatten, deutlich negativ beeinflusst. Des weiteren sind Tumorerkrankungen prädiktiv für eine schlechte Frakturheilung. Das weite Feld der pathologischen Frakturen hat ganz andere pathophysiologische Vorraussetzungen als eine nicht pathologische Fraktur. Deshalb wird auf die Ursachen der schlechteren Heilung einer Fraktur bei ossären Metastasen (z.B. Nierenzellkarzinom) oder primärem Knochentumor (z.B. Plasmozytom) wie sie in unserem Patientenkollektiv zu finden sind, nicht weiter eingegangen.

5.2.6 Unfallart

Mit 182 Stolperstürzen fällt der Großteil der hier untersuchten Patienten in die Kategorie der eigentlichen Bagatelltraumen. Typischerweise sind es eher ältere Menschen, die im alltäglichen Leben stürzen und sich verletzen. Fasst man auch die Treppenstürze und sonstige Hausunfälle und Stürze in diese Kategorie, so haben sich mit 295 von 408 Patienten fast 3/4 des untersuchten Kollektivs in mutmaßlich ungefährlichen Situationen eine proximale Humerusfraktur zugezogen. Vor allem Stürze in Altenheimen und bei älteren, gangunsicheren Personen fallen in diese Kategorie (Court-Brown et al. 2001, Roux et al. 2012).

Unter den 60 gelisteten Verkehrsunfällen sind 39 Motorradunfälle. Die besondere Gefahr, sich als Motorradfahrer im Straßenverkehr schwer zu verletzen, ist aus dem Klinikalltag bekannt und findet sich hier wieder.

Die auffällig hohe Zahl von 31 Patienten, bei denen eine Alkoholkrankheit in den Akten dokumentiert war, schlägt sich in der Anzahl derer nieder, die sich bei einem Sturz in alkoholisiertem Zustand verletzt haben. Alkoholkonsum ist ein wichtiger Risikofaktor für die Entstehung einer proximalen Humerusfraktur. Nach einer Veröffentlichung von Beer und Huguenin aus dem Jahr 2000 zählt Alkoholkonsum zu den wichtigsten Risikofaktoren bei der Entstehung der proximalen Humerusfraktur bei Senioren (Beer und Huguenin 2000). Immerhin 2,5% der untersuchten Patienten fallen in die Kategorie der Stürze in alkoholisiertem Zustand, während unklar bleibt, ob die Trunkenheit bei allen zum Unfallzeitpunkt

alkoholisierten Patienten aufgefallen ist und dokumentiert wurde. Neben der erhöhten Sturzgefahr in alkoholisiertem Zustand sind viele für den Heilungsverlauf relevante Vorerkrankungen (vgl. Kapitel 5.2.5 - Art der Vorerkrankungen -) von erhöhtem Alkoholkonsum beeinflussbar. So begünstigt erhöhter Alkoholkonsum Adipositas und Hypertonie z.B. durch eine erhöhte postprandiale Chylomikronämie (Suter 2005) und führt somit häufiger zum metabolischen Syndrom. Die Unfallart ist für die Entwicklung der TAD knapp nicht signifikant ($p = 0,0900$). Auffällig ist eine große Spanne zwischen ± 2 Standardabweichungen bei den Verkehrsunfällen, was für einen in dieser Kategorie sehr variablen Heilungsverlauf spricht. Die Hausunfälle und sonstigen Stürze, in die die meisten Patienten fallen, bleiben in der Entwicklung vom ersten zum fünften Röntgenbild stabiler mit weniger Schwankungen. Trotz des statistisch knapp nicht signifikanten Einflusses des Unfallherganges entwickelt sich die TAD bei proximalen Humerusfrakturen nach Verkehrsunfällen schlechter als bei anderen Unfallhergängen. Auch in der Literatur werden komplizierte Frakturen des Schultergelenks mit Weichteilverletzungen nach Hochrasanztraumen als besonders schwierig handhabbar beschrieben (Lindemann-Sperfeld et al. 2000). Auf die Entwicklung des Dichteunterschiedes hat die Art des Unfallherganges keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p = 0,9128$).

5.2.6.1 Polytrauma

Proximale Humerusfrakturen im Rahmen eines Polytraumas haben in dem von uns untersuchten Kollektiv keinen signifikanten Einfluss auf die TAD oder den Dichteunterschied. Andere Faktoren wie der Behandlungszeitpunkt haben in beiden Patientengruppen einen deutlich stärkeren Einfluss. Wie weiter unten (Kapitel 5.2.13, 5.2.14) ausgeführt, hat eine zeitnah nach dem Trauma durchgeführte Operation in unseren Untersuchungen häufig ein schlechteres Ergebnis erzielt als Operationen mit einigen Tagen Verzögerung. In einer der wenigen neueren Veröffentlichungen zum Behandlungsregime bei Frakturen der oberen Extremität bei Patienten mit Polytrauma von Blum et al. aus dem Jahr 2005 werden unsere Ergebnisse diesbezüglich bestätigt (Blum et al. 2005). Nach Blum et al. sind Frakturen des Humerus beim Polytrauma lebensgefährlichen Verletzungen, aber auch Frakturen der unteren Extremität unterzuordnen. Eine unmittelbare operative Versorgung soll nur dann erfolgen, wenn eine Nerven- oder Gefäßbeteiligung vorliegt. Eine ältere Veröffentlichung rät zur frühzeitigen Versorgung multipler Frakturen, wenn irreversible Schädigungen drohen (Pannike et al. 1981). In einer Veröffentlichung aus dem Jahr 1983 beschreiben

Tscherne et al. beim Patienten mit Polytrauma, passend zu unseren Ergebnissen, Vorteile bei der späteren Versorgung von Frakturen (Tscherne et al. 1983). Tscherne et al. teilen die Versorgung von Patienten mit einem Polytrauma in *acute*, *primary*, *secondary* und *tertiary treatment* ein, wobei die Versorgung von Frakturen der oberen Extremität in den relativ späten Bereich des *secondary treatments* fällt (Tscherne et al. 1983). In allen genannten Arbeiten (Blum et al. 2005, Pannike et al. 1981) (Tscherne et al. 1983) ist die zeitliche Planung nicht nur auf das Behandlungsergebnis der proximalen Humerusfraktur ausgerichtet, sondern auch auf das bestmögliche Überleben des Patienten unter Rücksichtnahme auf schwerwiegendere systemische Beeinträchtigungen. Es lässt sich keine Arbeit zum Outcome ausschließlich der proximalen Humerusfraktur des Polytraumas vs. nicht-Polytrauma finden. Beim Vergleich der Behandlungsergebnisse von Patienten mit und ohne Polytrauma fanden wir keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Signifikanz des Einflusses auf die TAD ist $p = 0,4037$ und auf die Entwicklung des Dichteunterschiedes $p = 0,6105$.

5.2.7 Einfluss des BMI auf die TAD

In allen BMI-Kategorien lässt sich eine Verminderung der TAD über die Zeit beobachten. Den deutlichsten Abfall der TAD zeigen die untergewichtigen und besonders adipösen Patienten. Bei den dazwischen liegenden BMI-Gruppen findet sich ein leichter Vorteil der Patienten mit einem BMI zwischen 20 und 25 gegenüber den Patienten mit einem BMI zwischen 25 und 30. Bei noch stärker übergewichtigen Patienten mit einem BMI von > 30 werden die Ergebnisse wieder schlechter. In der aktuellen Literatur wird wiederholt die Möglichkeit diskutiert, dass sich ein hochnormaler BMI protektiv gegen Frakturen auswirkt. Eine große Studie von de Laet et al. aus 2005 kommt zu dem Schluss, dass die Gefahr eines Frakturereignisses bei einem BMI von 20 im Vergleich zu einem BMI von 25 um das Doppelte steigt (De Laet et al. 2005), die genannte Studie kann allerdings keine Aussage zum Heilungsverlauf treffen, da nur die Frakturhäufigkeit in Abhängigkeit vom BMI ermittelt wurde. Ein mit $n = 398$ Patienten fast so großes Kollektiv wie in unserer Arbeit wurde von Greco et al. 2010 untersucht, die die Grenze des protektiv wirkenden BMI wie auch wir bei ≥ 30 setzen, wobei auch hier nur die Frakturhäufigkeit untersucht wurde (Greco et al. 2010). Hernández et al. führen die Ursachen für die unterschiedlichen Frakturhäufigkeiten genauer aus (Hernández et al. 2011); es muss zwischen den Werten der BMD (*bone-mineral-density*) und BTMs (*bone-turnover-markers*) unterschieden werden. Letztere beinhal-

ten z.B. Ostase (Knochen-alkalische-Phosphatase) als Knochenaufbaumarker und TRAP 5b (Tartrat-Resistente-Saure-Phosphatase 5b) als Knochenabbaumarker. Nach Hernández et al. geht ein hochnormaler BMI mit einer erhöhten BMD einher, wenn der BMI allerdings weiter steigt und mit Krankheiten wie dem metabolischen Syndrom einhergeht, entwickeln sich die BTMs ungünstig und führen zu einer höheren Frakturwahrscheinlichkeit. In der Zusammenschau dieser Ergebnisse zur Frakturhäufigkeit lässt sich der von uns gefundene Heilungsverlauf gut erklären. Die Heilung einer Fraktur ist eher von den BTMs abhängig, von der Fähigkeit des Knochens, sich zu regenerieren als von der BMD. Aus diesem Grund ist der Unterschied im Heilungsverlauf zwischen leicht übergewichtigen und normalgewichtigen Patienten wie wir ihn gefunden haben, nicht so groß wie der von De Laet et al. beschriebene Unterschied in der Frakturhäufigkeit (De Laet et al. 2005). Nach unserer Kenntnis gibt es keine aktuellen Arbeiten zur Heilungsverlauf von proximalen Humerusfrakturen abhängig vom BMI. Übergewicht als Faktor für Komplikationen bei der Frakturheilung wird in der Literatur beschrieben wie z.B. von Beickert et al., die ein erhöhtes Aufkommen von Pseudarthrosen nach Frakturen des Humerus bei übergewichtigen Patienten beschreiben (Beickert et al. 2006). Hier wird allerdings keine qualitative BMI-Angabe gemacht. Aus den vorliegenden Daten schließen wir, dass ein hochnormaler BMI einen positiven Einfluss auf den Heilungsverlauf der proximalen Humerusfraktur hat, während zusätzliche bei höherem oder niedrigerem BMI auftretende Erkrankungen wie ein metabolisches Syndrom, Diabetes oder Mangelernährung diesen Einfluss umkehren können. Der Einfluss des BMI auf die Entwicklung der TAD ist mit $p = 0,5142$ allerdings statistisch nicht signifikant.

5.2.8 Einfluss des BMI auf die Dichte

Die bei allen Patienten zu beobachtende Entwicklung des Knochendichteunterschiedes ist auch durch alle BMI-Gruppen gleichermaßen zu beobachten. Ein Zusammenhang zwischen einem höheren oder niedrigeren BMI und dem Verlauf des Dichteunterschiedes besteht offenbar nicht. Der BMI hat hier mit $p = 0,9929$ keinen statistisch signifikanten Einfluss.

5.2.9 Einfluss des Geschlechts auf die TAD

Es liegen Untersuchungen von etwa doppelt so vielen Frauen wie Männern vor. Diese Verteilung entspricht der Verteilung in der Normalbevölkerung in Europa und den USA (vgl. Kapitel 1.1 Epidemiologie). Bei den weiblichen Patientinnen ist bereits zum dritten Untersuchungszeitpunkt eine mit 81,27 % um fast 20 % geringere TAD als bei den Männern zu beobachten. Die Tatsache, dass die TAD bei den weiblichen Patientinnen in der Folge wieder höhere Werte zeigt, ist dadurch begründet, dass bei raschem Absinken der TAD häufig die Entscheidung zur Metallentfernung getroffen wird und die Patientinnen in der Folge keine weiteren Aufnahmen zur Bestimmung der TAD erhalten. Es gibt unseres Wissens nur wenige Arbeiten, die sich mit dem Einfluss des Geschlechts auf die Heilung der proximalen Humerusfraktur beschäftigen. Eine aktuelle Arbeit von Bahrs et al. aus dem Jahr 2013 identifiziert das Geschlecht als prädiktiven Faktor für die Komplexität der proximalen Humerusfraktur. Über 60 Jahre alte Frauen haben demzufolge ein fast doppelt so hohes Risiko, eine komplexe proximale Humerusfraktur zu erleiden, während sich dieses Verhältnis bei jüngeren Patienten umkehrt (Bahrs et al. 2013). Hier wird allerdings keine Aussage zu Unterschieden im Heilungsverlauf zwischen den Geschlechtern beschrieben. Da wir keinen signifikanten Einfluss der Komplexität der Fraktur auf den Heilungsverlauf gefunden haben (vgl. Kapitel 5.2.3 - Alter und Frakturtyp nach Neer -), ist bei der Bewertung des von uns untersuchten Kollektivs ein Einfluss des Geschlechtes und des Alters über diesen Mechanismus unwahrscheinlich. Voruntersuchungen, die den Heilungsverlauf von männlichen und weiblichen Patienten vergleichen, sind uns nicht bekannt. Perka und Strube haben die Frakturheilung von männlichen und weiblichen Ratten untersucht und hier eine höhere Gefahr der Knochenheilungsstörung bei weiblichen Ratten gefunden (Perka und Strube 2011). Da diese Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf den Menschen übertragbar sind, wird in der Arbeit von Perka und Strube allerdings eine Vergleichsstudie am Menschen gefordert, die wir mit dieser Arbeit bedingt anbieten können. Da wir mit dem Dichteunterschied und der TAD nur indirekte Marker für die Knochenheilung gemessen haben, sind unsere Ergebnisse nur bedingt mit denen der Veröffentlichung von Perka und Strube zu vergleichen, die mittels Mikro-CT eine sehr genaue Analyse der Heilung des Rattenknochens ab der Kallusbildung liefern. Ob ein signifikanter Unterschied in der Knochenheilung zwischen weiblichen und männlichen Patienten besteht, muss eine dafür konstruierte Studie zeigen. Das Geschlecht ist in dem von uns untersuchten Patientenkollektiv für die unterschiedliche Entwicklung der TAD mit $p = 0,0695$ statistisch knapp nicht signifikant.

5.2.10 Einfluss des Geschlechts auf die Dichte

Der Dichteunterschied verhält sich zwischen den Geschlechtern entgegengesetzt zur TAD. Nach einem ähnlichen Startpunkt um 75 % sinkt der Dichteunterschied bei den Männern konsequent deutlicher als bei den Frauen. Außerdem ist zu beobachten, dass der Wiederanstieg nach Erreichen des Tiefpunktes des Dichteunterschiedes bei den Männern mit ca. 4 % deutlich schwächer ausfällt als bei den Frauen mit ca. 24 %. Die Erklärung hierfür liegt am ehesten in der deutlich schlechteren Startsituation der Frauen. Bei beiden Geschlechtern besteht initial ein ähnliches Verhältnis der Dichte von Humeruskopf und Glenoid, bei den weiblichen Patientinnen bedingt durch weniger robusten Körperbau und Osteoporose allerdings auf deutlich niedrigerem Niveau. Die Männer fallen im Heilungsverlauf auf ein niedrigeres Niveau des Dichteunterschiedes ab, das bei den Frauen bereits vor dem Unfall bestand. So erklären wir uns die deutlich schlechtere Entwicklung der TAD der Frauen bei gleichzeitig weniger schlechter Entwicklung des Dichteunterschiedes. Die beobachteten Unterschiede in der Entwicklung des Dichteunterschiedes zwischen den Geschlechtern sind mit $p = 0,1799$ statistisch nicht signifikant. Da die Messung der Dichte aus den im Kapitel 3 - Material und Methodik - genannten Gründen nicht durch eine DXA-Messung, sondern mit dem Programm Osirix durchgeführt werden musste, sind die absoluten Startwerte zwischen den Patienten nicht vergleichbar, sondern nur der Dichteunterschied im Verlauf. Technisch bedingt ist ein Vergleich des Startniveaus der Dichte in einem Patientenkollektiv ohne DXA-Messung wie dem unsrigen nicht korrekt durchzuführen. In der aktuellen Literatur zu findende Erklärungen für die Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Patienten beziehen sich, sofern überhaupt vorhanden, hauptsächlich auf osteoporotische Veränderungen bei den weiblichen Patientinnen und werden in Kapitel 5.2.15 - Osteoporose - genauer diskutiert.

5.2.11 Einfluss der initialen Kortikalis-C-Messung auf die TAD

Wie in Kapitel 3 - Material und Methodik - erwähnt ist der Kortikalis-C-Wert eine von uns entwickelte Größe, die das Verhältnis zwischen der Kortikalis und der Spongiosa an einem definierten Punkt des Humerus beschreibt. Die Verteilung des Kortikalis-C-Wertes ist innerhalb des Patientenkollektivs relativ ausgeglichen. Zwischen 0,1 und 1,5 ist jede Kategorie etwa vergleichbar stark vertreten, während nur wenige Patienten einen Wert von

über 1,5 haben. Es war zu erwarten, dass ein niedriger Kortikalis-C-Wert, eine im Verhältnis zum Markraum des Knochens dünne Kortikalis, eine schlechtere Heilungsentwicklung zeigt als ein mit einem höheren Kortikalis-C-Wert stabilerer Knochen. Diese Erwartung wurde bei den durchgeführten Messungen bestätigt. Patienten mit Werten zwischen 0,1 und 0,5 zeigen eine um ca. 5 % schlechtere Entwicklung der TAD als Patienten mit Kortikalis-C-Werten zwischen 0,5 und 0,75, die wiederum um ca. 5 % schlechter abschneiden als die Patienten zwischen 0,75 und 1,0. Die Patienten mit einem Kortikalis-C-Wert von $> 1,5$ zeigen mit einer nur sehr geringen Senkung der TAD und eine zum vierten Zeitpunkt sogar gestiegenen TAD eine deutlich bessere Entwicklung als der Rest der Patienten. In dieser Gruppe wird die fünfte Untersuchung durch nur eine einzige Patientin mit einer schlechten TAD von 44,90 % repräsentiert. Die Patienten profitieren von einem hohen Kortikalis-C-Wert, wenngleich der Einfluss dieses Wertes auf die Entwicklung der TAD mit $p = 0,0618$ statistisch knapp nicht signifikant ist. Wie bereits in den Kapiteln 5.2.7 und 5.2.8 - BMI - diskutiert muss in der Knochenstruktur zwischen BMD und BTMs unterschieden werden. Möglicherweise ist der von uns für diese Arbeit eingeführte Kortikalis-C-Wert eine zu BTMs äquivalente Größe, die zur Bestimmung der Komplikationswahrscheinlichkeit herangezogen werden kann (Hernández et al. 2011, Greco et al. 2010, De Laet et al. 2005). Ob das Dickenverhältnis zwischen Kortikalis und Spongiosa am Humeruskopf mit einer höheren BMD und / oder BTMs korreliert muss eine entsprechende Studie mit nutzbaren DXA Untersuchungen zeigen. Wir haben einen günstigeren Heilungsverlauf bei einer dickeren Kortikalis im Vergleich zur Spongiosa am Humerus festgestellt.

5.2.12 Einfluss der initialen Kortikalis-C-Messung auf die Dichte

Anders als bei der TAD ist in der Entwicklung des Dichteunterschiedes kein Unterschied zwischen den Patienten mit niedrigem oder hohem initialen Kortikalis-C-Wert zu erkennen. Die Entwicklung des Dichteunterschiedes ist zwischen den Gruppen relativ einheitlich. Auch die Gruppe der Patienten mit einem hohen initialen Kortikalis-C-Wert von $> 1,0$ ist hier keine Ausnahme, da ein hoher Wert von über 150 % Dichteunterschied zum fünften Untersuchungszeitpunkt nur durch einen einzelnen Patienten repräsentiert wird. Diesem Eindruck entsprechend ist der initiale Kortikalis-C-Wert für die Entwicklung des Dichteunterschiedes mit $p = 0,7340$ statistisch nicht signifikant.

5.2.13 Einfluss der Zeit zwischen Unfall und Aufnahme auf die TAD

Der Großteil der untersuchten Patienten ($n = 219$) wurde am Unfalltag oder spätestens am Folgetag in das Krankenhaus aufgenommen. Ältere Personen, die im häuslichen Umfeld stürzen, werden teilweise erst nach Tagen gefunden, außerdem findet sich bei vielen Patienten eine überraschende Indolenz auch bei schwersten Verletzungen oder die Patienten haben Angst, sich einem Arzt vorzustellen. Es sind verschiedene weitere Ursachen für eine spätere Aufnahme vorstellbar, wenngleich die Regel in der unmittelbaren Vorstellung im Krankenhaus besteht. Es ist auffällig, dass die zwischen einer Woche und einem Monat nach dem Unfall aufgenommenen Patienten bei uns eine bessere Entwicklung der TAD zeigen als die sofort aufgenommenen Patienten. Wir deuten diesen Umstand als einen Hinweis auf mögliche Vorteile einer zunächst konservativen Behandlung der proximalen Humerusfraktur mit später folgender Operation. Vorstellbar ist, dass sich in einer verlängerten Zeit zwischen Unfall und OP rupturierte und teiltrupurierte z.B. periostale Gefäße regenerieren und die Versorgung des proximalen Humerus aufrecht erhalten (Plecko 2011). Bei einer unmittelbar posttraumatisch durchgeführten OP wird ein in manchen Fällen erheblicher zusätzlicher iatrogener Weichteilschaden verursacht, bei dem eine noch vorhandene Blutversorgung des Humeruskopfes unterbrochen werden kann. Der Einfluss eines intakten Weichteilmantels auf die Frakturheilung ist beim Menschen nicht abschließend geklärt, eine Untersuchung von Schaumlöffel weist aber darauf hin, dass das Periost und Endost die Funktion des Weichteilmantels bei der Frakturheilung nicht ersetzen können und signifikant mehr Pseudarthrosen bei nicht intakten Weichteilen um Frakturen entstehen (Schaumlöffel 2012). In den Operationsprotokollen ist bei zeitlich sehr verzögerten Operationen von einer Refrakturen oder erneuten Lösung bereits in Kallus eingebetteter Fragmente die Rede (Auffrischung der Fraktur), um eine anatomisch korrekte Reposition zu gewährleisten. Es wird hierbei aber immer vorsichtig mit bereits in korrekter Stellung verheilenden Fragmenten umgegangen. Um den Einfluss der iatrogenen Schäden bei einer früh oder spät stattfindenden Operation endgültig zu klären, müsste z.B. eine vergleichende Studie mittels Angiogramm durchgeführt werden. Unseres Wissens gibt es derzeit keine Arbeit, die hier genauere Einblicke liefert. Aufgrund der nur geringen Anzahl der spät aufgenommenen Patienten ist der genannte Zusammenhang mit $p = 0,6105$ statistisch nicht relevant.

5.2.14 Einfluss der Zeit zwischen Unfall und Aufnahme auf die Dichte

Der Dichteunterschied zeigt im Gegensatz zur TAD keinen offensichtlichen Zusammenhang mit unterschiedlichen Zeit zwischen Unfall und Aufnahme. Mit einem p-Wert von 0,9631 ist dieser Zusammenhang auch statistisch nicht signifikant. Die möglichen Vorteile einer Operation zu späteren Zeitpunkten werden in den Kapiteln 5.3.3 und 5.3.4 - Zeit zwischen Unfall und OP - genauer diskutiert.

5.2.15 Osteoporose

Die Osteoporose ist nach wie vor ein aktuelles Thema in der Unfallchirurgie, wenn es um die Häufigkeit und den Heilungsverlauf von Frakturen geht. Im Vordergrund stehen hier typische Frakturen des älteren Menschen, bei denen regelmäßig eine Osteoporose als Begleiterkrankung vorliegt. Insbesondere Niedrigenergietraumen wie Stürze aus dem Stand führen beim älteren Menschen mit Osteoporose zu teilweise schwerwiegenden knöchernen Verletzungen (Jaeger et al. 2012). In dem von uns untersuchten Patientenkollektiv war bei nur etwa 16 % der Patienten eine Osteoporose in der Vorgeschichte diagnostiziert. Nach Durchsicht der Röntgenbilder gehen wir davon aus, dass bei vielen der von uns untersuchten Patienten eine nicht diagnostizierte oder nicht dokumentierte Osteoporose vorlag. In den Akten ließ sich nur bei sehr wenigen Patienten eine DXA Messung finden. Aufgrund dieser ungünstigen Informationslage lassen sich die von uns gefundenen Ergebnisse bezüglich des Einflusses der Osteoporose auf TAD und Dichteunterschied nur bedingt mit anderen Veröffentlichungen vergleichen. Für die Verwendbarkeit unserer Daten spricht die Übereinstimmung mit der Prävalenz der Osteoporose mit der in der aktuellen Literatur angegebenen Häufigkeit zwischen ca. 8 % und 25 % (Hadjj et al. 2013, Ziese 2003). Schieker et al. beschreiben in einer Arbeit aus 2011 einen möglichen Zusammenhang zwischen Osteoporose und schlechterer Frakturheilung (Schieker et al. 2011). Diese Veröffentlichung bezieht sich allerdings nur auf empirische Daten und Tiermodelle, sodass auch nach der Ansicht der Autoren für die Datenlage aus klinischen Studien eine ausreichende Grundlage gibt (Schieker et al. 2011). In unseren Untersuchungen konnten wir überraschenderweise weder einen statistisch signifikanten Zusammenhang einer Osteoporose mit der Entwicklung der TAD ($p = 0,9576$) noch des Dichteunterschiedes ($p = 0,9806$) feststellen.

Die von uns untersuchten an Osteoporose leidenden Patienten scheinen aber in besonderem Maße von Physiotherapie und der sportlichen Aktivität im Rahmen der Mobilisation zu profitieren. Während bei initial gesundem Knochen keine signifikante weitere Steigerung der Knochenstabilität durch sportliche Aktivität erreicht werden kann, scheinen Osteoporosepatienten über erhebliche Reserven zur Verbesserung der Knochenstruktur bei Belastung zu verfügen. In der Folge entwickeln sich die TAD und der Dichteunterschied bei Patienten mit und ohne Osteoporose etwa gleich gut oder schlecht. Wir haben keinen Anhalt für die möglicherweise schlechtere Entwicklung knochengesunder Patienten bei Behandlung mit Physiotherapie, EAHB (erweiterte Anschlussheilbehandlung), CPM-Schiene und Ähnlichem gefunden (s.u.). Weiteren Anhalt für die Wirksamkeit physiotherapeutischer Maßnahmen und sonstiger sportlicher Aktivität nach proximalen Humerusfrakturen werden in Kapitel 5.3.11.3 - CPM-Behandlung - besprochen. Aufgrund der Altersverteilung bei den von uns untersuchten Patienten ist auch bei uns das gehäufte Auftreten der proximalen Humerusfraktur bei Patienten mit Osteoporose wahrscheinlich wie auch von Jaeger et al. beschrieben (Jaeger et al. 2012).

Der ebenfalls in der genannten Arbeit beschriebene Einfluss der Stabilität der Kalkars wird in Kapitel 5.3.7 - Repositionsergebnis - diskutiert. Neben der TAD ist die postoperative Veränderung des Winkels des Humeruskopfes zum Humerusschaft ein wichtiger Faktor für die Stabilität der Osteosynthese. Pawaskar et al. haben bei einer prospektiven Untersuchung von 25 Patienten eine statistisch signifikant ($p = 0,002$) schlechtere Entwicklung dieses Winkels bei Patienten mit Osteoporose gefunden (Pawaskar et al. 2012). Bei dem von uns untersuchten deutlich größeren Patientenkollektiv scheint diese Veränderung unterzugehen oder der Einfluss der Winkelveränderung auf die von uns gemessene TAD ist zu gering, um eine signifikante Änderung herbeizuführen. Ein weiterer Grund für die von uns gefundenen relativ guten Ergebnisse bei Osteoporosepatienten könnte der häufige Einsatz von winkelstabilen Osteosynthesystemen sein, die eine günstige Versorgungsvariante bei osteoporotischen Frakturen darstellen (Koithan und Oestern 2005). Eine neue Arbeit von Jung et al. aus dem Jahr 2013 findet, wie wir auch, keinen Zusammenhang des Entstehens von Komplikationen und der Osteoporose (Jung et al. 2013). In der Zusammenschau der Ergebnisse der Osteoporose lässt sich hier sagen, dass die Wahrscheinlichkeit eines Schraubendurchtritts durch eine Veränderung der TAD bei Patienten mit Osteoporose nicht wahrscheinlicher ist als bei Patienten ohne Osteoporose.

5.3 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Tip-Apex-Distance (TAD) und Knochendichte während der Frakturheilung: beeinflussbare Faktoren

5.3.1 Einfluss der präoperativen Behandlung auf die TAD

Patienten mit proximaler Humerusfraktur erhalten zur präoperativen Versorgung in der Notaufnahme eine Immobilisation mittels Gilchrist- oder Desault-Verband. Diese beiden Immobilisationstechniken gelten als gleichwertig was das funktionelle Ergebnis angeht (Jaeger et al. 2011 g). Neben den technisch relativ aufwendigen Gilchrist- und Desaultverbänden wird heute immer seltener eine Immobilisierung mittels einfacher Armschlinge (Dreieckstuch) oder *collar and cuff* verwendet. Die Immobilisierung bei diesen Techniken ist deutlich weniger rigide und bietet sich deshalb hauptsächlich bei jüngeren Patienten mit ausreichender Compliance an, die in der Lage sind, die Ruhigstellung zu unterstützen. Wenn dies der Fall ist, spricht ein deutlich größerer Komfort für diese einfachen Immobilisierungen (Handoll et al. 2003). Im Vergleich von Gilchrist- und Desaultverband bietet der Desaultverband eine etwas stabilere Immobilisierung, uns sind allerdings keine Daten zum Einfluss dieses Unterschiedes auf die Frakturheilung bekannt. Bei den von uns untersuchten Patienten sind die beiden Methoden gleichwertig. Je nach Symptomatik und peripherer Durchblutung, Motorik und Sensibilität (pDMS) kann die Fraktur bereits präoperativ und vor Anlage des Verbandes geschlossen reponiert werden. Da bei repositionsbedürftigen Frakturen in der Regel eine Operation kurzfristig nach dem Unfallereignis geplant wird, wird die geschlossene Reposition hauptsächlich bei beeinträchtigter peripherer Durchblutung, Motorik oder Sensibilität durchgeführt. Der überwiegende Teil der hier untersuchten Patienten ist mit einem Gilchrist-Verband ohne vorherige Reposition versorgt worden (n=192) oder die präoperative Versorgung war aus den Akten nicht ersichtlich (n = 126). Die Entwicklung der TAD ist zwischen diesen beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0,9993$), woraus wir geschlossen haben, dass bei nicht ausreichend dokumentierter präoperativer Behandlung in ähnlicher Weise durch Immobilisierung mittels Gilchrist- oder Desault-Verband verfahren wurde. Es wurden 26 Röntgenbilder bezüglich der TAD von Patienten ausgewertet, bei denen vor der Schienung mittels Gilchrist-Verband geschlossen reponiert wurde. Die Entwicklung der TAD ist in der Gruppe mit präoperativer Reposition mit 77,06 % schlechter als in den Gruppen ohne Reposition. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen zur Zeit zwischen Unfall und Krankenhausaufnahme bzw. Operation, wo wir einen negativen Einfluss einer frühen Operation fanden (s.u.). Eine Manipulation im verletzten Gebiet unmittelbar nach dem Unfall hat offensicht-

lich einen negativen Einfluss auf den Heilungsverlauf. Hinweise auf diesen Effekt geben Studien wie eine kürzlich (2013) erschienene Arbeit von Atoun et al., die eine iatrogene proximale Humerusfraktur bei 26 % der über 40-Jährigen Patienten mit Schulterluxation nach Reposition unter Kurznarkose in der Notaufnahme fanden (Atoun et al. 2013). Diese Fraktur führte bei allen Patienten zu einem schlechten Outcome. Brunner et al. fanden 2012 bei Patienten, die mit einer PHILOS-Platte nach geschlossener Reposition versorgt wurden hingegen ein durchgehend gutes Ergebnis und stellten nach durchschnittlich 24 Monaten bei allen Patienten eine vollständige knöcherne Konsolidierung fest (Brunner et al. 2012). Brunner et al. haben allerdings von 2005 bis 2011 nur $n = 16$ Patienten untersucht, während Atoun et al. $n = 96$ Luxationen untersuchten. Auch unser Patientenkollektiv ist mit $n = 408$ Patienten deutlich größer. Da der von uns gefundene negative Effekt der präoperativen Reposition nicht statistisch signifikant ist, gehen wir davon aus, dass dieser nur bei größeren Patientengruppen als der von Brunner et al. untersuchten zu finden ist. Ob das Ergebnis der Reposition von der Repositionstechnik oder dem reponierenden Arzt abhängig ist, muss von hierauf ausgelegten Studien gezeigt werden. Der Effekt des radiologisch festgestellten Repositionsergebnisses wird hier in Kapitel 5.3.7 - Repositionsergebnis - diskutiert.

5.3.2 Einfluss der präoperativen Behandlung auf die Dichte

Die Ergebnisse zur Entwicklung des Dichteunterschiedes zeigen bei uns keinen unterschiedlichen Verlauf der Patienten mit voriger Reposition gegenüber den nur immobilisierten Patienten und denen mit unbekannter präoperativer Behandlung. Die Unterschiede sind hier dementsprechend mit $p = 0,6124$ statistisch nicht signifikant.

5.3.3 Einfluss der Zeit zwischen Unfall und OP auf die TAD

$N = 251$ Patienten wurden innerhalb der ersten Woche nach dem Unfall operiert. Mit $n = 58$ bzw. $n = 14$ Patienten ist der Anteil derer, die erst innerhalb der ersten 7-14 Tage bzw. innerhalb eines Monats nach dem Unfall operiert wurden relativ hoch. Die Gründe für eine spätere Operation können unterschiedlich sein; zum einen werden die Patienten zum Teil erst geraume Zeit nach dem Unfall im Krankenhaus vorstellig (vgl. Kapitel 5.2.13 - Zeit zwischen Unfall und Aufnahme), außerdem sind andere vorrangig zu behandelnde Verlet-

zungen sowie ein schlechter Allgemeinzustand des Patienten und starke Schwellungen im Operationsgebiet häufige Gründe für ein Aufschieben der Operation (Blum et al. 2005). Der Unterschied in der Entwicklung der TAD ist mit $p = 0,5014$ zwischen Patienten mit unterschiedlicher Zeit bis zur Operation statistisch nicht signifikant. Wir haben eine schlechtere Entwicklung der später operierten Patienten erwartet, was sich nicht bestätigt hat. Es scheinen sogar diejenigen Patienten einen Vorteil zu haben, die erst später operiert werden, was sich in einer konsequent höheren TAD zeigt. Von den zwischen zwei Wochen und einem Monat nach dem Unfall operierten Patienten gibt es nur Röntgenbilder bis zum Untersuchungszeitpunkt 3 ohne einen großen Anteil früher Metallentfernungen, was wir bei einer zuvor stabilen TAD als Zeichen der positiven Entwicklung deuten, da häufigere Röntgenkontrollen in der Regel nur bei komplikationsreichen Verläufen angeordnet werden. Treten durch die proximale Humerusfraktur verursacht Störungen der distalen Durchblutung, Sensibilität oder Motorik auf, kann ein operativer Eingriff unmittelbar notwendig sein, um Folgeschäden zu verhindern (Blum et al. 2005, Pannike et al. 1981).

5.3.4 Einfluss der Zeit zwischen Unfall und OP auf die Dichte

In der Entwicklung des Dichteunterschiedes zeigt sich die in Kapitel 5.3.3 beschriebene Entwicklung nicht. Hier schneiden später operierte Patienten schlechter ab als innerhalb der ersten Woche nach dem Unfall operierte Patienten. Die Zeit bis zur OP hat mit $p = 0,3923$ allerdings ebenso wenig einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Entwicklung des Dichteunterschiedes wie auf die Entwicklung des TAD. Es gibt keine uns bekannten Veröffentlichungen zum Vergleich verschiedener Operationszeitpunkte bei der proximalen Humerusfraktur. Eine Arbeit von Kostuj et al. zu pertrochantären Femurfrakturen kann zum Vergleich herangezogen werden. Hier finden die meisten operativen Versorgung (72,4 %) innerhalb des ersten Tages nach dem Unfall statt und ab einer Zeit von > 48 h postoperativ wird nicht mehr differenziert (Kostuj et al. 2013). Mutmaßlich aufgrund stärkerer Blutungen und systemischer Beeinträchtigungen durch die Fraktur unterscheiden sich die Operationszeiten hier deutlich und sind somit im Ergebnis nicht mit denen der proximalen Humerusfraktur vergleichbar.

5.3.5 Einfluss der Zeit zwischen OP und Mobilisation auf die TAD

In der Regel sind proximale Humerusfrakturen nach operativer Versorgung übungsstabil. Die Patienten können bereits am Tag nach der Operation remobilisiert werden und mit Krankengymnastik und andere Maßnahmen wie der CPM-Behandlung (vgl. Kapitel 5.3.11.3 - CPM-Behandlung -) beginnen. Neben der frühen Benutzung des verletzten Armes ist auch die Verhinderung von Thrombosen der oberen Extremität Ziel der frühen Mobilisation und medikamentösen Thromboseprophylaxe (Sawyer und Hayda 2011). Der frühzeitige Einsatz von Maßnahmen zur Mobilisation ist heute medizinischer Standard. Zu erwähnen ist eine neue Studie aus dem Jahr 2013 von Zhang et al., die an einem Untersuchungsmodell an Hasen herausgefunden haben, dass eine unmittelbar postoperative Immobilisierung der aktiven Mobilisierung vorzuziehen ist. Die unmittelbar postoperative passive Mobilisierung wie sie beim Menschen z.B. durch die CPM-Behandlung möglich ist (vgl. Kapitel 5.3.11.3 - CPM-Behandlung -) zeigte hier im Vergleich keinen Nachteil zur Immobilisierung (Zhang et al. 2013). Werden Patienten erst später remobilisiert, so liegt dies oft an schwerwiegenden anderen Verletzungen des Patienten oder an einer z.B. altersbedingten Bettlägerigkeit. Der positive Einfluss frühestmöglicher Krankengymnastischer Maßnahmen ist auch bei den Patienten dieser Studie erkennbar. Aufgrund des medizinischen Standards in der Universitätsmedizin Göttingen gehen wir davon aus, dass der Großteil der Patienten, bei denen der Mobilisationszeitpunkt den Akten nicht zu entnehmen ist ebenfalls unmittelbar nach der Operation remobilisiert wurde. Die TAD entwickelt sich in der Gruppe der Patienten, die innerhalb der ersten drei Tage postoperativ remobilisiert wurden besser als bei den später mobilisierten Patienten. Zum Untersuchungszeitpunkt 4 liegen die nach über 1 Woche mobilisierten Patienten bereits bei einer TAD von durchschnittlich 58,70 %, während die früh mobilisierten Patienten sich noch bei über 80% halten. Das Fehlen von Röntgenaufnahmen zum Zeitpunkt 5 bei den spät mobilisierten Patienten deuten wir hier als ein Zeichen für eine schlechte Entwicklung, da die TAD zum Zeitpunkt 4 bereits stark abgesunken war und man sich zu einer Metallentfernung entschlossen hat, worauf keine radiologische Kontrolle des Osteosynthesematerials mehr folgte. Die, wie im Normalfall üblich, früh mobilisierten Patienten halten sich bis zum letzten Untersuchungszeitpunkt bei einer relativ hohen TAD von knapp über 70 %. Der Einfluss des Mobilisationszeitpunktes ist entgegen des Eindrucks der Tabelle 4.3-6 mit $p = 0,6811$ für die TAD statistisch nicht signifikant.

5.3.6 Einfluss der Zeit zwischen OP und Mobilisation auf die Dichte

Auch bei Betrachtung des Verlaufs des Dichteunterschiedes gehen wir davon aus, dass die Patienten mit nicht dokumentiertem Mobilisationszeitpunkt in der Regel unmittelbar nach der Operation Krankengymnastik erhalten haben, da dies dem medizinischen Standard entspricht und die Entwicklung des Dichteunterschiedes in beiden Gruppen ähnlich ist. Der Dichteunterschied der spät mobilisierten Patienten hat seinen Tiefpunkt bereits bei Röntgenaufnahme Nummer 2 und fällt im Gegensatz zu den anderen Patienten nach einem kurzen Anstieg zur fünften Untersuchung wieder ab. Der Dichteunterschied hat für uns hier einen besonderen Stellenwert, da er wie in Kapitel 3.4.2 - Dichteunterschied zwischen Glenoid und Humeruskopf - erwähnt als unter anderem abhängig von der Qualität der postoperativen Mobilisation gesehen wird. Die Knochendichte wird durch eine rechtzeitige Mobilisation nach der Operation positiv beeinflusst. Der Einfluss ist mit $p = 0,0870$ statistisch knapp nicht signifikant.

5.3.7 Repositionsergebnis

Zur Bestimmung des Einflusses des Repositionsergebnisses wurde ein repräsentatives Subkollektiv von $n = 94$ Patienten gewählt. Zu den Einschlusskriterien in diese Patientengruppe vgl. Kapitel 5.3.7 - Repositionsergebnis -. Für die Entwicklung der TAD ist die Stabilität der Fraktur nach Reposition von großer Bedeutung. Zu beachten ist, dass hier nicht nur die achsengerechte Stellung des Humerus nach der Osteosynthese gemeint ist, sondern auch die Integrität eines medialen Knochenspanes am Collum chirurgicum. Diese Stelle wird im Folgenden Kalkar des Humerus genannt. Wir gehen davon aus, dass die Kortikalis an dieser Stelle eine wichtige statische Funktion erfüllt und dem Osteosynthesematerial als Widerlager dienen kann. Entsprechend dieser Vorstellung würde die in Abb. 5.3-1 gezeigte Fraktur trotz achsengerechter Reposition durch den Operateur wegen des Defektes am medialen Humerus von uns als nicht stabil nach Reposition gewertet werden.

Die Entwicklung der TAD und somit die Wahrscheinlichkeit eines komplikationslosen Verlaufes ist bei den Patienten mit nicht ausreichender Stabilität nach der Operation mit $p = 0,0443$ statistisch signifikant schlechter als in der Gruppe mit stabiler Reposition. Die erste Gruppe hat eine TAD von 77,69 %, während die nach Reposition statisch stabilen

Abb.: 5.3-1
Statisch ungünstiger Defekt an der medialen Seite
des proximalen Humerus nach Reposition und
Osteosynthese

Frakturen noch eine TAD von 95,41 % zeigen. Die anatomisch korrekte Stellung kann bei der Operation wieder hergestellt werden, ein fehlendes Fragment an der Stelle des Kalkars des Humerus kann operativ in der Regel nicht ersetzt werden. Wie wichtig die Unterstützung an dieser Stelle statisch ist, wird in verschiedenen Studien diskutiert, so z.B. bei Jung et al. in einer Arbeit aus dem Jahr 2013, die eine mit $p = 0,014$ signifikant bessere Entwicklung bei Intaktem Kalkar fanden, was jegliche Komplikationen im Heilungsverlauf angeht. Hier wurden mit 64 Patienten deutlich weniger Verläufe untersucht als von uns. Jung et al. fanden ein ähnliches Verhältnis von männlichen zu weiblichen Patienten und auch einen nicht signifikanten Einfluss der Osteoporose (Jung et al. 2013) (vgl. Kapitel 4.2.10 - Osteoporose -), sodass das Patientenkollektiv mit dem unsrigen vergleichbar scheint. Jaeger et al. kommen zu dem gleichen Ergebnis und beziehen die positiven Auswirkungen eines intakten Kalkars im Besonderen auf schwierig zu stabilisierende varusdislozierte proximale Humerusfrakturen (Jaeger et al. 2012). Zum Einfluss der posttraumatischen Fehlstellung können wir keine Stellung nehmen, da in der Fraktуреinteilung nach AO und Neer keine Varus- oder Valgusfehlstellung berücksichtigt wird. Welche Auswirkung eine zusätzliche Osteosynthese z.B. durch eine Platte an dieser Stelle hat muss untersucht werden. Wir vermuten einen Stabilitätsgewinn, da dieser Teil des Humerus der lateral angebrachten Osteosynthese als Wiederlager dienen kann und deren Stabilität unterstützt. Es ist aus vorherigen Untersuchungen bekannt, dass das Einbringen der Schraube am Kalkar bei z.B. der PHILOS-Platte einen positiven Einfluss auf die Stabilität der winkelstabilen Osteosynthese hat (Osterhoff et al. 2011). Fallstudien von Wanner et al. sowie Osterhoff bestätigt diese Ergebnisse (Wanner et al. 2013, Osterhoff 2011). Ähnliche Zahlen liefert eine Studie von Gardner et al., deren Patientenkollektiv von $n = 35$ Patienten wie

bei uns keine Auswirkungen von Alter, Geschlecht oder Frakturtyp zeigt, aber einen deutlichen Einfluss der medialen statischen Unterstützung (Gardner et al. 2007). Als mediale statische Unterstützung wurden hier eine Schraube im inferomedialen Anteil des Humeruskopfes gewertet, eine laterale Impaktierung des Humeruskopfes in den Humerusschaft sowie eine anatomische Verkürzung des medialen Schaftes. Weiteren Anhalt für die Wichtigkeit der anatomische korrekten Reposition liefern Hardeman et al., die eine Korrelation zwischen Heilungserfolg der proximalen Humerusfraktur und korrekter Reposition bei 307 untersuchten Patienten gefunden haben (Hardeman et al. 2012). Außerdem sollte unserer Meinung nach abgewogen werden, ob bei einer mehrfragmentären komplizierten Fraktur der Kalkars einer konservativen Behandlung oder einer Operation nach einigen Tagen Ruhigstellung der Vorzug vor einer sofortigen OP unmittelbar posttraumatisch gegeben werden sollte (vgl. Kapitel 5.2.13 und 5.2.14 - Zeit zwischen Unfall und Aufnahme - und Kapitel 5.3.3 und 5.3.4 - Zeit zwischen Unfall und OP -).

5.3.8 Einfluss der Operationsart auf die TAD

In dem von uns untersuchten Kollektiv wurde die TAD von $n = 80$ Bildern von Patienten ausgewertet, die mit einer konventionellen, nicht-winkelstabil verschraubte Osteosynthese versorgt wurden und $n = 203$ Bilder von in winkelstabiler Technik verschraubten Osteosynthesen. Heutzutage wurden die nicht-winkelstabilen Operationsverfahren weitgehend durch winkelstabile Techniken ersetzt (Lill 2006). Die Gründe für diese Entwicklung werden in Kapitel 1.7 - Behandlung - besprochen. Die TAD der in winkelstabiler Technik versorgten Patienten bleibt bis zur dritten Untersuchung relativ stabil mit einem leichten Abfall auf 95,53 %. Zum vierten Untersuchungszeitpunkt sind noch Bilder von 4 Patienten ausgewertet worden, deren TAD bei durchschnittlich 148,85 % vom Ursprungswert liegt. Das Ansteigen der TAD ist Ausdruck für die Lockerung der Platte. Anders als eine winkelstabile Osteosynthese wie z.B. eine PHILOS-Platte benötigen diese Osteosynthesysteme allerdings einen festen Kontakt zum Knochen (vgl. Kapitel 1.7 - Behandlung -), sodass eine gelockerte nicht-winkelstabile Plattenosteosynthese ihre Funktion nicht mehr erfüllen kann. Bei den in winkelstabiler Technik versorgten Patienten nimmt die TAD vom ersten bis zum fünften Röntgenbild ab. Da die Plattenosteosynthese nach der OP dicht am Knochen liegt und sich diesem nicht weiter nähern kann, liegt die Ursache der Verringerung der TAD in der Volumenminderung des Humeruskopfes. Es nähert sich nicht die Schraubenspitze der Knochengrenze, sondern der Knochen verliert aufgrund der durch die Fraktur bedingten

Unterversorgung an Substanz. Die unterschiedlichen Entwicklungen der TAD dieser beiden Systeme sprechen für die wie beschrieben unterschiedlichen Verläufe. Braun et al. haben 2012 in einer vergleichenden Studie von Targon-Nagel und PHILOS-Platte eine Schraubendislokation bei mit einer PHILOS-Platte versorgten Patienten von 14,7 % gefunden. In der genannten Arbeit wurden 34 Patienten mit PHILOS-Platte untersucht, wobei das Hauptaugenmerk auf die Klinik gerichtet und mittels des Neer- und Constant-Scores bewertet wurde (Braun 2012). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Hardeman et al. die bei einem Patientengut von $n = 368$ eine Versagensrate der winkelstabilen Osteosynthese von 15,3 % fanden (Hardeman et al. 2012). Dass in unserem Patientenkollektiv eine ubiquitäre Schraubendislokation bis zu einem gewissen Grad zu beobachten ist, liegt an der Genauigkeit der von uns durchgeführten Messung der TAD. Die Beurteilung der Schraubenposition wurde nach unserem Wissen bei proximalen Humerusfrakturen vorher noch in keiner Arbeit durch Messung der TAD bestimmt. Ein Vergleich hinsichtlich der Qualität der winkelstabilen und nicht winkelstabilen Verfahren lässt sich aufgrund der von uns gemessenen TAD nicht anstellen, da die TAD sich wie beschrieben bei ungünstigen Heilungsverläufen in beiden Gruppen unterschiedlich verhält. Die beschriebenen Komplikationen werden durch die von uns erhobenen Daten aber erklärt. Die genannten Veröffentlichungen kommen im klinischen Vergleich der verschiedenen Osteosynthesysteme zu dem Schluss, dass die winkelstabilen Platten wie z.B. die PHILOS-Platte den nicht winkelstabilen im klinischen Outcome überlegen sind (Constant-Murley-Score durchschnittlich 81 Punkte (Brunner et al. 2012) bzw. ASES-Score 75,3 (Hardeman et al. 2012)). Außerdem deutet das Fehlen von Röntgenbildern zum fünften Zeitpunkt bei den nicht winkelstabil versorgten Patienten für eine frühzeitige Metallentfernung bei ungünstigem Heilungsverlauf. Der Einfluss der verschiedenen Operationsverfahren auf die TAD ist, alle möglichen Operationsverfahren einbezogen und nicht nur winkelstabil vs. nicht winkelstabil, mit $p = 0,3124$ aus den genannten Gründen statistisch nicht signifikant. Einen Hinweis auf die Heilungserfolge, die mit winkelstabilen Platten erzielt werden gibt die Anzahl der Patienten, die nach vormaliger Versorgung in winkelstabiler Technik eine Humeruskopfprothese erhalten haben. Verglichen werden hier Patienten mit Bildern zum Zeitpunkt zwei. 96 Patienten haben eine winkelstabile Osteosynthese erhalten und 9 Patienten eine Humeruskopfprothese nach vormaliger Versorgung in winkelstabiler Technik. Das entspricht einer ungünstigen Entwicklung der winkelstabilen Osteosynthesen mit Austausch gegen eine Humeruskopfprothese bei fast 10 % der zuvor in winkelstabiler Technik versorgten Patienten. Es ist davon auszugehen, dass so nur bei den Patienten mit äußerst ungünstigem Verlauf und schwerer subjektiver Beeinträchtigung verfahren wurde und die Rate der Patienten mit

schlechtem Heilungsverlauf ohne Humeruskopfprothese noch höher liegt. Andere Arbeiten wie von Jost et al. beschreiben eine sekundäre Arthroplastik nach winkelstabiler Versorgung bei über 50 % eines Kollektivs von 121 Patienten. Hier werden bei 57 % der operierten Patienten Schraubendurchbrüche in den Gelenkspalt beschrieben (Jost et al. 2012). Eine endgültige Beurteilung der verschiedenen Osteosyntheseverfahren kann durch eine Arbeit wie unsere, die ohne objektive Untersuchung der Beschwerden der Patienten auskommt, aber nicht getroffen werden. Außerdem können wir ohne klinische Untersuchungen hier keine Aussage über die subjektive Klinik der Patienten treffen. Nach Brunner et al. ist das Outcome in Übereinstimmung mit den oben genannten Arbeiten bei der Versorgung mittels PHILOS-Platte durchgehend zufriedenstellend, hier wurden allerdings nur 16 Patienten in einem Zeitraum von 6 Jahren untersucht (Brunner et al. 2012).

5.3.9 Einfluss der Operationsart auf die Dichte

Die Entwicklung des Dichteunterschiedes ist besser geeignet als die TAD, um die Behandlungserfolge winkelstabiler Operationstechniken mit den nicht winkelstabilen zu vergleichen. Die Knochensubstanz verringert sich bei fehlender Belastung des Knochens oder bei einer Unterversorgung mit Nährstoffen, z.B. nach einer Unterbrechung der Durchblutung (s.o.). Obwohl statistisch mit $p = 0,0979$ (alle Operationsverfahren miteinander verglichen) nicht signifikant, zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen winkelstabiler und nicht-winkelstabiler Technik. Die in winkelstabiler Technik versorgten Patienten zeigen die für das gesamte Kollektiv typische Entwicklung des Dichteunterschiedes mit einem Abfall und darauf folgendem Anstieg, während der Dichteunterschied bei den nicht-winkelstabil versorgten Patienten kontinuierlich abfällt und es zum fünften Untersuchungszeitpunkt keine Bilder mehr gibt. Wir werten das Fehlen der fünften Untersuchung als negatives Zeichen, da sich schon beim Vergleich der TAD eine Plattenlockerung zum vierten Untersuchungszeitpunkt zeigt, was für eine Metallentfernung bei Lockerung des Osteosynthesematerials spricht. Wir halten es für möglich, dass die Entwicklung der Knochendichte eher als die TAD eine Korrelation mit der subjektiven Klinik des Patienten aufweist.

5.3.10 Operationsdauer

Die TAD entwickelt sich mit steigender Operationsdauer signifikant schlechter. Bei einer unter 90 minütigen Operationsdauer sinkt die TAD bis zum dritten Untersuchungszeitpunkt kaum und steigt zur vierten Untersuchung sogar auf 124,52 % an, während wir bei den Patienten mit einer Operationsdauer von 90 - 180 Minuten einen kontinuierlichen Abfall der TAD fanden. Eine längere Operation spricht in der Regel für eine komplizierte Fraktur. Der Heilungsverlauf, insbesondere die Entwicklung der TAD, ist aber in diesem Patientenkollektiv nicht abhängig von der Komplexität der Fraktur (vgl. Kapitel 5.2.3 - Alter und Frakturtyp nach Neer -). Über den Deltasplit-Zugang haben Bockmann et al. eine durchschnittliche Operationsdauer der proximalen Humerusfraktur bei plattenosteosynthetischer Versorgung von 62 ± 21 Minuten gefunden (Bockmann et al. 2012). Es muss natürlich der Unterschied des Zeitaufwandes zwischen verschiedenen Operationstechniken beachtet werden. Hier gibt es zwar deutliche technisch bedingte Unterschiede, vor allem zwischen winkelstabilen und nicht winkelstabilen Operationsverfahren, allerdings haben wir die untersuchten Zeit so gewählt, dass diese Unterschiede bestmöglich ausgeglichen sind. Sowohl eine winkelstabile Osteosynthese wie z.B. eine PHILOS-Platte als auch eine nicht-winkelstabile T-Platte können in unter 90 Minuten angebracht werden, während die Operationsdauer sich bei beiden Verfahren bei komplizierten Frakturen deutlich verlängern kann (Bockmann et al. 2012). Dieser zusätzliche Zeitaufwand übersteigt die normalen Unterschiede zwischen den Operationsverfahren, sodass die gezeigten Veränderungen hauptsächlich auf intraoperative Schwierigkeiten zurückzuführen sind. Die von uns gefundenen Daten sprechen dafür, dass jede Maßnahme, die eine Kompromittierung der Blutversorgung des Humeruskopfes zur Folge haben kann, schlechtere Heilungserfolge zeigt (vgl. Kapitel 5). Dies gilt auch für die Operationsdauer. Bei ungünstigeren intraoperativen Verhältnissen wird offensichtlich häufig ein erheblich größerer Weichteilschaden verursacht, um die Fraktur darstellen und reponieren zu können. Wiederholte Versuche, Knochenfragmente anatomisch korrekt zu stellen, können z.B. feine periostale Gefäße zerreißen, die noch zur Blutversorgung des Humerus beitragen. Einen Zusammenhang zwischen längerer Operationsdauer und postoperativer Wundinfektion bzw. Wundheilungsstörungen fanden wir nicht. Es muss intraoperativ abgewogen werden, in welchem Ausmaß ein iatrogen Weichteilschaden zur Stellung der Fraktur in Kauf genommen wird. Es hat den Anschein, als entwickelten sich schwierig zu operierende proximale Humerusfrakturen nicht ausschließlich aufgrund der Komplexität der ursprünglichen Verletzung, sondern auch aufgrund der iatrogen verursachten Weichteilschäden schlechter. Möglicherweise verbes-

sert sich die Durchbutung in der Zeit zwischen Unfall und Operation durch die Bildung von Kollateralgefäßen. Zu beachten ist hier aber, dass eine hinausgezögerte Operation durch sich bildenden Kallus schwieriger wird. Mit $p = 0,0102$ ist der Zusammenhang der Operationsdauer mit der Entwicklung der TAD statistisch signifikant. Uns sind keine Veröffentlichungen zur Heilungsverlauf der proximalen Humerusfraktur bekannt, die die Dauer der Operation einbeziehen und zum Vergleich herangezogen werden könnten. In der Entwicklung des Dichteunterschiedes zeigt sich bei uns kein von der Operationsdauer abhängiger Unterschied. Dieser Zusammenhang ist mit $p = 0,5978$ auch statistisch nicht signifikant.

5.3.11 Nachbehandlung

5.3.11.1 Einfluss von Krankengymnastik mit EAP auf die TAD

Wir haben in dem von uns untersuchten Patientenkollektiv keinen Unterschied in der Entwicklung der TAD durch die erweiterte ambulante Physiotherapie gefunden. Der Zusammenhang ist mit $p = 0,7072$ statistisch nicht signifikant. Nur $n = 51$ Bilder wurden untersucht, bei denen die Patienten keine EAP erhalten haben. Die Anzahl der Bilder von Patienten mit EAP ist mit $n = 297$ fast sechs mal so hoch. Es ist davon auszugehen, dass das tatsächliche Verhältnis sogar noch höher ist, von uns aber durch mangelnde Dokumentation nicht erkennbar war. Daran lässt sich erkennen, dass die Physiotherapie heutzutage richtigerweise zum Standard in der Fraktur Nachsorge gehört, was in der aktuellen Literatur ebenfalls unbestritten ist (Toepler 2012). Insbesondere im Bezug auf die proximale Humerusfraktur sind krankengymnastische Maßnahmen und erweiterte ambulante Physiotherapie etablierte Nachbehandlungskonzepte (Koval et al. 1993). Eine erweiterte ambulante Physiotherapie wird in erster Linie Patienten angeboten, die durch selbstständige Mobilisation nicht wieder das volle Bewegungsausmaß erlangen können. Patienten, die nach einer Operation keine physiotherapeutischen Maßnahmen erhalten sind häufig bettlägerig oder z.B. aufgrund ihres Alters auch vor dem Unfall nicht selbstständig mobil gewesen. Die von uns gefundenen Daten sprechen der EAP keineswegs ihre Wirksamkeit ab, sondern sind Ausdruck erstens für die gute Wirksamkeit der Physiotherapie, die schlecht mobilisierbare Patienten mit schwächerem Körperbau auf das Niveau eines gesunden, sportlicheren Menschen bringt und zweitens für die guten diagnostischen Fähigkeiten der behandelnden Ärzte, die eine EAP denjenigen verschreiben, bei denen sie auch eine gute Wirkung zeigt. Wir gehen davon aus, dass ohne den Einsatz der gezielten EAP

die Entwicklung der TAD bei den Patienten in dieser Gruppe eine deutlich schlechtere Entwicklung zeigen würde.

5.3.11.2 Einfluss von Krankengymnastik mit EAP auf die Dichte

Der Vergleich der Entwicklung des Dichteunterschiedes stützt den Eindruck, den die Entwicklung der TAD gemacht hat. Die Patienten, die keine EAP erhalten haben, starten mit ca. 10 % weniger Dichte als die Patienten, die eine EAP erhalten haben. Vorausgesetzt, der niedrigere Dichteunterschied ist ein Hinweis für eine ältere, osteoporotische Knochenstruktur (s.o.), handelt es sich hier um die älteren Patienten, die bei vorbestehend weitgehender Immobilität keine EAP erhalten haben. Der Dichteunterschied sinkt dementsprechend in den folgenden Kontrolluntersuchungen in der Gruppe ohne EAP deutlicher als bei den Patienten mit EAP. Zu beachten ist, dass eine geringere Dichte nicht unbedingt mit einem für den Patienten schlechteren Ergebnis gleichzusetzen ist (Plecko 2011). Für einen älteren, bettlägerigen Patienten im Altenheim ist es womöglich eine enorme Anstrengung, sich physiotherapeutischen Maßnahmen zu unterziehen, während er oder sie von der daraus resultierenden stärkeren Knochenstruktur aufgrund erheblicher Immobilität nicht profitiert. Der Einfluss der EAP auf die Entwicklung des Dichteunterschiedes ist mit $p = 0,0797$ statistisch knapp nicht signifikant.

5.3.11.3 CPM-Behandlung

Die Behandlung mit einer Continuous-Passive-Motion-Schiene ist weit verbreitet, gehört aber noch lange nicht zum Standard bei Behandlungen von proximalen Humerusfrakturen und wird von vielen Krankenkassen derzeit nicht unterstützt. Von den 409 untersuchten Patienten haben 64 eine Behandlung mit einer CPM-Schiene erhalten. Der Vergleich der TAD zeigt bei den mit einer CPM-Schiene behandelten Patienten eine deutlich bessere Entwicklung. Hier gibt es praktisch keinen Abfall der TAD. Zum vierten Röntgenbild ist ein Anstieg auf 151,40 % zu beobachten, was für eine Osteosynthesenlockerung spricht. Dieser Wert kommt durch nur vier zu diesem Zeitpunkt untersuchte Patienten zustande. 18 jener Patienten haben eine Versorgung mit einer nicht winkelstabilen Osteosynthese erhalten und 40 wurden mit einer winkelstabilen PHILOS-Platte versorgt. Eine Lockerung der winkelstabilen Platten ist hier wie bei allen $n = 408$ Patienten selten (vgl. Kapitel 4.3.5 -

Operationsart -), sodass die Erhöhung der TAD zum vierten Zeitpunkt auf einzelne, nicht winkelstabil versorgte Patienten zurückzuführen ist. Bei den ohne CPM-Schiene behandelten Patienten sinkt die TAD kontinuierlich bis zum 5. Röntgenbild auf 60,21 %. Die Continuous-Passive-Motion-Schiene hat einen erheblichen Einfluss auf die TAD. Auf diese Weise behandelte Patienten zeigen eine mit $p = 0,0164$ statistisch signifikant günstigere Entwicklung. Neben dem Einsatz bei der proximalen Humerusfraktur gilt die CPM-Behandlung vor allem bei anderen Frakturen wie z.B. der distalen Humerusfraktur, längst als erfolgversprechendes Nachbehandlungskonzept (Soffer und Yahiro 1990). Die Ergebnisse von Behrmann und Bigliani bezüglich der distalen Humerusfraktur beim älteren Menschen, die in der Folge einen Stabilitätsverlust beobachteten, können wir für die proximale Humerusfraktur nicht bestätigen (Behrman und Bigliani 1993). Der Unterschied zwischen physiotherapeutischen Maßnahmen und einer Continuous-Passive-Motion-Schiene ist die strikt passive Funktion der Patienten bei der CPM-Behandlung. Die Schiene bewegt den Arm ohne Zutun des Patienten, während bei der Physiotherapie häufig auch mit einer vom Operateur bestimmten Belastung trainiert wird (z.B. Belastung bis 5 kg). Dieser Unterschied scheint für die Entwicklung der TAD essentiell und ist auch bei der Entwicklung des Dichteunterschiedes nachvollziehbar. Die Beweglichkeit eines Gelenkes ist postoperativ durch den Einsatz der CPM-Schiene ebenfalls positiv zu beeinflussen, was die Ergebnisse einer sich auf den distalen Humerus beziehenden Arbeit zur arthroskopischen Arthrolyse von Achtnich et al. zeigen (Achtnich et al. 2013). Bei den mit CPM-Schiene behandelten Patienten entwickelt sich die Dichte auf niedrigerem Niveau als bei den ohne CPM-Schiene behandelten Patienten, was auf eine passivere Remobilisierung mit weniger Muskelzug auf den Knochen zurückzuführen ist. Postoperativ ist der positive Einfluss der CPM-Behandlung vor allem durch das Verhindern der Bildung von Fibrosen zu begründen, indem Hämarthrosen schneller abgebaut werden. So kann sich weniger Ödem und Granulationsgewebe als Vorstufe von bewegungseinschränkenden Fibrosen bilden (O'Driscoll und Giori 2000). Salter et al. haben bei der Untersuchung der Chondrozytenheilung bei Hasen auch einen positiven Einfluss der CPM-Behandlung auf bradytrophes Knorpelgewebe beschrieben (Salter et al. 1984). Die CPM-Behandlung ist dabei in unserem Patientenkollektiv in den ersten Tagen postoperativ durchgeführt worden. Der Einfluss der CPM-Behandlung auf den Dichteunterschied ist mit $p = 0,3431$ statistisch nicht signifikant. Es gibt neben vielen Veröffentlichungen zur CPM-Behandlung der distalen Humerusfraktur und des Ellenbogengelenks unseres Wissens nur wenige Arbeiten zur proximalen Humerusfraktur. Nach unseren Ergebnissen empfehlen wir den CPM-Einsatz bei jedem Patienten, da sich die TAD bei allen ohne CPM-Schiene behandelten Patienten unabhängig von Alter, Oste-

oporose oder anderen Vorraussetzungen schlechter entwickelt und die Gefahr des Schraubendurchbruchs somit steigt.

5.3.12 Dauer des Krankenhausaufenthaltes

Die Liegedauer der stationären Patienten nach proximaler Humerusfraktur liegt deutlich unter 4 Wochen. Eine längere Liegedauer als zwei Wochen ist für eine solche Verletzung ungewöhnlich und hängt mit Begleitverletzungen oder einem schlechten gesundheitlichen Gesamtzustand des Patienten zusammen. Es sind viele Faktoren denkbar, die einen negativen Einfluss einer längeren Liegedauer auf den Heilungsverlauf denkbar machen. Im Krankenhaus erworbene Infektionen und die psychische Belastung eines langen Krankenhausaufenthaltes sind nur zwei der möglichen Einflüsse. Wir konnten mit $p = 0,4876$ für die TAD und $p = 0,6813$ für den Dichteunterschied keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Liegedauer und der Entwicklung der TAD oder des Dichteunterschiedes finden. Auch der Umkehrschluss, dass Patienten mit komplikationsreichem Verlauf länger im Krankenhaus bleiben, ist somit für die von uns untersuchten Patienten unzutreffend. Andere Veröffentlichungen, die sich auf die Auswirkung der Liegedauer auf den Heilungsverlauf der proximalen Humerusfraktur beziehen, sind uns nicht bekannt.

5.3.13 Metallentfernung

Bei den meisten Patienten konnte nicht umfassend geklärt werden, ob eine Metallentfernung erfolgte. Die Metallentfernung ist ausschließlich Ausdruck für die Konsistenz der hier gemessenen Daten und dient als Kontrollparameter. Die TAD kann nach erfolgter Metallentfernung naturgemäß nicht weiter gemessen werden. Der Zusammenhang besteht hier in der früheren Metallentfernung bei sich schlechter entwickelnder TAD. So wird bei einem Durchtritt der Schrauben über die Knochengrenze oder bei der Lockerung einer Platte mit Vergrößerung der TAD in der Regel eine Metallentfernung durchgeführt. Dieser Zusammenhang ist mit $p = 0,0001$ statistisch höchst signifikant. Da es keine Patienten gibt, bei denen die Dauer des Metallverbleibs bekannt war und gleichzeitig die Entwicklung des Dichteunterschiedes nachvollzogen werden konnte, können wir keine Aussage über die Entwicklung der Knochendichte bei früherer oder späterer Metallentfernung treffen.

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wir fanden bei den von uns untersuchten Patienten eine ähnliche Verteilung der Inzidenzen der proximalen Humerusfraktur wie aus der aktuellen Literatur bekannt. Frauen haben gegenüber Männern ein doppelt so hohes Risiko, eine proximale Humerusfraktur zu erleiden. Auch die Gefahr, einen komplikationsbedingt schlechteren Heilungsverlauf zu haben ist bei Frauen gegenüber Männern erhöht, was bei der TAD, nicht aber dem Dichteunterschied deutlich wird. Bei beiden Geschlechtern steigt die Gefahr, eine proximale Humerusfraktur zu erleiden, mit dem Alter und gipfelt zwischen dem 70. und 80. Lebensjahr.

Um den Heilungsverlauf der untersuchten Patienten zu beurteilen, haben wir die Entwicklung der TAD sowie des Dichteunterschiedes zwischen Glenoid und Humeruskopf verfolgt. Wir fanden hierbei eine statistisch signifikante Veränderung der TAD über die Zeit, während der Dichteunterschied sich im gesamten Patientenkollektiv nicht statistisch signifikant veränderte.

Keinen Einfluss auf die generelle Entwicklung der proximalen Humerusfraktur nehmen nach unseren Ergebnissen die Anzahl der Vorerkrankungen eines Patienten sowie das Vorliegen eines Polytraumas, wobei die Unfallart einen Einfluss hat. Patienten nach Verkehrsunfällen zeigen einen schlechteren Heilungsverlauf als Patienten mit anderen Unfallursachen.

Wir konnten keinen Einfluss einer vorhandenen Osteoporose auf den Heilungsverlauf feststellen, wobei wir nicht sicher sein können, ob alle von uns untersuchten Patienten eine volle Osteoporosediagnostik erhielten.

Die präoperative Behandlung sieht heutzutage bei fast allen Patienten, die nicht unmittelbar nach dem Unfall operiert werden, ähnlich aus. So haben die allermeisten Patienten einen Gilchrist- oder Desaultverband erhalten, und es lässt sich kein Einfluss der unterschiedlichen Vorbehandlungen auf die TAD oder den Dichteunterschied finden.

Beim Vergleich der verschiedenen Operationsarten fanden wir für die verschiedenen Operationssysteme typische Entwicklungen vor allem der TAD. Über die Vor- und Nachteile z.B. der winkelstabilen und nicht-winkelstabilen Osteosynthesen können wir aufgrund schlechter Vergleichbarkeit keine sichere Aussage treffen. So nimmt die TAD beim Versa-

gen der winkelstabilen Osteosynthesen eher ab, während sie bei nicht-winkelstabilen Osteosynthesen zunimmt.

Deutliche Vorteile fanden wir bei Patienten, die im Vergleich zum Durchschnitt später operiert wurden. Sowohl Patienten, die sich erst einige Tage nach dem Unfall beim Arzt vorstellten als auch aus sonstigen Gründen später operierte Patienten haben einen Vorteil im Heilungsverlauf.

Die Durchführung einer EAP (erweiterte Ambulante Physiotherapie) hat bei unseren Patienten einen günstigen Effekt auf den Heilungsverlauf. So zeigen z.B. wegen ihres Alters potentiell problematische Patienten durch die EAP ähnlich gute Ergebnisse wie jüngere, mobile Patienten.

Während ein besonders niedriger oder hoher BMI einen negativen Einfluss auf die Entwicklung der proximalen Humerusfraktur haben kann, wirkt ein hochnormaler BMI zwischen 25 und 30 protektiv. Einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Entwicklung der proximalen Humerusfraktur konnten wir für die Art der Vorerkrankungen, die initiale Dicke der Kortikalis des Humerusschaftes (Kortikalis-C) und das Repositionsergebnis nachweisen. Patienten mit metabolischem Syndrom oder Teilen dieses Symptomkomplexes zeigen vor allem dann einen schlechteren Heilungsverlauf, wenn sie anamnestisch bereits unfallchirurgische oder orthopädische Operationen hinter sich haben. Je dicker die Kortikalis am Humerusschaft ist, desto günstiger entwickelt sich die Fraktur des Patienten im Heilungsverlauf.

Bei der Betrachtung des Repositionsergebnisses zeigt sich, dass nicht nur die anatomisch korrekte Stellung des Humeruskopfes von großer Bedeutung ist, sondern vor allem die Intaktheit des medialen Anteils des Überganges vom Humeruskopf zum Humerusschaft, der Kalkar des Humerus, der einer lateral angebrachten Osteosynthese als Widerlager dienen und deren Stabilität unterstützen kann.

6 Zusammenfassung

Es wurden Daten von 408 Patienten ausgewertet, die zwischen 1995 und 2011 in der Universitätsmedizin Göttingen an einer proximalen Humerusfraktur operiert wurden.

Ziel dieser Arbeit war, in einer Qualitätssicherungsstudie Risikofaktoren zu finden, die das Versagen einer Osteosynthese, insbesondere das Durchtreten der Schrauben in den Gelenkspalt begünstigen. Zu diesem Zweck wurden die untersuchten Patienten anonymisiert, katalogisiert und diverse Informationen wie Vorerkrankungen, Alter, Frakturtyp etc. gelistet. Bei der Auswertung der Röntgenbilder wurden verschiedene repräsentative Röntgenuntersuchungen aus dem Archiv abfotografiert bzw. bei nach 2006 erstellten Röntgenbildern am Computer vermessen. Hier wurde neben der initialen Knochenbeschaffenheit insbesondere auf den Verlauf der TAD (Tip-Apex-Distance), den Abstand der Schraubenspitze zur Knochengrenze sowie die Entwicklung der Dichte des Oberarmkopfes geachtet. Bei der Auswertung der Ergebnisse konnten wir bestimmte Patienteneigenschaften sowie Nachbehandlungsstrategien mit einem besseren oder schlechteren Heilungsverlauf in Verbindung bringen.

Die proximale Humerusfraktur ist eine Fraktur, die hauptsächlich ältere Frauen > 60 Jahre betrifft. Es sind fast doppelt so viele Frauen wie Männer betroffen, während es kaum einen Unterschied in der Beteiligung des rechten oder linken Armes gibt. In der Mehrzahl der Fälle fanden wir eine dislozierte subkapitale Fraktur ohne Luxationstrauma oder größeren Weichteilschaden, nicht selten mit Beteiligung des großen oder gelegentlich des kleinen Tuberkels.

Über das gesamte Patientenkollektiv ist die Veränderung der TAD statistisch höchst signifikant nachweisbar ($p = 0,0001$), während die Veränderung der Dichte nicht statistisch signifikant ist. Hierbei sprechen wir allerdings nicht von der mittels einer DXA-Messung bestimmten Dichte, sondern von einem durch das Programm Osirix gemessenen Helligkeitsunterschied bei DICOM-Datensätzen.

Das Alter des Patienten hat ebenso wenig einen Einfluss auf die Entwicklung der TAD wie die Komplexität der Fraktur, das Vorliegen eines Polytraumas oder eine vor dem Unfall bestehende Osteoporose. Die Werte zur Osteoporose sind hier allerdings bedingt reprä-

sentativ, da wir davon ausgehen, dass eine Osteoporose - wie auch in der Allgemeinbevölkerung - unter unseren Patienten, obwohl vorhanden, weitgehend nicht diagnostiziert ist. Wir haben auch keinen Zusammenhang der Anzahl von Vorerkrankungen, der Multimorbidität eines Patienten und einer besseren oder schlechteren Heilung der Fraktur gefunden. Anders als die Anzahl der Vorerkrankungen, zeigt deren Art und Weise allerdings einen erheblichen Einfluss auf den Heilungsverlauf. Vor allem das Vorhandensein eines metabolischen Syndroms oder Teilen dieses Symptomenkomplexes in Verbindung mit einer Vorgeschichte mit orthopädischen/unfallchirurgischen Operationen führt zu einem signifikant ungünstigeren Heilungsverlauf. Wir fanden auch einen gewissen Einfluss der Unfallart auf den Heilungsverlauf, sodass z.B. Stürze in alkoholisiertem Zustand, die in unserem Patientenkollektiv überraschend häufig waren, häufiger zu schlechten Ergebnissen führen. Andere mit dem metabolischen Syndrom assoziierte Erkrankungen wie ein hoher BMI sind nur teilweise mit einem ungünstigen Heilungsverlauf in Verbindung zu bringen. Wir fanden, wie auch andere vor uns (s.o.), einen hochnormalen BMI als möglichen protektiven Faktor. Dies gilt allerdings nicht für noch höhere BMI-Werte, bei denen die Entwicklung insbesondere der TAD wieder schlechter wird. Es ist unbedingt notwendig, eine Fraktur anatomisch korrekt zu reponieren, allerdings ist eine Reposition unmittelbar nach dem Unfall nach unseren Ergebnissen nicht unbedingt ratsam und nur bei beeinträchtigter pDMS (peripheren Durchblutung, Motorik, Sensibilität) notwendig. So haben wir zwar keinen Unterschied zwischen der Verwendung eines Gilchrist- oder Desaultverbandes in der Vorbehandlung festgestellt, aber ein schlechteres Abschneiden der Patienten, die präoperativ geschlossen reponiert wurden. Diese frühe Manipulation zeigte bei uns ebenso einen negativen Einfluss auf den Verlauf wie eine früh durchgeführte Operation. Wir schliessen aus unseren Daten, dass ein konservativer Ansatz mit einer innerhalb der ersten Woche durchgeführten Operation bessere Chancen auf einen komplikationslosen Langzeitverlauf hat als eine frühe Intervention mit möglicherweise Ausweitung eines durch den Unfall entstandenen Weichteilschadens und Beeinträchtigung der Blutversorgung des Humeruskopfes. Gestützt wird diese Annahme durch das signifikant schlechtere Abschneiden der Frakturen, die in einer besonders langen Operation versorgt wurden, wobei hier keine Korrelation zur Komplexität der Fraktur besteht. Einen Zusammenhang zwischen einem besonders langen oder kurzen Krankenhausaufenthalt und der Komplikationsentwicklung fanden wir nicht. Bei der Reposition und Planung der Operation ist es von besonderer Bedeutung, auf einen medialen Abstützungspunkt am Kalkar des Humerus zu achten. Ist der Bereich des Kalkars nicht intakt, so ist mit einem schlechteren Heilungsver-

lauf und einer höheren Rate von Schraubendislokationen zu rechnen, da der Osteosynthese ein mediales Widerlager fehlt.

Während die seit langer Zeit etablierte Krankengymnastik und erweiterte ambulante Physiotherapie in unseren Untersuchungen gute Erfolge erzielt, ist die Nachbehandlung mittels einer Continuous-Passive-Motion-Schiene in der bisher vorhandenen Literatur für die proximale Humerusfraktur unterschätzt. Die mit der CPM-Schiene behandelten Patienten zeigen einen von allen anderen Faktoren unabhängig besseren Heilungsverlauf.

Was die Wahl des Osteosynthesematerials betrifft, können wir nur bedingt eine Aussage treffen. Unsere Daten bestätigen die klinische Erfahrung, dass die Dislokation der Schrauben eine häufige Komplikation sowohl der winkelstabilen als auch der nicht-winkelstabilen Osteosynthese ist. Während die nicht-winkelstabilen Schrauben häufig eine Plattenlockerung zeigen, brechen die in winkelstabiler Technik gesetzten Schrauben eher in den Gelenkspalt durch. Dieser Umstand lässt Kritik an beiden Techniken zu, berücksichtigt aber nicht die subjektive Klinik des Patienten. Da wir nur technische Messungen ohne klinische Untersuchungen durchgeführt haben, können wir die in der Literatur beschriebenen Komplikationen in einem Patientenkollektiv von 408 für die proximale Humerusfraktur typischen Patienten nachvollziehen, aber nicht den subjektiven Wert der Verfahren für den Patienten abschätzen. Da fast alle uns bekannten Veröffentlichungen zu diesem Thema (s.o.) ein günstigeres Ergebnis der winkelstabilen Osteosynthesen wie z.B. der PHILOS-Platte für das Krankheitsempfinden des Patienten beschreiben, widersprechen wir dieser Meinung nicht.

Nach unseren Daten raten wir zu einem vorsichtigen Umgang mit der proximalen Humerusfraktur mit möglichst wenig Manipulation in der Zeit direkt nach dem Unfall. Insbesondere ist von frühen Operationen mit erheblichem Weichteilschaden durch offene Reposition sowie von einer unnötigen geschlossenen präoperativen Reposition abzusehen. Was die Technik der Versorgung angeht, sind laut Literatur die winkelstabilen Systeme den nicht-winkelstabilen überlegen. Wir können eine verhältnismäßig hohe Komplikationsrate bei beiden Verfahren nachweisen. Wichtiger als die Wahl des Osteosynthesystems scheint uns die Qualität der Durchführung der operativen Versorgung und vor allem die Operationsplanung. Fehlt die statisch wichtige Funktion des Kalkars des Humerus, steigt die Komplikationsrate signifikant und die Indikation zur primär prothetischen Versorgung sollte großzügiger gestellt werden. Kann die statische Situation vor der Operation projekti-

onsradiographisch nicht genau beurteilt werden, so bietet sich häufiger als im Alltag bei der proximalen Humerusfraktur durchgeführt, eine Operationsplanung mittels CT an.

7 Literaturverzeichnis

- Achtnich A, Forkel P, Metzlaß S, Petersen W (2013): Die arthroskopische Arthrolyse des Ellenbogengelenks. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 25, 1–10
- Atoun E, Narvani A, Even T, Dabasia H, Van Tongel A, Sforza G, Levy O (2013): Management of First-Time Dislocations of the Shoulder in Patients Older Than 40 Years: The Prevalence of Iatrogenic Fracture. *Journal of Orthopaedic Trauma* 27, 190–193
- Bahrs C, Bauer M, Blumenstock G, Eingartner C, Bahrs SD, Tepass A, Weise K, Rolauffs B (2013): The complexity of proximal humeral fractures is age and gender specific. *Journal of Orthopaedic Science* 18, 465–470
- Baker SP, o'Neill B, Haddon Jr W, Long WB (1974): The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 14, 187–196
- Baron JA, Barrett J, Malenka D, Fisher E, Kniffin W, Bubolz T, Tosteson T (1994): Racial differences in fracture risk. *Epidemiology* 5, 42–47
- Baumgaertner MR, Curtin SL, Lindskog DM, Keggi JM (1995): The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 77, 1058–1064
- Beer V, Minder Ch, Hubacher M, Abelin Th (2000): Epidemiologie der Seniorenunfälle. Bfu-Report Nr. 42. Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern
- Behrman MJ, Bigliani LU (1993): Distal humeral replacement after failed continuous passive motion in a T-condylar fracture. *Journal of orthopaedic trauma* 7, 87–89
- Beickert R, Hierholzer C, Bühren V (2006): Diaphysäre Humeruspseudarthrosen. *Trauma und Berufskrankheit* 8, 169–176
- Blum J, Gercek E, Hansen M, Rommens PM (2005): Operative Versorgungsstrategien von Frakturen an der oberen Extremität beim Polytrauma. *Der Unfallchirurg* 108, 843–849
- Bockmann B, Bücking B, Zettl R, Kühne C-A, Ruchholtz S (2012): Plattenosteosynthese von proximalen Humerusfrakturen. *Obere Extremität* 7, 144–149
- Braun BS: Vergleichende mittelfristige klinisch-funktionelle Ergebnisse operativ versorgter proximaler Humerusfrakturen mit einer winkelstabilen Platten- und Nagelosteosynthese. Med. Diss. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2012
- Broos PLO, Sermon A (2004): From unstable internal fixation to biological osteosynthesis. A historical overview of operative fracture treatment. *Acta chirurgica Belgica* 104, 396–400

- Bruch H-P, Trentz O: Berchtold Chirurgie. 5. vollständig aktualisierte und überarbeiteten-Auflage. Seite 402, dort Abbildung 16-102; Elsevier, Urban und Fischer, München 2005
- Bruch H-P, Trentz O: Berchtold Chirurgie. Mit StudentConsult-Zugang. 6. Auflage; Elsevier, Urban Und Fischer, München 2008
- Brunner A, Thormann S, Babst R (2012): Minimal-invasive Plattenosteosynthese proximaler Humerusschaftfrakturen mittels langer PHILOS-Platte. Operative Orthopädie und Traumatologie 24, 302–311
- Bühren V, Keel M, Marzi I, Solodkoff, C v: Checkliste Traumatologie. 7.komplett überarbeitete und erweiterte Auflage; Thieme, Stuttgart 2012
- Charalambous CP, Siddique I, Valluripalli K, Kovacevic M, Panose P, Srinivasan M, Marynissen H (2007): Proximal humeral internal locking system (PHILOS) for the treatment of proximal humeral fractures. Archives of orthopaedic and trauma surgery 127, 205–210
- Chu SP, Kelsey JL, Keegan THM, Sternfeld B, Prill M, Quesenberry CP, Sidney S (2004): Risk factors for proximal humerus fracture. American journal of epidemiology 160, 360–367
- Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM (2001): The epidemiology of proximal humeral fractures. Acta Orthopaedica 72, 365–371
- De Laet C, Kanis JA, Odén A, Johanson H, Johnell O, Delmas P, Eisman JA, Kroger H, Fujiwara S, Garnero P (2005): Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. Osteoporosis International 16, 1330–1338
- Destatis: Statistik des Statistischen Bundesamtes zur proximalen Humerusfraktur. Wiesbaden 2013
- Frigg R, Ulrich D (2003): Innovative implants - a prerequisite for biological osteosynthesis. Revue therapeutique 60, 723
- Gardner MJ, Weil Y, Barker JU, Kelly BT, Helfet DL, Lorich DG (2007): The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. Journal of orthopaedic trauma 21, 185–191
- Geiger EV, Maier M, Kelm A, Wutzler S, Seebach C, Marzi I (2004): Functional outcome and complications following PHILOS plate fixation in proximal humeral fractures. Acta Orthop Traumatol Turc 44, 1–6
- Greco EA, Fornari R, Rossi F, Santiemma V, Prossomariti G, Annoscia C, Aversa A, Brama M, Marini M, Donini LM (2010): Is obesity protective for osteoporosis? Evaluation of bone mineral density in individuals with high body mass index. International journal of clinical practice 64, 817–820
- Griffin MR, Ray WA, Fought RL, Melton LJr (1992): Black-white differences in fracture rates. Am J Epidemiol 136, 1378–1385

- Hadji P, Klein S, Gothe H, Häussler B, Kless T, Schmidt T, Steinle T, Verheyen F, Linder R (2013): The epidemiology of osteoporosis - Bone Evaluation Study (BEST). An analysis of routine health insurance data. *Deutsches Ärzteblatt* 110, 52-57
- Handoll HH, Gibson JN, Madhok R (2003): Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 4
- Handoll HH, Ollivere BJ, Rollins KE (2012): Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 12
- Hardeman F, Bollars P, Donnelly M, Bellemans J, Nijs S (2012): Predictive factors for functional outcome and failure in angular stable osteosynthesis of the proximal humerus. *Injury* 43, 153–158
- Hernández JL, Olmos JM, González-Macías J (2011): Metabolic syndrome, fractures and gender. *Maturitas* 68, 217–223
- Herold G: Innere Medizin. Eine vorlesungsorientierte Darstellung. 1. Auflage; Gerd Herold Verlag, Köln 2013
- Hintermann B, Trouillier HH, Schäfer D (2000): Rigid internal fixation of fractures of the proximal humerus in older patients. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 82, 1107–1112
- Hodgson SA, Mawson SJ, Stanley D (2003): Rehabilitation after two-part fractures of the neck of the humerus. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 85, 419–422
- Hodgson SA, Mawson SJ, Saxton JM, Stanley D (2007): Rehabilitation of two-part fractures of the neck of the humerus. Two-year follow-up. *Journal of Shoulder & Elbow Surgery, British Volume* 16, 143–145
- Jaeger M, Izadpanah K, Maier D, Reising K, Strohm PC, Südkamp NP (2012): Frakturen des Humeruskopfes. *Der Chirurg* 83, 285–296
- AO Trauma Website a: www.aotrauma.org → surgery reference → proximal humerus
- AO Trauma Website b: www.aotrauma.org → surgery reference → proximal humerus
- AO Trauma Website c: www.aotrauma.org → surgery reference → proximal humerus
- AO Trauma Website d: www.aotrauma.org → surgery reference → proximal humerus → Reduction & Fixation → A1.1 → Nonoperative treatment → 3 Shoulder immobilization
- AO Trauma Website e: www.aotrauma.org → surgery reference → Reduction & Fixation → A1.2 → Closed reduction; screw fixation → 3 Fixation of the greater tuberosity, hier zweites Bild
- AO Traume Website f: www.aotrauma.org → surgery reference → Reduction & Fixation → A2 → Closed reduction; nail fixation → 1 Principles, hier viertes Bild

- AO Trauma Website g: www.aotrauma.org → surgery reference → Reduction & Fixation → A2 → Closed reduction; nail fixation → 1 Principles, hier erstes Bild
- AO Trauma Website h: www.aotrauma.org → surgery reference → Reduction & Fixation → A3 → Open reduction; plate fixation → 10 Plate fixation, hier zehntes Bild
- AO Trauma Website i: www.aotrauma.org → surgery reference → Reduction & Fixation → B2 → 12 Finalizing the osteosynthesis
- Jost B, Spross C, Grehn H, Gerber C: Locking plate fixation of fractures of the proximal humerus (2012): analysis of complications, revision strategies and outcome. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 22, 542-549
- Jung W-B, Moon E-S, Kim S-K, Kovacevic D, Kim M-S (2013): Does medial support decrease major complications of unstable proximal humerus fractures treated with locking plate? *BMC musculoskeletal disorders* 14, 102
- Kelsey JL, Browner WS, Seeley DG, Nevitt MC, Cummings SR (1992): Risk factors for fractures of the distal forearm and proximal humerus. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Am J Epidemiology* 135, 477–489
- Koithan W, Oestern H-J (2005): Die proximale Humerusfraktur in der Alterstraumatologie. *OP-JOURNAL* 21, 144–153
- König DP, Popken F: Periphere Metastasen Chirurgie. Fortbildung Osteologie 1. Steinkopff, Darmstadt 2006
- Kostuj T, Smektala R, Schulze-Raestrup U, Müller-Mai C (2013): Pertrochantäre Frakturen. *Unfallchirurg* 116, 53–60
- Koval KJ, Sanders R, Zuckerman JD, Helfet DL, Kummer F, DiPasquale T (1993): Modified-tension band wiring of displaced surgical neck fractures of the humerus. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2, 85–92
- Krettek C, Simon RG, Tscherne H (1998): Management priorities in patients with polytrauma. *Langenbecks Arch Surg* 383, 220–227
- Lee SH, Dargent-Molina P, Breart G (2002): Risk factors for fractures of the proximal humerus: results from the EPIDOS prospective study. *J Bone Miner Res* 17, 817–825
- Lill H, Blum J: Die proximale Humerusfraktur: neue Techniken - neue Implantate - Tipps und Tricks. Hrsg. von Lill H. Mit Beiträgen von Blum J. Thieme, Stuttgart 2006
- Lill H, Ellwein A, Katthagen C, Voigt C (2012): Osteoporotische Frakturen am proximalen Humerus. *Der Chirurg* 83, 858–865
- Lill H, Josten C (2000): Proximale und distale Humerusfrakturen im hohen Alter. *Der Orthopäde* 29, 327–341
- Lill H, Josten C (2001): Konservative oder operative Versorgung der Humeruskopffraktur beim alten Menschen? *Der Chirurg* 72, 1224–1234

- Lindemann-Sperfeld L, Lindemann-Sperfeld W, Kern B-C, Marintschev I, Otto W (2000): Komplexverletzung des Schultergürtels. *Trauma und Berufskrankheit* 2, 240–248
- Martinez AA, Cuenca J, Herrera A (2009): Philos plate fixation for proximal humeral fractures. *J Orthop Surg Hong Kong* 17, 10–14
- Mathews J, Lobenhoffer P (2004): Ergebnisse der Versorgung instabiler Oberarmkopffrakturen bei geriatrischen Patienten mit einem neuen winkelstabilen antegraden Marknagelsystem. *Der Unfallchirurg* 107, 372–380
- McFarlane SI (2006): Bone metabolism and the cardiometabolic syndrome: pathophysiologic insights. *Journal of the cardiometabolic syndrome* 1, 53–57
- Moonot P, Ashwood N, Hamlet M (2007): Early results for treatment of three-and four-part fractures of the proximal humerus using the PHILOS plate system. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 89, 1206–1209
- Neer CS (1970): Four segment classification of proximal humeral fractures: purpose and reliable use, *Journal of Shoulder & Elbow Surgery* 11, 389-400
- Nguyen TV, Center JR, Sambrook PN, Eisman JA (2001): Risk Factors for Proximal Humerus, Forearm, and Wrist Fractures in Elderly Men and Women The Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *American Journal of Epidemiology* 153, 587–595
- O’Driscoll SW, Giori NJ (2000): Continuous passive motion (CPM): theory and principles of clinical application. *J Rehabil Res Dev* 37, 179–188
- Osterhoff G, Ossendorf C, Wanner GA, Simmen H-P, Werner CM (2011): The calcar screw in angular stable plate fixation of proximal humeral fractures—a case study. *J Orthop Surg Res* 6, 50
- Panagopoulos A, Tsoumpas P, Evangelou K, Georgiou C, Triantafillopoulos I (2013): Late prosthetic shoulder hemiarthroplasty after failed management of complex proximal humeral fractures. *Adv Orthop* 2013, Artikel 403580, 9 Seiten
- Pannike A, Siebert H, Kron H, Weidner R (1981): Behandlungsgrundsätze und Prioritäten des Polytraumas in der Unfallchirurgie. *Unfallchirurgie* 7, 76–85
- Pawaskar AC, Lee K-W, Kim J-M, Park J-W, Aminata IW, Jung H-J, Chun J-M, Jeon I-H (2012): Locking Plate for Proximal Humeral Fracture in the Elderly Population: Serial Change of Neck Shaft Angle. *Clinics in orthopedic surgery* 4, 209–215
- Perka C, Strube P (2011): Influence of gender and fixation stability on bone defect healing in middle-aged rats: a pilot study. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 469, 3102–3110
- Plecko M (2011): Kongressband des 43. Fortbildungsseminars der Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Eigenverlag der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt FVZ Wien, 32 - 45

- Plecko M, Kraus A (2005): Die winkelstabile Plattenosteosynthese bei Frakturen am proximalen Humerus mit der LPHP (Locking proximal humerus plate). Operative Orthopädie und Traumatologie 17, 25–50
- Pollähne W, Minne HW (2001): Epidemiologie, Diagnostik und klinisches Bild der Osteoporose. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 44, 32–36
- Pschyrembel W: Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 266. Auflage; De Gruyter, Berlin 2014
- Resch H, Fröhlich R, Wambacher M (1997): Percutaneous fixation of three-and four-part fractures of the proximal humerus. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume 79, 295–300
- Roux A, Decroocq L, El Batti S, Bonneville N, Moineau G, Trojani C, Boileau P, de Peretti F (2012): Epidemiology of proximal humerus fractures managed in a trauma center. Orthop Traumatol Surg Res 98, 715–719
- Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG: AO Principles of Fracture Management. Band 2; Thieme, Stuttgart 2007
- Salter RB, Hamilton HW, Wedge JH, Tile M, Torode IP, O'Driscoll SW, Murnaghan JJ, Sarringer JH (1984): Clinical application of basic research on continuous passive motion for disorders and injuries of synovial joints: a preliminary report of a feasibility study. J Orthop Res 1, 325–342
- Sawyer GA, Hayda R (2011): Upper-extremity deep venous thrombosis following humeral shaft fracture. Orthopedics 34, 141
- Schaumlöffel HB: Entwicklung eines Modells zur Untersuchung des Einflusses eines Weichteilschadens auf die Frakturheilung. Med. Diss. Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Homburg-Saar 2012
- Schieker M, Jakob F, Amling M, Mutschler W, Böcker W (2011): Versorgung osteoporotischer Frakturen aus traumatologischer Sicht. Osteologie 20, 5–10
- Schinke M: Intramedulläre Osteosynthese von Humerusfrakturen: Ergebnisse des Einsatzes eines langen antegraden Verriegelungsnagel-Systems (Targon PH). Med. Diss. Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Hamburg-Eppendorf 2006
- Schittko A, Rüter A (2003): Die proximale Humerusfraktur im hohen Lebensalter. Der Chirurg 74, 990–993
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K: Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat. 2. Auflage; Thieme, Stuttgart 2007
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K: Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat. 2. Auflage Seite 257, dort Abbildung - Articulatio acromioclavicularis und Bandapparat - ; Thieme, Stuttgart 2007 a

- Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K: Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat. 2. Auflage Seite 256, dort Abbildung - Die fünf Gelenke der Schulter - ; Thieme, Stuttgart 2007 b
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K: Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat. 2. Auflage Seite 355, dort Abbildung - Verlauf des Plexus brachialis und seine Projektion auf den Thorax nach Durchtritt durch die Skalenuslücke - ; Thieme, Stuttgart 2007 c
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K: Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat. 2. Auflage Seite 349, dort Abbildung - Arterien der rechten oberen Extremität - ; Thieme, Stuttgart 2007 d
- Soffer SR, Yahiro MA (1990): Continuous passive motion after internal fixation of distal humerus fractures. Orthop Rev 19, 88–93
- Suter PM: Alkohol und Stoffwechsel. Springer, Berlin 2005, 287–298
- Toepler E (2012): Erfolgsfaktoren für die Zusammenarbeit in einem Netzwerk. Trauma und Berufskrankheit 14, 140–143
- Tscherne H, Oestern HJ, Sturm J (1983): Osteosynthesis of major fractures in polytrauma. World journal of surgery 7, 80–87
- Wanner GA, Simmen H-P, Werner CML (2013): Mediale Abstützung mit kortikalem intramedullärem Interponat bei winkelstabiler Plattenosteosynthese der proximalen Humerusfraktur. Obere Extremität 8, 170-175
- Zhang S, Li H, Tao H, Li H, Cho S, Hua Y (2013): Delayed Early Passive Motion Is Harmless to Shoulder Rotator Cuff Healing in a Rabbit Model. The American journal of Sports Medicine 41, 1885 - 1892
- Ziese T (2003): T 1 Der telefonische Gesundheitssurvey 2003 – Baustein zum Gesundheitsmonitoringsystem für Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes 5 zur Osteoporose

Danksagungen

Mein Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater und Betreuer, Herrn Professor Dr. Dresing, der sich über Jahre immer Zeit genommen hat, auf alle Fragen schnell und freundlich zu antworten.

Des weiteren danke ich Herrn Dr. Christian Röver aus dem Institut für Medizinische Statistik an der Universität Göttingen sowie den studentischen Mitarbeitern, die für Fragen bezüglich der statistischen Auswertung immer zur Verfügung standen. In besonderem Maße hat mich Frau Renate Laut aus der Abteilung für Ethik und Geschichte der Medizin bei der Ausarbeitung der Form dieser Arbeit unterstützt und dabei viel Zeit und Energie investiert.

Ohne die Unterstützung meines Betreuers und Doktorvaters sowie vieler anderer Mitarbeiter der Georg-August-Universität Göttingen hätte ich diese Arbeit nicht rechtzeitig zum Ende meines Studiums und zu meiner Zufriedenheit fertigstellen können.

Vielen Dank!

Lebenslauf

Mein Name ist Tobias Himmelmann, ich wurde am 19.02.1984 in Dortmund geboren. Meine Eltern sind Marlene Himmelmann, geboren am 20.02.1952, von Beruf Medizinisch-Technische Assistentin und Homöopathin und Dr. Werner Himmelmann, geboren am 08.12.1939, von Beruf Anwalt und Notar in Dortmund.

Ich habe von 1990 bis 1994 die Kerschensteiner Grundschule in Dortmund besucht und wechselte danach auf das Stadtgymnasium Dortmund, das ich im Jahre 2003 mit der Erlangung des Abiturs abschloss. Während der 11. Schulklasse verbrachte ich ein Jahr im Ausland und besuchte in Vollzeit das Bradfield College in Reading, England. Nach dem Abitur schloss ich die Ausbildungen zum Rettungssanitäter und Rettungsassistenten von 2003 bis 2005 ab und absolvierte im Folgenden in den Jahren 2006 die Ausbildung zum Lehrrettungsassistenten und 2007 die Ausbilderprüfung der IHK und die Ausbildung zum Betriebswirt für Medizinberufe erfolgreich.

Im Jahre 2008 begann ich das Studium der Humanmedizin an der Georg-August-Universität zu Göttingen. Ich konnte ohne Verzögerung nach vier Semestern das Physikum mit der Note 2,5 erfolgreich abschliessen. Während des folgenden klinischen Studienabschnittes arbeitete ich neben dem Studium im Jahr 2010 für einige Zeit im Rettungsdienst des DRK Göttingen, bis ich meine Doktorarbeit in der Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Göttingen begann. Ab dieser Zeit arbeitete ich bis zum Ende meines praktischen Jahres am 31. Januar 2014 ebenfalls in dieser Abteilung als Hilfswissenschaftliche Kraft. Ich habe mein Medizinstudium im Frühjahr 2014 abgeschlossen. Seit dem 01.07.2014 arbeite ich im MVZ für Radiologie Prof. Dr. Uhlenbrock und Partner in Dortmund.

Datum, Unterschrift