

Fakultät für Medizin der Technischen Universität München

Retrospektive Analyse zur Fraktur des Tuberkulum majus

Felix Otto Zimmermann

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfende/-r der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. Chlodwig Kirchhoff
2. Prof. Dr. Rüdiger von Eisenhart-Rothe

Die Dissertation wurde am 13.03.2018 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 07.11.2018 angenommen.

Gewidmet meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen/Einheiten	5
1 Einleitung	6
2 Grundlagen	7
2.1 Anatomie	7
Das Schultergelenk	7
Gelenkkapsel und Bandapparat	8
Muskulatur des Schulterglenks	9
Gefäße und Nerven	10
Biomechanik des Schultergürtels	11
2.2 Die proximale Humerusfraktur	13
2.3 Die isolierte Fraktur des Tuberkulum majus	14
Epidemiologie	14
Frakturmechanismen	15
Assoziierte Verletzungen	16
Frakturklassifikation	17
Diagnostik	20
Therapie	22
Komplikationen	23
3 Fragestellung	25
4 Material und Methoden	27
4.1 Patientenkollektiv	27
Einschlusskriterien	27
Ausschlusskriterien	27
4.2 Ethikvotum	27
4.3 Therapiearten	27
Konservative Therapie	28
Operative Therapie	28
4.4 Nachuntersuchung	30
4.5 Munich Shoulder Questionnaire (MSQ)	30
4.6 Short Form-36 (SF-36)	34
4.7 Auswertung der MRT- / CT- / Röntgenbilder	38
4.8 Statistische Auswertung	38

5	Ergebnisse	39
5.1	Deskriptive Statistik	39
	Demographische Daten	39
	Munich Shoulder Questionnaire (MSQ)	42
	Short Form-36 (SF-36)	49
	Komplikationen	52
5.2	Vergleichende Statistik	53
	Traumamechanismus: Luxation vs. Direkter Anprall	53
	Therapie: Operativ vs. Konservativ	60
	Subgruppenanalyse - operativ versorgte Patienten - Anprall vs. Luxation	67
6	Diskussion	69
6.1	Resultate der Nachuntersuchung	69
6.2	Resultate der konservativen Therapie in unserer Nachuntersuchung im Vergleich zu publizierten Studien	72
6.3	Resultate der operativen Therapie in unserer Nachuntersuchung im Vergleich zu publizierten Studien	75
6.4	Komplikationen	86
6.5	Limitationen	88
7	Zusammenfassung	90
8	Abbildungsverzeichnis	93
9	Tabellenverzeichnis	95
10	Literaturverzeichnis	96
11	Danksagung	104

Abkürzungen/Einheiten

Abkürzungen

A. / Aa.	Arteria / Arteriae
Art.	Articulatio
a.p.	anterior-posterior
CT	Computertomographie
Lig. / Ligg.	Ligamentum / Ligamenta
M. / Mm.	Musculus / Musculi
N.	Nervus
Proc.	Processus
V.	Vena

Einheiten

mm	Millimeter
cm	Zentimeter
°	Winkelgrad
%	Prozent

1 Einleitung

Proximale Humerusfrakturen machen 4-5% aller Frakturen und etwa 50% der Humerusfrakturen aus. Sie sind nach der proximalen Femur- und der distalen Radiusfraktur die dritthäufigste Fraktur beim Menschen. Die Inzidenz ist, wie Palvanen et al. in ihrer Studie zeigten, seit den 1970er Jahren deutlich gestiegen, was auch durch die gesteigerte Lebenserwartung begründet ist. (Palvanen, et al., 2006)

Zu den proximalen Humerusfrakturen werden unter anderem auch die Frakturen des Tuberkulum majus gezählt. Während die Mehrzahl der proximalen Humerusfrakturen, Frakturen des älteren, an Osteoporose leidenden Patienten sind, treten Frakturen des Tuberkulum majus häufiger bei jungen Patienten ohne internistische Komorbiditäten auf.

Im Jahr 1970 veröffentlichte der amerikanische Chirurg Charles S. Neer nach einer Untersuchung von 300 proximalen Humerusfrakturen am New York Orthopaedic Hospital-Columbia-Presbyterian Medical Center zwischen 1953 und 1967 seine bis heute gebräuchliche Klassifikation. Die Einteilung von Neer unterscheidet grundsätzlich zwischen nicht- bzw. minimal-dislozierten Frakturen, die größtenteils konservativ therapiert werden können, und dislozierten Frakturen. (Neer, 1970)

Das grundlegende Konzept der Differenzierung nach dem Dislokationsgrad und die Ableitung der Therapie daraus ist bis heute, auch bei möglicherweise anderen Grenzwerten, gültig und bildet auch heute noch die Grundlage der Therapieentscheidung. Unbeachtet in der Klassifikation von Neer bleibt allerdings der Frakturmechanismus. Damit bleibt unklar inwieweit dieser die Therapieentscheidung beeinflussen sollte.

Ziel der vorgestellten Studie war daher die klinische Nachuntersuchung der Patienten, die Auswertung der Bildgebung und unter anderem auch die Bestimmung der Korrelation zwischen Therapieform und Frakturmechanismus.

2 Grundlagen

2.1 Anatomie

Das Schultergelenk

Die Schulter ist aus insgesamt fünf Gelenken aufgebaut. Dabei handelt es sich zum einen um drei echte Gelenke: das Articulatio glenohumeralis (humeri), das Articulatio sternoclavicularis und das Articulatio acromioclavicularis. Außerdem gibt es noch zwei Nebengelenke: das subakromiale Nebengelenk und das „Schulterblatt-Thorax-Gelenk“, wobei es sich bei diesem nicht um ein Gelenk im eigentlichen Sinne handelt, sondern um eine lockere Bindegewebsverbindung, die eine Bewegung der Scapula gegen die Thoraxwand ermöglicht. Zusätzlich sind zwei Bandverbindungen für die freie Beweglichkeit der oberen Extremität notwendig. Diese werden von den Ligg. costoclaviculare und coracoclaviculare gebildet. (Schünke, et al., 2007)

Beim eigentlichen Schultergelenk, dem Art. humeri, handelt es sich um ein Kugelgelenk, in welchem der Humeruskopf und die Cavitas glenoidalis, die als Gelenkpfanne fungiert, artikulieren.

Auf den überknorpelten, halbkugeligen Caput humeri am Oberarmknochen folgt nach distal das Collum anatomicum humeri, welches das Caput vom Schaft und den Tubercula majus und minus abtrennt. Die beiden Tubercula -hauptsächlich das Tuberkulum majus- dienen als Ansatzpunkt für Muskeln der Rotatorenmanschette und werden durch den Sulcus intertubercularis humeri voneinander getrennt. In diesem verläuft die lange Sehne des M. biceps brachii. Distal der Tubercula folgt das Collum chirurgicum humeri. (Aumüller, et al., 2010)

Wie Iannotti et al. zeigten, ist die kranialste Stelle des Art. humeri $8 \pm 3,2$ mm über dem proximalsten Punkt des Tuberkulum majus. Dieser Abstand entscheidet über den subacromialen Freiraum. Falls dieser, bei einer dislozierten Tuberkulum majus-Fraktur zum Beispiel, verringert ist, besteht eine große Wahrscheinlichkeit, dass das Tuberkulum majus unter anderem bei Abduktion des Arms im Glenohumeralgelenk durch das Acromion gestoppt wird. Es kommt dann zu einem symptomatischen subakromialen Impingement und limitierter Abduktion. (Iannotti, et al., 1992) (Yin, et al., 2012)

Die Cavitas glenoidalis, die die Gelenkpfanne im Art. humeri darstellt, wird von der Scapula gebildet. Die Gelenkfläche, also der überknorpelte Teil, der Cavitas glenoidalis beträgt nur 25-33% der Gelenkfläche des Humeruskopfes. Darüber hinaus ist die Gelenkpfanne der Schulter, im Vergleich zum Beispiel zur Gelenkpfanne des Hüftgelenks, nur von geringer Tiefe, was auch wesentlich zur Luxationsanfälligkeit des Schultergelenks beiträgt. Etwas verbessert wird das Verhältnis zwischen

Humeruskopf und Cavitas glenoidalis durch eine faserknorpelige Gelenkklippe, dem Labrum glenoidale, welche die Gelenkpfanne vertieft und vor allem die Kontaktfläche zwischen den beiden Gelenkpartnern vergrößert. Durch diese Oberflächenvergrößerung trägt das Labrum glenoidale einen entscheidenden Beitrag zur Gelenkstabilität bei. (Aumüller, et al., 2010) (Schünke, et al., 2007)

Das Fornix humeri kranial über der Cavitas glenoidalis wird durch die beiden Knochenvorsprünge der Scapula –Acromion und Processus coracoideus- und dem Ligamentum coracoacromiale, welches die beiden miteinander verbindet, gebildet. Als Dach des Articulatio humeri dient das Fornix humeri als Luxationsschutz gegen kraniale Dislokationen des Humerus. (Schünke, et al., 2007)

Gelenkkapsel und Bandapparat

Die Gelenkkapsel des Art. humeri ist weit und bildet eine schlaaffe Aussackung, Recessus axillaris genannt. Dieser Recessus wird bei Abduktions- und Elevationsbewegungen entfaltet und angespannt. Ohne diesen wären ebensolche Bewegungen, aufgrund der dann zu engen Gelenkkapsel, nicht möglich. Gleichzeitig bietet die Gelenkkapsel durch den Recessus axillaris aber auch kaum Schutz vor Luxationen. (Aumüller, et al., 2010)

Die Knorpel-Knochen-Grenze am Humerus und an der Scapula und das Labrum glenoidale sind die Ansatzpunkte der Gelenkkapsel. Die Tubercula liegen folglich meist extrakapsulär. Durch Bänder wird die dünne Gelenkkapsel nur geringgradig, im Unterschied zu anderen Gelenken, verstärkt. Ventral sind das die Ligg. glenohumeralia superius, medium und inferius und kranial das Lig. coracohumerale. Diese sind alle bei Außenrotation angespannt, das Lig. glenohumerale inferior zusätzlich auch bei Abduktion. (Aumüller, et al., 2010)

Das Lig. coracoacromiale, das Acromion und der Proc. coracoideus, welche das sogenannte Fornix humeri bilden und die Sehne des Caput longum des M. bicipitis brachii, welche intraartikulär vom Sulcus intertubercularis oben über den gesamten Humeruskopf zum Tuberkulum supraglenoidale am Oberrand der Gelenkpfanne verläuft, helfen bei der Stabilisation des Humeruskopfes in der Pfanne und begrenzen eine Bewegung des Humerus nach kranial. (Aumüller, et al., 2010) (Green & Izzi, 2003)

Die beiden wichtigsten Schleimbeutel des Schultergelenkes, die Bursa subacromialis und die Bursa subdeltoida liegen kranial und lateral des Gelenkmittelpunktes und sind wichtig zur Reibungsminderung, aber gleichzeitig auch anfällig für Bursitiden. Die Bursa subacromialis ist zudem auch ein wichtiger Puffer zwischen Acromion und Art. humeri. (Schünke, et al., 2007)

Muskulatur des Schulterglenks

Durch das oben beschriebene Missverhältnis zwischen Humeruskopf und Cavitas glenoidalis, die schlaaffe Gelenkkapsel und die geringgradige Bandsicherung im Art. humeri ist die Muskulatur essenziell für die Gelenksicherung. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem muskelgesicherten Gelenk. (Aumüller, et al., 2010)

Den wichtigsten Luxationsschutz stellt die Rotatorenmanschette dar, diese strahlt mit ihren Ansatzsehnen in die Gelenkkapsel ein, wodurch die Kapsel bei Kontraktion der Muskulatur gestrafft wird. Zur Rotatorenmanschette werden die Mm. supraspinatus, infraspinatus und teres minor, welche allesamt am Tuberkulum majus ansetzen, und der M. subscapularis, welcher am Tuberkulum minus ansetzt, gezählt. Die Sehne des M. supraspinatus setzt, wie Minagawa et al. in ihrer Untersuchung zeigten, kranial des ventralen Teils des Tuberkulum majus an, die Sehne des M. infraspinatus dagegen kaudal. Die Ansatzsehne des M. subscapularis setzt am dorsalen Teil des Tuberkulum majus an. (Schünke, et al., 2007) (Minagawa, et al., 1998)

Der M. supraspinatus entspringt an der Scapula in der Fossa supraspinata. Er ist hauptsächlich für die Initialisierung der Abduktionsbewegung zuständig. Für die weitere Abduktion im glenohumeralen Gelenk ist dann der M. deltoideus zuständig. Auf seinem Weg zur Ansatzstelle am Humerus zieht die Sehne des M. supraspinatus unter dem Fornix humeri durch. Dieser subacromiale Raum wird vor allem bei einer Abduktionsbewegung zwischen 60-120°, durch die Annäherung des Tuberkulum majus an das Fornix humeri, eingeengt. Dies kann zu einer Einklemmung der Sehne des M. supraspinatus führen. (Aumüller, et al., 2010) (Gruson, et al., 2008)

Aus der Fossa infraspinata, also auf der Dorsalseite der Scapula, entspringt der M. infraspinatus. Wie oben erwähnt, zieht auch er zum Tuberkulum majus. Er ist hauptsächlich für die Außenrotation im Art. humeri zuständig. (Schünke, et al., 2007)

Der M. teres minor ist ein weiterer Muskel der Rotatorenmanschette, der am Tuberkulum majus ansetzt. Auch er kann wie der M. infraspinatus den Humerus außenrotieren. Beide, der M. teres minor und der M. infraspinatus, können darüber hinaus abhängig von der Gelenkstellung eine schwache Abduktions- oder eine Adduktionsbewegung ausführen. (Aumüller, et al., 2010)

Als der einzige, am Tuberkulum minus ansetzende, Muskel verläuft der M. subscapularis ventral der Scapula von seinem Ursprung, der Fossa subscapularis, zu seiner Ansatzstelle. Er führt die Innenrotationsbewegung im Art. humeri aus. (Schünke, et al., 2007) (Gruson, et al., 2008)

Neben ihrer rotierenden Wirkung hat die Rotatorenmanschette auch eine wichtige Aufgabe im Luxationsschutz. Diese wird vor allem durch die kaudal verlaufenden Fasern der *M. subscapularis*, *infraspinatus* und *teres minor* erfüllt. Sie wirken der drohenden Kranialisierung des Humeruskopfes bei Abduktion durch den *M. deltoideus* entgegen und zentrieren diesen in der Gelenkpfanne. (Aumüller, et al., 2010)

Der gerade erwähnte *M. deltoideus* ist der größte Muskel des Schultergelenks, er umschließt die übrigen Muskeln nach außen und bildet dadurch wesentlich die Schulteroberflächenkontur. Er ist der wirksamste Abduktor bei weiter fortgeschrittener Abduktion und besteht aus drei Teilen: von ventral nach dorsal sind das die *Pars clavicularis*, die *Pars acromialis* und die *Pars spinalis*. Jeder dieser Teile führt abhängig von der Gelenkstellung eine andere Bewegung aus. (Schünke, et al., 2007)

Weitere Muskeln, die am Humerus ansetzen und Bewegungen im *Art. humeri* ausführen, sind die *M. latissimus dorsi*, *M. pectoralis major* –die Hauptadduktoren-, *M. teres major*, und der *M. coracobrachialis*. (Aumüller, et al., 2010) (Minagawa, et al., 1998) (Gruson, et al., 2008)

Gefäße und Nerven

Für die arterielle Versorgung der oberen Extremität ist hauptsächlich die *A. subclavia* zuständig. Sie entspringt rechts aus dem *Truncus brachiocephalicus*, einem Ast der *Aorta ascendens*, links direkt aus der *Aorta*. (Aumüller, et al., 2010)

Zu Beginn ihres Verlaufs gibt die *A. subclavia* den *Truncus thyrocervicalis* ab, aus welchem sich die zum *M. supraspinatus* ziehende *A. suprascapularis* abzweigt. Im weiteren Verlauf wird die *A. subclavia* zur *A. axillaris*, welche unter anderem die *A. thoracoacromialis* abgibt, die mit ihrem *R. deltoideus* den *M. deltoideus* versorgt. Darüber hinaus besitzt die *A. thoracoacromialis* einen *Ramus acromialis*, welcher mit der *A. circumflexa humeri posterior* und der *A. suprascapularis* das *Rete acromialis* -ein für die Versorgung des Acromions wichtiges Gefäßnetz bildet. Weiter distal entspringen aus der *A. axillaris* die *A. circumflexa humeri posterior* und anschließend die *A. circumflexa humeri anterior*. Diese beiden Arterien wiederum anastomosieren auf Höhe des *Collum chirurgicum*. Diese Anastomose ermöglicht auch bei Unterbrechung des Blutflusses in einer der beiden Arterien eine Versorgung der Humerusepiphyse. Vor allem die *A. circumflexa anterior*, die parallel zum lateralen Rand der langen Bizepssehne verläuft, ist für die Versorgung großer Teile der Humerusepiphyse zuständig, die *A. circumflexa posterior* dagegen versorgt nur einen posterioren Teil des *Tuberculum majus* und einen kleinen posteriorinferioren Teil des Humeruskopfes. (Gerber, et al., 1990) (Gruson, et al., 2008)

Eine Ruptur bzw. ein Verschluss der Arteria circumflexa humeri anterior et posterior führt, aufgrund der oben genannten Anastomose der beiden, nicht zwangsläufig zu einer Osteonekrose des Humeruskopfes: Gerber et al. kamen zu dem Ergebnis, dass für die Perfusion des gesamten Humeruskopfes eine durchgängige A. circumflexa anterior wichtig ist. Brooks et al. jedoch zeigten auch, dass eine Ruptur der A. circumflexa humeri anterior, welche hauptsächlich diese Anastomose speist, nicht zwangsläufig zu einer Osteonekrose führen muss, da die Perfusion durch viele intraossäre Anastomosen aufrecht gehalten wird. (Gerber, et al., 1990) (Brooks, et al., 1993)

Der venöse Abfluss aus der Schulterregion erfolgt über die mit den Arterien verlaufenden gleichnamigen Venen in die Vena subclavia, welche mit der Vena jugularis zur Vena brachiocephalica dextra bzw. sinistra wird. Diese beiden bilden zusammen die Vena cava superior. (Schünke, et al., 2007)

Die für die Innervation der Schultermuskulatur zuständigen Nerven entspringen dem Plexus brachialis, der von den Segmenten C5-Th1 gebildet wird. Der Plexus brachialis bildet die drei Fasciculi posterior, lateralis und medialis. Der N. axillaris, welcher für die motorische Innervation des M. deltoideus und teres minor zuständig ist, steht in engem räumlichem Zusammenhang mit dem Schultergelenk und entstammt dem Fasciculus posterior. Auf seinem Weg verläuft der N. axillaris mit der A. circumflexa posterior um den Humerus. Aufgrund dieser Lokalisation sind der N. axillaris, genau wie die Arteria circumflexa anterior und posterior, bei proximalen Humerusfrakturen, was eine Verletzung oder Ruptur betrifft, gefährdet. (Schünke, et al., 2007)

Biomechanik des Schultergürtels

Wie schon oben erwähnt handelt es sich beim Art. humeri um ein Kugelgelenk. Es besitzt somit 3 Freiheitsgrade. Wenn man das Art. humeri isoliert betrachtet, dann ist der Bewegungsumfang in der Sagittalebene 120° (Anteversion/Retroversion $90^\circ/0^\circ/30^\circ$), in der Frontalebene auch 120° (Adduktion/Abduktion $30^\circ/0^\circ/90^\circ$) und in der Transversalebene 130° (Innenrotation/Außenrotation $70^\circ/0^\circ/60^\circ$). Der Bewegungsumfang des kompletten Schultergürtels wird, was die Anteversion- und Abduktionsbewegungen betrifft, durch das Schulterblatt-Thorax-Gelenk, das Acromioclaviculargelenk und durch das Art. sternoclaviculare wesentlich vergrößert, indem diese Gelenke eine Bewegung der Gelenkpfanne gegenüber dem Rumpf ermöglichen. (Aumüller, et al., 2010)

Eine Abduktionsbewegung aus der Neutral-Null-Stellung, ohne das Zusammenspiel dieser Gelenke wäre sonst, wie oben genannt, bei 90° limitiert, denn der subacromiale Raum ist so eng, dass das Tuberkulum majus nicht unter das Acromion eintauchen kann. Deshalb ist eine vollständige

Abduktion von 160-170° nur möglich, wenn sich die Scapula gegen die Thoraxwand verschiebt. Die Scapula beginnt mit ihrer Bewegung aber nicht erst nach vollständigem Ausreizen der Bewegung im Glenohumeralgelenk, sondern bereits am Anfang der Abduktionsbewegung. Dadurch wird ermöglicht, dass sich die Cavitas glenoidalis immer in einer optimalen Position zum Caput humeri befindet, um eine größtmögliche Stabilität zu erreichen. Somit wird eine ständige Zentrierung des Humeruskopfes in die Gelenkpfanne gewährleistet. (Schünke, et al., 2007) (Aumüller, et al., 2010)

Ausschlaggebend für die Bewegung der Scapula gegen den Thorax ist die Clavicula mit ihren beiden Gelenkverbindungen: dem Art. acromioclaviculare und dem Art. sternoclaviculare. Im Sternoclaviculargelenk kann sich die Clavicula um eine sagittale und vertikale Achse bewegen. Darüber hinaus kann die Clavicula um 30° in der Längsachse bei einer Elevation des Oberarms rotieren. Die, für die Elevation oder Adduktion des Armes im Glenohumeralgelenk, nötige Rotation der Scapula um eine Längsachse wird durch das Scapula-Thorax-Gelenk und das Art. acromioclaviculare ermöglicht. (Aumüller, et al., 2010)

2.2 Die proximale Humerusfraktur

Proximale Humerusfrakturen sind mit einem Anteil von 4-5% aller Frakturen nach der proximalen Femur- und der distalen Radiusfraktur die dritthäufigste Fraktur beim Menschen. (Palvanen, et al., 2006)

Die überwiegende Mehrheit der Frakturen entsteht durch Niedrigenergietraumata ohne große Krafteinwirkungen und ist osteoporoseassoziiert. Dabei handelt es sich oftmals um einen Sturz aus stehender Position. Im Gegensatz dazu sind bei jüngeren Personen oftmals Hochrasanztraumata für die Frakturen verantwortlich. Frauen sind ungefähr dreimal so häufig von den proximalen Humerusfrakturen betroffen wie Männer. Die Altersverteilung von Frauen im Erwachsenenalter beschreibt einen eingipfeligen Verlauf, deren Maximum im Bereich zwischen 80 und 89 Jahren liegt. (Vachtsevanos, et al., 2014) (Court-Brown, et al., 2001) (Clement, et al., 2014)

Die proximalen Humerusfrakturen können mit Hilfe der Neer- oder auch der AO-Klassifikation eingeteilt werden. Nach Court-Brown et al. ist die häufigste proximale Humerusfraktur -mit 20 % aller- eine im Collum chirurgicum impaktierte Fraktur mit Abriss des Tuberkulum majus, die nach AO als B1.1 klassifiziert wird. (Court-Brown, et al., 2001)

Als bildgebendes Verfahren können Röntgenbilder in drei Ebenen oder auch in manchen Fällen eine Computertomographie dienen. Seltener werden -vor allem bei Verdacht auf Weichteilverletzungen- eine Sonographie oder Magnetresonanztomographie durchgeführt.

Eine konservative Therapie kann bei stabilen und minimal dislozierten Frakturen erfolgen. Bei höhergradig dislozierten Frakturen oder sogenannten Head-split-Frakturen ist die operative Versorgung der Fraktur, aufgrund der Gefahr einer Humeruskopfnekrose, Mittel der Wahl. Durch die vermehrten Möglichkeiten und zunehmend besseren Ergebnisse der rekonstruktiven operativen Verfahren sind die Indikationen zur operativen Therapie aber in den letzten Jahren gestiegen. (Sirveaux, et al., 2010)

Das Behandlungsergebnis wird durch Patientenfaktoren, den Operateur bei operativer Versorgung und die postoperative Rehabilitation beeinflusst. Aber auch soziale Faktoren spielen laut Clement et al. vor allem bei Patienten über 65 Jahre eine Rolle für das Resultat. Sie konnten in ihrer Studie zeigen, dass Patienten, die ihren Lebensalltag selbstständig organisieren konnten, ein Jahr nach der Fraktur einen signifikant besseren Constant Score haben. (Clement, et al., 2014)

2.3 Die isolierte Fraktur des Tuberkulum majus

Epidemiologie

Der Anteil der Frakturen des Tuberkulum majus an den proximalen Oberarmfrakturen beträgt in der Literatur zwischen 14-21 %. (Yin, et al., 2012) (Gruson, et al., 2008) (Bahrs, et al., 2006) (Jellad, et al., 2012) (Faraj, et al., 2011) Eine Fraktur des Tuberkulum majus tritt häufig bei einer vorderen Schulterluxation auf. Die Zahlen hierzu schwanken in der Literatur zwischen 10% und 30 %. (Reinus & Hatem, 1998) (Hovelius, 1987) (Kocher, et al., 1998) Weiterhin kann man festhalten, dass die Zahl der Frakturen des Tuberkulum majus in den letzten Jahren gestiegen ist. Daran haben neben verbesserter Bildgebung auch weit verbreitete Sportarten wie Skifahren und Snowboarden ihren Anteil. In der Studie von Kocher et al. zu Schulterverletzungen beim alpinen Skifahren waren die Frakturen des Tuberkulum majus die zweithäufigste Fraktur der Schulter nach denen der Clavicula. (Kocher, et al., 1998)

Der typische Patient mit einer Fraktur des Tuberkulum majus unterscheidet sich von denen mit den übrigen proximalen Humerusfrakturen. Er ist jünger als 50 Jahre, männlich und hat wenige internistische Komorbiditäten, wie unter anderem Kim et al. in einer Studie mit 610 Patienten zeigten. Bei den wenigen Patienten mit Frakturen des Tuberkulum majus, die älter als 50 Jahre sind, dominieren dagegen -was die Häufigkeit des Auftretens betrifft- die Frauen. Die Patienten mit den übrigen proximalen Humerusfrakturen sind im Unterschied zu den Patienten mit Frakturen des Tuberkulum majus nach Kim et al. im Durchschnitt 10 Jahre älter, weiblich und haben häufig ein breites Spektrum an internistischen Komorbiditäten. Außerdem sind die Frakturen häufig osteoporoseassoziiert. Horak et al. vermuteten in ihrer Studie, dass die Abnahme der Sehnenqualität - der Ansatzsehne der Rotatorenmanschette- im höheren Alter ein Grund für das verringerte Auftreten von Frakturen des Tuberkulum majus ist und gleichzeitig die vermehrte Prävalenz von Weichteilverletzungen bei älteren Patienten erklärt. Dies kann die unterschiedlichen demographischen Verteilungen der proximalen Humeruskopffrakturen erklären. Darüber hinaus ist die Schulterluxationsrate bei Patienten mit einer Fraktur des Tuberkulum majus doppelt so hoch als bei den übrigen Patienten mit einer proximalen Humerusfraktur, so dass auch die Traumamechanismen sich von denen bei anderen proximalen Humeruskopffrakturen unterscheiden. (Kim, et al., 2005) (Horak & Nilsson, 1975) (Ogawa, et al., 2003)

Ogawa et al. stellten fest, dass ungefähr zwei Drittel (59%) der Frakturen des Tuberkulum majus in der initialen Untersuchung übersehen wurden. Einerseits sind ihrer Meinung nach Frakturen des Tuberkulum majus auf dem initialen Röntgenbild, wegen knöchernen Überlappungen bei

Innenrotation im Glenohumeralgelenk, schwer zu erkennen. Andererseits werden kleine Fragmente oft übersehen, als Kalkablagerungen innerhalb der Rotatorenmanschette missinterpretiert oder fälschlicherweise für freie Gelenkkörper gehalten. (Ogawa, et al., 2003)

Die meisten Frakturen des Tuberkulum majus sind nicht disloziert und können in der Folge erfolgreich konservativ therapiert werden. Dislozierte Frakturen des Tuberkulum majus, welche operativ therapiert werden müssen, sind seltener und die Patienten haben häufiger assoziierte Schulterweichteilverletzungen. (Yin, et al., 2012)

Frakturmechanismen

Die Frakturmechanismen kann man in direkte und indirekte Mechanismen einteilen.

Als direkten Frakturmechanismus bezeichnet man eine seitliche, direkte Krafteinwirkung, zum Beispiel durch einen Sturz, welche zur Absprengung des Tuberkulum majus führt. Direkte Mechanismen waren in der Studie von Bahrs et al. bei 60 % der Patienten der Auslöser für eine Fraktur des Tuberkulum majus. (Bahrs, et al., 2006) (Green & Izzi, 2003)

Indirekte Mechanismen dagegen waren bei 40 % der Patienten in der Studie von Bahrs et al. für die Fraktur des Tuberkulum majus verantwortlich. Bei den indirekten Frakturmechanismen kann man zwei Arten unterscheiden. Welche davon die häufigste ist, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Einige Autoren vertreten die Auffassung, dass ein starker mechanischer Zug an der Rotatorenmanschette, welche -wie oben beschrieben- mit den meisten Muskeln am Tuberkulum majus ansetzt, der häufigste Grund für diese Frakturen ist. Ihrer Meinung nach handelt es sich also bei einer Fraktur des Tuberkulum majus um eine Abrissfraktur des Tuberkulum majus vom Humerus. (Flatow, et al., 1991)

Aber auch große Außenrotation und Abduktion, die zu einer glenohumeralen Luxation, also dem vollständigen Kontaktverlust der artikulierenden Flächen, führen können, können von einer Fraktur des Tuberkulum majus begleitet werden. Laut Green et al. ist dies in 15-30 % der Luxationen der Fall. Wissing und Obertacke beobachteten in ihrer Untersuchung eine isolierte Absprengung des Tuberkulum majus in 13% der Luxationen. Im Allgemeinen treten assoziierte Frakturen bei glenohumeralen Luxationen seltener bei jungen aktiven Sportlern, als bei älteren Patienten auf. Kommt es allerdings zu assoziierten Frakturen bei glenohumeralen Luxationen, dann handelt es sich dabei häufig um Frakturen des Tuberkulum majus. (Green & Izzi, 2003) (Wissing & Obertacke, 1986) (Schär, et al., 2013)

Bahrs et al. beschrieben in ihrer Arbeit einen anderen Mechanismus, der zu einer Fraktur des Tuberkulum majus führen kann. Bei diesem handelt es sich um ein Abscheren des Tuberkulum majus am Rand der Cavitas glenoidalis. Dafür spricht ihrer Meinung nach, dass die meisten Frakturen des Tuberkulum majus nicht disloziert sind und wenn, dann eher nach kaudal und nur selten nach kranial, was eigentlich der Fall sein müsste, wenn die Frakturen des Tuberkulum majus, wie oben beschrieben, als Avulsionsfrakturen durch Zug am Tuberkulum majus entstünden. (Bahrs, et al., 2006) (Richards, et al., 1994)

Auch ein Sturz auf den im Ellenbogengelenk extendierten oder flektierten Arm, ebenso wie eine Einklemmung des Tuberkulum majus unter dem Acromion werden von Autoren als Gründe für eine Fraktur des Tuberkulum majus beschrieben. (Bahrs, et al., 2006)

Assoziierte Verletzungen

Gefäßverletzungen treten meist nur nach Hochenergietraumata auf. Meistens handelt es sich dabei um Rupturen von Segmenten der A. axillaris mit sich vergrößernden Hämatomen auf Boden eines Aneurysma spurium. Mit Hilfe eines Angiogramms können Gefäßverletzungen bestätigt werden. Aber auch venöse Komplikationen, wie zum Beispiel eine tiefe Venenthrombose, sind möglich und sollten schnell diagnostiziert und behandelt werden, um Komplikationen zu verhindern. (Stenning, et al., 2005) (Willis, et al., 2005)

Bei einer Fraktur des Tuberkulum majus kann es auch zu einer Ruptur der Rotatorenmanschette kommen, deren Häufigkeit wird allerdings in der Literatur kontrovers diskutiert. Green et al. sind der Meinung, dass sie eher selten auftritt und es meistens nur zu einem Riss der Gelenkkapsel kommt. Die meisten Autoren beschreiben dagegen in ihren Ausführungen, dass die assoziierte Rotatorenmanschettenruptur eine häufig gesehene Entität ist. Yin et al. stellten intraoperativ fest, dass 7 Patienten (=42%) ihrer insgesamt 17 Patienten, wovon 2 arthroskopisch und 15 offen-chirurgisch operiert wurden, eine assoziierte Verletzung der Rotatorenmanschette, welche direkt bei der operativen Versorgung der Fraktur des Tuberkulum majus mitbehandelt werden sollte. Die zeitgleiche Therapie von Fraktur und Ruptur ist ihrer Meinung nach wichtig für ein gutes postoperatives Langzeitergebnis. (Green & Izzi, 2003) (Yin, et al., 2012) (Kim & Ha, 2000)

Kim et al. berichteten in ihrer Studie auch von arthroskopisch festgestellten diskreten Bankart Läsionen und subacromialen Bursitiden, welche bei einer Fraktur des Tuberkulum majus assoziiert auftreten können. Sollte die Fraktur des Tuberkulum majus im Zuge einer Schulterluxation entstanden sein, können häufig Bankart Läsionen oder Knorpelverletzungen beobachtet werden. (Kim & Ha, 2000) (Gartsman, 1999) (Wissing & Obertacke, 1986)

Die häufigste Begleitverletzung der Fraktur des Tuberkulum majus ist die periphere Nervenverletzung. Sie tritt laut Green et al. und Gruson et al. in einem Drittel aller Fälle auf. Besonders häufig davon betroffen sind Patienten mit assoziierter glenohumeraler Schulterluxation oder Patienten, bei denen die Fragmente der Fraktur des Tuberkulum majus disloziert sind. Nervenverletzungen sind bei Patienten höheren Alters häufiger vorhanden. In einer prospektiven Studie hierzu von De Laat et al. war die Inzidenz für eine periphere Nervenverletzung bei Patienten über 50 Jahren größer als 50%. Am häufigsten handelte sich hierbei um eine Neuropathie des Nervus axillaris. Eine Sensibilitätsstörung im Dermatom des N. axillaris -lateral auf der Schulter- oder ein pathologisches EMG der innervierten Muskeln können für eine Nervenverletzung sprechen. (de Laat, et al., 1994) (Gruson, et al., 2008) (Green & Izzi, 2003)

Frakturklassifikation

Derzeit sind im klinischen Alltag die Neer- und die AO-Klassifikationen die gängigsten Klassifikationen der proximalen Humerusfraktur.

Codman teilte den proximalen Humerus in vier Hauptfragmente: Kalotte, Tuberkulum majus, Tuberkulum minus und Humerusschaft ein. Anhand dieser Einteilung nahm Neer 1970 die am häufigsten gebräuchliche Klassifikation -die Neer-Klassifikation- vor. Neer unterteilte die proximalen Humerusfrakturen in sechs Untergruppen, wobei Neer I alle nicht- oder minimal dislozierten Frakturen unabhängig von der Zahl der Fragmente beinhaltet. Dislokationen bis zu einem Zentimeter und bzw. oder eine Abkipfung der Fragmente um bis zu 45° definierte Neer als minimal disloziert. In den Neer Gruppen II-IV sind die dislozierten zwei bis vier Fragmentfrakturen aufgeführt. Die Neer Untergruppe II umfasst Frakturen im Bereich des Collum anatomicum. Frakturen im Bereich des Collum chirurgicum gehören in Neer Untergruppe III, im Bereich des Tuberkulum majus in Neer Untergruppe IV und im Bereich des Tuberkulum minus in Neer Untergruppe V. Luxationsfrakturen mit vorderer oder hinterer Kopfluxation werden als eigenständige Entität der Neer Untergruppe VI zugeordnet. (Baierlein, 2010) (Sidor, et al., 1993) (Neer, 1970)

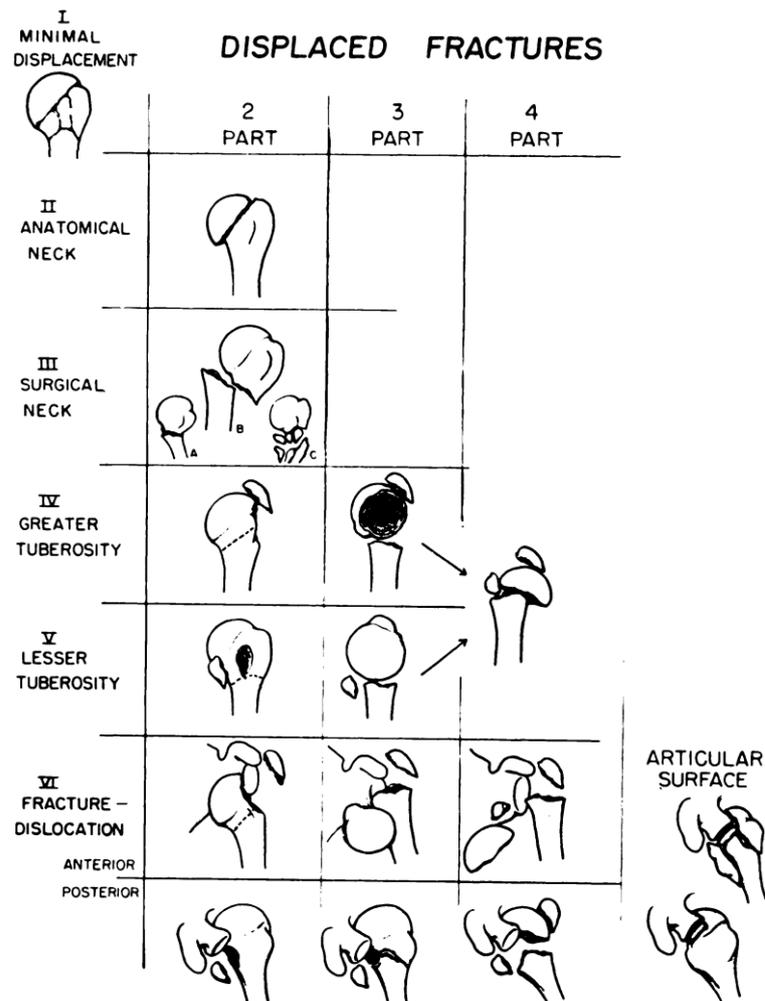


Abbildung 2.1: The anatomical classification. (Neer, 1970)

Eine neuere Klassifikation ist die AO-Klassifikation, die zwischen extraartikulären unifokalen, extraartikulären bifokalen und artikulären Frakturen unterscheidet. Diese drei großen Gruppen werden dann in je neun weitere Untergruppen zu insgesamt 27 Untergruppen eingeteilt. Isolierte Tuberkulum majus Frakturen werden als 11 A1 klassifiziert. Handelt es sich um nicht dislozierte Frakturen, bezeichnet man sie als 11 A1.1, dislozierte Frakturen als 11 A1.2 und Frakturen mit glenohumeraler Luxation als 11 A1.3. Im Gegensatz zur Neer-Klassifikation ist Dislokation schon ab 5 mm als solche definiert. Die AO-Klassifikation liefert über die verschiedenen Frakturmodelle mehr Details als die Neer-Klassifikation. Dennoch oder vielleicht auch aufgrund dieser Detailliertheit wie Green et al. mutmaßten, ist die AO-Klassifikation das in der klinischen Praxis weniger gebräuchlichere System. (Baierlein, 2010) (Green & Izzi, 2003)

Wie in Studien gezeigt wurde, ist ein großer Nachteil beider Klassifikationen, dass sowohl die Intraobserver- als auch die Interobserver-Reliabilität gering sind. Siebenrock et al. zeigten auf, dass

sich selbst erfahrene Untersucher bei jeder dritten Fraktur bei einem zweiten Klassifikationsversuch für eine andere Zuordnung entscheiden würden. Weiterhin wurde dargestellt, dass sich zwei erfahrene Untersucher in 50% der Einteilungsversuche widersprachen. Dies verdeutlicht, dass ein Vergleich von gleich klassifizierten Frakturen in verschiedenen Studien nur schwer möglich ist. (Sidor, et al., 1993) (Siebenrock & Gerber, 1993)

Die Klassifikation von Habermeyer et al. versuchte die Neer- und die AO-Klassifikation miteinander zu vereinen. Die nicht dislozierten Frakturen bezeichneten Habermeyer et al. als Typ-0-Frakturen, Frakturen des Tuberkulum majus als Typ-A-I und des Tuberkulum minus als Typ-A-II. Zwei-/Drei-/Vier-Fragment-Frakturen des Collum chirurgicum wurden als Typ-B-Frakturen und Zwei-/Drei-/Vier-Fragment-Frakturen des Collum anatomicum wurden als Typ-C-Frakturen klassifiziert. Luxationsfrakturen wurden als Typ-X-Frakturen definiert. (Habermeyer, 1997)

All diese Klassifikationen erfassen zwar die Fraktur des Tuberkulum majus, aber sie sind nur beschreibend und basieren vor allem auf der Frakturmorphologie, aber sie liefern kaum Informationen über den Verletzungsmechanismus, die Behandlung oder die Prognose. Deshalb äußerten Gruson et al. sowie andere Autoren den Wunsch nach einer nachvollziehbaren und zuverlässigen standardisierten Klassifikation, aus der sich eine Behandlungsempfehlung und eine Prognose ableiten lassen. (Gruson, et al., 2008)

Wie oben beschrieben, definierten Neer et al. eine dislozierte Fraktur, die operativ behandelt werden soll, ab einer Verschiebung des Frakturfragments des Tuberkulum majus um 1 cm oder einer Abkipfung des Fragments um 45°. Bei minimal dislozierten Frakturen mit einer Fragmentverschiebung bis zu 1 cm ist nach Neer et al. eine konservative Therapie angezeigt. Diese Empfehlung von Neer wurde 1992 unter anderem auch durch Rasmussen et al. nachuntersucht und bestätigt. (Neer, 1970) (Rasmussen, et al., 1992)

Im Gegensatz zu Neer sind die meisten Autoren in den letzten Jahren aber zu der Überzeugung gekommen, dass die Schulter nur geringere Dislokationen des Tuberkulum majus gut toleriert. Deshalb wird eine operative Therapie nach jetzigem Standard schon bei geringeren Dislokationswerten empfohlen. Der Grund dafür ist die Anatomie des glenohumeralen Gelenks, die es ermöglicht, dass das Tuberkulum majus bereits bei geringer Dislokation unter dem Acromion einklemmt. Hierfür entscheidend ist auch die Richtung der Dislokation. Diese ist meistens durch den natürlichen Zug der Rotatorenmanschette am Tuberkulum majus nach kranial gerichtet. (Green & Izzi, 2003) (Yin, et al., 2012)

Diagnostik

Die Anamnese ist bei Patienten mit Frakturen des Tuberkulum majus eine wichtige diagnostische Komponente, denn, wie beschrieben, treten diese bei bestimmten Verletzungsmechanismen gehäuft auf. Ebenso sind der Zeitabstand zwischen Arztkonsultation und Unfallzeitpunkt, sowie die Frage nach prätraumatisch vorhandenen Schulterpathologien wichtig für die Behandlung und anamnestisch zu erheben. (Green & Izzi, 2003)

Bei Frakturen des Tuberkulum majus, vor allem bei nicht oder minimal dislozierten Frakturen, ist es möglich, dass die Patienten schmerzfrei sind oder kaum Schmerzen haben. Das Fehlen von Symptomen ist ein Grund dafür, dass Frakturen des Tuberkulum majus häufig in der Diagnostik übersehen werden. Ogawa et al. gaben hierzu in ihrer Studie an, dass 59% der Frakturen in der Erstuntersuchung übersehen bzw. fehldiagnostiziert werden. Wenn Symptome vorhanden sind, dann ähneln diese häufig denen einer Rotatorenmanschettenruptur oder einer Tendinitis im Schulterbereich. (Ogawa, et al., 2003)

Dennoch können sich durch Inspektion und die klinische Untersuchung Hinweise ergeben, die allerdings nicht pathognomonisch für die isolierte Fraktur des Tuberkulum majus sind. Der verletzte Arm ist häufig in einer glenohumeralen Adduktionsstellung und wird eng am Körper gehalten. Über der betroffenen Schulter können eine Schwellung und eine Rötung sichtbar sein. Die Ekchymose kann sich in die Axillarregion oder am Oberarm nach distal ausbreiten. Durch vorsichtige Palpation der Haut über dem Tuberkulum majus kann ein Druckschmerz ausgelöst werden. Zusammenfassend bestehen allerdings keine spezifischen klinischen Zeichen für eine Fraktur des Tuberkulum majus. (Gruson, et al., 2008)

Auch bei Verdacht auf eine proximale Humeruskopffraktur sollte die distale Durchblutung, Sensibilität und Motorik geprüft werden. (Green & Izzi, 2003)

Alle Frakturen des proximalen Humerus werden in erster Linie durch bildgebende Untersuchungen diagnostiziert. Beim Verdacht einer Fraktur sollten im Rahmen der weiterführenden Diagnostik zunächst Röntgenbilder der betroffenen Schulter angefertigt werden. Die Standardprojektionen sind ein anterior-posteriores Röntgen in Außenrotation, eine lateral-axiale Projektion (sog. Y- oder Outlet-Aufnahme) und ein Bild in axillärer Projektion (Traumaserie). (Gruson, et al., 2008) (Mason, et al., 1999) Im Gegensatz zu anderen Lokalisationen wie dem Sprunggelenk oder dem Fuß liegen jedoch keine eindeutigen Kriterien vor, die nach Trauma der Schulter vorgeben können, ob eine Bildgebung indiziert ist.

Isolierte Frakturen des Tuberkulum majus sind bildgebend oft nicht mit konventionellen Röntgenaufnahmen festzustellen. Ein Grund hierfür ist, dass die Fragmente häufig nur klein sind oder vom Humeruskopf überlagert werden können. Darüber hinaus können auch Kalkdepots der Schulter durch Überlagerungen die Beurteilung des Röntgenbildes einschränken. Des Weiteren werden Unregelmäßigkeiten, Absprengungen oder Schäden auf der Tuberkulum majus Oberfläche auf einem Röntgenbild nur dann eindeutig sichtbar, wenn die Projektion tangential zum Tuberkulum majus ist, was wie erwähnt, bei akuter Schmerzsymptomatik in einigen Fällen nur eingeschränkt möglich ist. Mason et al. konnten in ihrer Studie nachweisen, dass die Begutachtung durch einen erfahrenen Radiologen die Rate, der übersehenen Frakturen, deutlich zu senken vermag. Am häufigsten übersehen wurden dabei die Frakturen, bei denen der kraniale Teil des Tuberkulum majus, also der Ansatzpunkt der Supraspinatussehne, betroffen war. Die Autoren folgerten, dass ein konventionelles Röntgenbild alleine keinen sicheren Frakturausschluss bedeutet. (Mason, et al., 1999) (Ogawa, et al., 2003) (Gruson, et al., 2008)

Besteht trotz fehlendem Frakturachweis in der nativen Röntgendiagnostik der klinische Verdacht auf eine Fraktur im Bereich des proximalen Humerus, wird eine weiterführende Diagnostik in Form von Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT) empfohlen. Das CT ist unter anderem auch bei adipösen Patienten und bei Patienten, die die benötigte Patientenposition im Röntgen, zum Beispiel aufgrund schmerzbedingter Bewegungseinschränkungen, nicht einnehmen können, hilfreich. In der axialen Darstellung des CTs kann am ehesten eine posteriore Fragmentdislokation erkannt werden. Um eine superiore Dislokation des Tuberkulum majus Fragments darzustellen, ist die koronare Darstellung oder eine 3D-Rekonstruktion des CTs besser geeignet. (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008)

Zusätzlich kann das MRT zur erweiterten Diagnostik der Fraktur des Tuberkulum majus genutzt werden. Sowohl Green et al. als auch Mason et al. sind der Meinung, dass das MRT aufgrund der Kosten nicht routinemäßig zur Frakturdiagnostik, sondern nur bei klinischem Verdacht und einer im initialen Röntgenbild verborgenen Fraktur, eingesetzt werden sollte. Das MRT ist vor allem sinnvoll um Rotatorenmanschettenpathologien, welche oftmals eine sehr ähnliche Symptomatik hervorrufen und nicht gesichert durch klinische Tests von einer Fraktur des Tuberkulum majus zu unterscheiden sind, auszuschließen. Zur Frakturdarstellung können sowohl die T1- als auch die T2- Wichtung genutzt werden. Eine superiore Fragmentdislokation kann am besten in einer schräg-koronaren T1-gewichteten Aufnahme beurteilt werden. Der Grad einer posterioren Fragmentdislokation kann dagegen am ehesten in einer axialen T1-gewichteten Aufnahme bestimmt werden. (Mason, et al., 1999) (Bahrs, et al., 2006) (Green & Izzi, 2003) (Ogawa, et al., 2003)

Patten et al. zeigten in ihrer Studie, dass auch die Sonographie möglicherweise eine hilfreiche und kostengünstige Bildgebung bei Frakturen des Tuberkulum majus sein kann. Bei 81% der Frakturpatienten konnte ein Hinweis für eine Fraktur des Tuberkulum majus gefunden werden. Darüber hinaus kann die Sonographie ihrer Meinung nach hilfreich zum Ausschluss von Weichteilverletzungen sein und außerdem kann sie helfen okkulte Frakturen aufzudecken. (Patten, et al., 1992)

Therapie

Bei nicht- oder minimal dislozierten Frakturen des Tuberkulum majus ist die konservative Therapie das Mittel der Wahl. Ab welchem Dislokationsgrad allerdings die operative Versorgung empfohlen werden sollte, wird in der Literatur noch kontrovers diskutiert. Während Neer 1970 die operative Therapie erst ab einer Dislokation von 1 cm empfahl, geht im Moment die Tendenz der Autoren dahin, dass ab einer Fragmentdislokation von 5 mm die operative Therapie empfohlen werden sollte. Eine Ausnahme davon bilden Sportler oder körperlich schwer arbeitende Patienten, die viel im Überkopfbereich tätig sind. Bei Ihnen wird die operative Versorgung der Fraktur schon ab einer Fragmentdislokation von 3 mm nahegelegt. In einer Studie von Mattyasovszky et al. wurden dennoch 14 Patienten mit Dislokationen < 5 mm und 4 Patienten mit Dislokationen zwischen 6-10 mm nichtoperativ behandelt und erreichten im DASH- und Constant-Score gute bis exzellente Ergebnisse. Neben Frakturcharakteristika, wie Dislokation, Fragmentgröße und Fragmentzahl, spielen auch Patienteneigenschaften bei der Therapiewahl eine Rolle. In diesem Zusammenhang sind vor allem das Patientenalter, Komorbiditäten der Patienten sowie schon zuvor vorhandene Schulterpathologien in Betracht zu ziehen. Außerdem ist relevant, ob die Fraktur die dominante Seite des Patienten betrifft. Weiterhin sollte auch bei der Therapieentscheidung die Erfahrung des Chirurgen nicht außer Acht gelassen werden. (Kim, et al., 2005) (Yin, et al., 2012) (Platzer, et al., 2005) (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008) (Park, et al., 1997) (Neer, 1970) (Mattyasovszky, et al., 2011)

Die ideale konservative Therapie bei isolierten Frakturen des Tuberkulum majus wurde bislang wenig durch Studien untersucht. Das Behandlungsergebnis der konservativen Therapie war in der Studie von Platzer et al. bei weiblichen und jungen Patienten besser, als bei männlichen und alten Patienten. Es gab allerdings keinen Unterschied im Behandlungsergebnis zwischen den Patienten, deren Fraktur des Tuberkulum majus mit einer glenohumeralen Luxation assoziiert war und denjenigen, die nur eine Fraktur des Tuberkulum majus hatten. Ein Grund dafür könnte, Platzer et al. zufolge, die verlängerte und intensivere Physiotherapie bei den Luxationspatienten sein. (Platzer, et al., 2005)

Für die operative Therapie der Fraktur des Tuberkulum majus stehen mehrere Methoden zur Verfügung. Bei stark dislozierten Frakturen ist im Moment die offene Reposition mit Osteosynthese die am häufigsten angewandte Methode. Als Zugang wird meist ein anteriorer deltopectoraler Zugang oder ein Deltoid-Split-Zugang gewählt. Die Hautinzision verläuft hierbei über den lateralen Anteil des Acromions in der Langer-Linie. Die Beach-Chair-Lagerung wird von den meisten Autoren angewandt. (Green & Izzi, 2003)

Die am häufigsten angewandten Osteosyntheseverfahren sind die transossäre Naht, die Fixation der Fragmente mit kanülierten Schrauben, die Versorgung mit einer Zuggurtungsosteosynthese und die Doppelreihennaht mit Fadenankern. Sehr kleine Frakturfragmente können auch exzidiert werden, größere dagegen müssen osteosynthetisch versorgt werden. Außerdem tritt die plattenosteosynthetische Versorgung der Tuberkulum majus Fraktur in der Literatur im Moment vereinzelt auf. Welches der genannten Verfahren allerdings das Beste zur Versorgung der Fraktur des Tuberkulum majus ist, wird aktuell von den Autoren kontrovers diskutiert. (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008) (Bhatia, et al., 2006)

Auch was den genauen Zeitpunkt der Mobilisierung betrifft, herrscht in der Literatur Uneinigkeit. Manche Autoren empfehlen erst ab der sechsten postoperativen Woche eine aktive Mobilisierung. Die meisten Autoren sind allerdings der Überzeugung, dass damit frühestmöglich begonnen werden sollte.

Komplikationen

Neben den Komplikationen, die bei allen chirurgischen Eingriffen entstehen können, wie zum Beispiel Wundheilungsstörungen, Infektionen, Nerven- oder Gefäßverletzungen, können noch weitere spezifische Komplikationen der konservativen oder operativen Versorgung einer Fraktur des Tuberkulum majus auftreten.

Sowohl postoperativ als auch posttraumatisch kann es zu einer adhäsiven Kapsulitis und der damit einhergehenden Steifigkeit und eingeschränkten Beweglichkeit im fortgeschrittenen Stadium kommen. (Gruson, et al., 2008)

Eine Einschränkung der Beweglichkeit im Schultergelenk oder Steifigkeit können aus einer Dislokation des Tuberkulum majus resultieren. Schon geringe Dislokationen können diese Symptome hervorrufen. Dabei schränken posteriore Dislokationen vor allem die Außenrotation im Schultergelenk ein, eine superiore Dislokation kann für das Auftreten eines outlet-Impingement verantwortlich sein. Außerdem kann es nicht selten durch die operative osteosynthetische Versorgung zu einem Einklemmen des Fremdmaterials unter dem Acromion kommen. Die Häufigkeit des

Impingements nach operativer Versorgung von proximalen Humerusfrakturen beziffert sich in der Literatur auf 3-11%. Explizite Zahlen zur Häufigkeit des acromialen Impingement nach Plattenosteosynthese von Frakturen des Tuberkulum majus existieren in der Literatur noch nicht. Therapeutisch muss in diesen Fällen das Osteosynthesematerial operativ entfernt werden. (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008) (Erasmio, et al., 2014) (Faraj, et al., 2011) (Chowdary, et al., 2014) (Handschin, et al., 2008)

Auch eine Kontraktur der Gelenkkapsel kann die Beweglichkeit verringern. Eine frühe Steifigkeit der Schulter kann mit Hilfe von Dehnungsübungen gelöst werden, in einem späteren Stadium können ein arthroskopisches Kapselrealese oder ein Debridement notwendig werden. Allerdings muss bei Patienten, bei denen die Fraktur des Tuberkulum majus nach einer glenohumeralen Luxation entstanden ist, darauf geachtet werden eine Instabilität des Schultergelenks zu vermeiden. Ist Narbengewebe verantwortlich für die eingeschränkte Beweglichkeit, kann das Infiltrieren von Lokalanästhetika in den Subacromialraum hilfreich sein. (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008)

Die Osteonekrose des Humeruskopfes ist eine seltene Komplikation der Fraktur des Tuberkulum majus, was vor allem mit der guten Gefäßversorgung zusammenhängt, die auch bei Verschluss - iatrogen oder posttraumatisch- eines Gefäßes eine suffiziente Versorgung aufrechterhält. (Gruson, et al., 2008)

3 Fragestellung

Die isolierte Fraktur des Tuberkulum majus ist im Vergleich zu den übrigen proximalen Humerusfrakturen eine eher selten auftretende Fraktur, zu deren therapeutischen Versorgung in der Literatur keine einheitlichen Empfehlungen existieren. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, durch eine retrospektive Auswertung die Resultate der konservativen und operativen Therapie der isolierten Tuberkulum majus Frakturen in der Abteilung für Unfallchirurgie im Klinikum rechts der Isar, mit Hilfe einer klinischen Nachuntersuchung zu bewerten und daraus Therapieempfehlungen abzuleiten.

In der gegenwärtig vorhandenen Literatur wird die Frage, wann die konservative oder die operative Therapie zur Versorgung isolierter Tuberkulum majus Frakturen indiziert ist, kontrovers diskutiert. Bezüglich dieser Unklarheiten soll diese Studie einen Fortschritt leisten.

Ferner interessiert die Frage, ob die operative Versorgung der isolierten Tuberkulum majus Fraktur mit der anatomisch geformten PHILOS-Platte (PHILOS, Depuy-Synthes®, Zuchwil, Schweiz), wie sie in der vorliegenden Dissertation -als weltweit erste Studie- durchgeführt wurde, als therapeutischer Standard in der Versorgung dislozierter Tuberkulum majus Frakturen empfohlen werden kann.

Die Dissertation möchte darüber hinaus untersuchen, ob isolierte Tuberkulum majus Frakturen, die bei einer starken Außenrotation und Abduktion und einer damit verbundenen Luxation im glenohumeralen Gelenk entstanden sind, einer anderen Therapie bedürfen als isolierte Tuberkulum majus Frakturen, die nach einem direkten Trauma auf das Tuberkulum aufgetreten sind.

Zur Beantwortung der aufgezeigten Fragen, wurden in der vorliegenden Studie 25 Patienten, nach einer konservativ oder operativ therapierten isolierten Tuberkulum majus Fraktur hinsichtlich der objektiven funktionellen und subjektiven Ergebnisse mit Hilfe des Munich Shoulder Questionnaire (MSQ) und des Short Form-36 (SF-36) verglichen.

Mit den Ergebnissen der Nachuntersuchung sollen zusammengefasst folgende Fragen beantwortet werden:

- 1) Ab welchem Dislokationsgrad sollte die konservative oder die operative Therapie bei Patienten mit einer Fraktur des Tuberkulum majus empfohlen werden?
- 2) Stellt die plattenosteosynthetische Versorgung mit einer anatomisch geformten Platte bei Patienten mit einer Fraktur des Tuberkulum majus eine zu empfehlende operative Versorgungsmöglichkeit dar?

- 3) Bedürfen Frakturen des Tuberkulum majus je nach Frakturmechanismus einer anderen Therapie?
- 4) Führt die operative Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus zu signifikant besseren Ergebnissen als die konservative Therapie?

4 Material und Methoden

4.1 Patientenkollektiv

Einschlusskriterien

Das Patientenkollektiv umfasste alle Patienten, die ab dem Jahr 2011 bis einschließlich dem Jahr 2013 in der Abteilung für Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar an einer isolierten Tuberkulum majus Fraktur entweder konservativ oder operativ behandelt wurden. Die Gesamtzahl der Patienten, die diese Kriterien erfüllten, lag bei insgesamt 44. Außerdem sollten nur Patienten ab dem 18. Lebensjahr in die Studie aufgenommen werden.

Ausschlusskriterien

Zuvor festgelegte Ausschlusskriterien waren:

- Läsionen der Gefäße oder irreversible Nerven- oder Plexusschädigungen
- Das Vorliegen einer pathologischen Fraktur
- Schwerverletzter Patient (Polytrauma)
- Strafgefangene, Schwangere und Patienten mit bekannter Betreuung
- Entzündliche Grunderkrankung wie: Sepsis, Meningitis, HIV, Hepatitiden
- Neurologisch-psychiatrische Grunderkrankung
- fehlende Zustimmungsfähigkeit der Patienten zur Nachuntersuchung

4.2 Ethikvotum

Vor der Durchführung der Studie wurde bei der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät des Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München der Ethikantrag eingereicht. Die Studiennummer lautet 402/14. Der Antrag wurde genehmigt, danach wurde mit dem Versenden der Anschreiben zur Patientenrekrutierung begonnen.

4.3 Therapiearten

Die Patienten mit einer isolierten Tuberkulum majus Fraktur wurden in der Abteilung für Unfallchirurgie entweder konservativ oder operativ versorgt. Basierend auf den aktuellen Empfehlungen in der Literatur wurde die Indikation zur weiteren Therapie abhängig gemacht von der superomedialen Migration des Tuberkulumfragmentes im konventionellen Röntgen. Bei einer Dislokation < 5 mm wurde eine konservative Therapie eingeleitet, im Umkehrschluss erfolgte bei

einer Dislokation > 5 mm die Empfehlung zur operativen Versorgung (Platzer, et al., 2005) (Jellad, et al., 2012) (George, 2007)

Konservative Therapie

Die konservative Therapie umfasste analgetische, physikalische und physiotherapeutische Maßnahmen.

Die Patienten erhielten initial eine Schultergelenkorthese (medi Easy sling, medi GmbH & Co. KG, Bayreuth, Deutschland). Nach einer einwöchigen Ruhigstellung in der Orthese erfolgte die erste Röntgenkontrolle.

Danach wurde die physiotherapeutische Behandlung nach folgendem Schema eingeleitet:

Bewegungsausmaße:

2.-4. Woche post trauma:

Passive Abduktion/Adduktion: 90°/0°/0°, passive Flexion/Extension: 90°/0°/0°, passive Innenrotation/Außenrotation in 0° Abduktionsstellung: frei

5.-7. Woche post trauma:

Passive Abduktion/Adduktion: frei/0°/0°, aktiv-assistierte Abduktion/Adduktion: 90°/0°/0°, passive Flexion/Extension: frei/0°/0°, aktiv-assistierte Flexion bis 90°, aktiv-assistierte Innenrotation/Außenrotation in Abduktionsstellung: frei

Ab 8. Woche post trauma:

Freie aktiv-assistierte Beweglichkeit

Ab 10. Woche post trauma:

Freie aktive Beweglichkeit

Weitere Röntgenkontrolle erfolgten nach 2, 3, 4 und 8 Wochen. Zeigte sich hier eine sekundäre Dislokation > 5mm wurde die Therapie auf ein operatives Regime konvertiert.

Operative Therapie

Alle Patienten mit einer Dislokation der Tuberkulum majus Fragmente größer als 5mm in der Bildgebung wurden operativ therapiert.

Die Operation wurde bei allen Patienten in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Die Patienten wurden in einer Beach-Chair-Lagerung gelagert. Nach sterilem Abwaschen und Abdecken wurden die

anatomischen Landmarken angezeichnet. Als Zugang wurde ein deltopectoraler Zugang verwendet. Hierzu wurde zunächst unter Weghalten der V. cephalica nach lateral bis auf die Fascia deltoideopectoralis präpariert, welche anschließend gespalten wurde. Nachfolgend wurde unterhalb des M. deltoideus stumpf bis auf die Rotatorenmanschette präpariert. Nach Einsetzen eines Brown-Retractors konnte dann die Fraktur dargestellt werden. Die Frakturfragmente wurden zunächst angefrischt und durch Setzen von FiberWire®-Cerclagen (FiberWire® 2, Arthrex®, Naples, USA) reponiert. Auch die Subscapularis-, Supraspinatus- und Infraspinatusansatzsehne wurde durch die Cerclagen gefasst und fixiert. Danach wurde die PHILOS®-Platte (PHILOS, Depuy-Synthes®, Zuchwil, Schweiz) aufgelegt und die FiberWire®-Cerclagen wurden auf diese aufgefädelt. Nach akribischer Reposition der Fragmente, wurde die Platte im Schaftbereich im Langloch durch eine bikortikale Schraube unter Röntgenkontrolle belegt. Nun wurde eine exakte Lageausrichtung der Philosplatte durchgeführt und schließlich die Schraube im Langloch durch den Schraubenzieher angezogen. Im Anschluss wurden die übrigen bikortikalen Schaftschrauben und dann die winkelstabilen Schrauben im Kopfbereich sukzessive belegt. Nach dem Verknoten der Cerclagen erfolgte eine abschließende Röntgenkontrolle. Postoperativ erhielten die Patienten eine Schultergelenkorthese (medi Easy sling, medi GmbH & Co. KG, Bayreuth, Deutschland). Der stationäre Aufenthalt der Patienten belief sich auf 2-3 Tage.

Am ersten Tag nach der Operation wurde mit der Physiotherapie nach einem Standardschema begonnen. In den ersten drei Wochen waren passive Abduktions- und Flexionsbewegungen von 45° erlaubt. Ab der vierten bis einschließlich der sechsten postoperativen Wochen waren aktive Abduktions- und Flexionsbewegungen bis 90° tolerabel. Die Bewegungsausmaße der übrigen Bewegungsrichtungen mussten individuell auch an die vorhandenen zusätzlichen Schulterverletzungen angepasst werden. Je nach vorhandenen Schmerzen wurde die physikalische Therapie angepasst. Nahmen die Schmerzen ab, wurden zusätzliche Übungen zur Stärkung der Rotatorenmanschettenmuskulatur durchgeführt. Frühestens 12 Wochen nach der Operation, bei manchen Patienten auch später, konnte die Ausübung von sportlichen Aktivitäten, bei der auch die betroffene Schulterpartie involviert war, erlaubt werden.

Die verwendete Philos-Platte ist eine anatomische geformte, winkelstabile Osteosyntheseplatte für Frakturen des proximalen Humerus. Wir verwendeten die „PHILOS® – Proximale Humerusplatte 3,5“ mit drei Schaftlöchern und einer Länge von 90 mm. Als Schrauben standen selbstschneidende Kortikalisschrauben mit 3,5 mm Durchmesser und Längen zwischen 12mm und 60mm und selbstschneidende Verriegelungsschrauben derselben Maße zur Verfügung.

4.4 Nachuntersuchung

Insgesamt waren nach den oben genannten Ein- und Ausschlusskriterien 44 Patienten, die an einer Tuberkulum majus Fraktur im Klinikum rechts der Isar behandelt wurden, für die Studie geeignet. Die Patienten wurden zunächst mit einem schriftlichen Anschreiben zur Nachuntersuchung in das Klinikum rechts der Isar eingeladen. Die Nachuntersuchung wurde bei allen Patienten von der gleichen Person durchgeführt.

An diesem Termin wurde zunächst erneut eine exakte Anamnese des Traumavorgangs erhoben. Dabei sollte vor allem ermittelt werden, ob es gleichzeitig neben der Fraktur zu einer Luxation der Schulter kam oder ob eine direkte Krafteinwirkung auf das Tuberkulum majus Auslöser für die Fraktur war. Außerdem wurden die Patienten noch gefragt, ob sie zuvor schon an der betroffenen Schulter therapienotwendige Pathologien hatten.

Weiterhin wurde anhand des Fragebogens Short Form-36 (SF-36) die Lebensqualität der Patienten erfasst. Darüber hinaus wurde mit Hilfe des Munich Shoulder Questionnaire (MSQ) der subjektive und objektive klinische Zustand der betroffenen Schulter evaluiert. Beim Ausfüllen der Fragebögen durch die Patienten war der Untersucher die ganze Zeit anwesend und konnte bei Unklarheiten weiterhelfen.

Der zeitliche Abstand zwischen der primären Therapie nach dem Trauma und der Nachuntersuchung unterlag Variationen.

Insgesamt konnten über einen Zeitraum von etwa einem Jahr 25 Patienten einbestellt und nachuntersucht werden.

4.5 Munich Shoulder Questionnaire (MSQ)

Beim Munich Shoulder Questionnaire (MSQ) handelt es sich um einen aus 30 Items aufgebauten Fragebogen. Die Fragen des MSQs wurden durch die Kombination der Fragen von drei bewährten Schulterscores, dem Constant-Murley Score (CMS), dem Shoulder Pain and Disability Index (SPADI) und dem Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) Score, gewonnen.

Der Constant-Murley Score (CMS) ist ein kurzer und damit schnell durchzuführender Score. Er kombiniert objektive und subjektive Aspekte der Schulterfunktionalität, indem er neben der subjektiven Meinung des Probanden zur Schulterfunktionalität auch den Range of Motion und die Kraft der Schulter erfasst. (Angst, et al., 2011)

DASH und SPADI sind weltweit, Angst et al. zu Folge, die am häufigsten untersuchten und benutzten Schulter scores. Der DASH ist im Unterschied zum SPADI aber nicht nur spezifisch für die Schulter sondern betrachtet den ganzen Arm als Funktionseinheit. Dadurch stellt der DASH eine Verbindung zwischen Fragebögen zur allgemeinen Lebensqualität, wie zum Beispiel der Short Form-36 und Fragebögen, wie dem CMS oder dem SPADI, die spezifisch für die Schulter sind, dar. (Angst, et al., 2011)

Durch Kombination der Fragen aus DASH, SPADI und CMS wurde der MSQ durch Schmidutz et al. konstruiert. Da einige Fragen in den drei Scores (DASH, SPADI, CMS) in gleicher oder ähnlicher Form vorhanden sind, ist dies möglich. Für 29 der 30 Items, aus denen der MSQ aufgebaut ist, können jeweils maximal 10 Punkte und für eine Frage maximal 25 Punkte erreicht werden. Insgesamt ist somit eine Gesamtpunktzahl von 314 Punkten möglich. Die erreichte Punktzahl wird zur einfacheren Vergleichbarkeit in Prozentwerte von 0 bis 100 Prozent, welche den endgültigen MSQ-Wert angeben, umgerechnet. (Schmidutz, et al., 2012)

Der MSQ gliedert sich in drei Teile. Im ersten Abschnitt werden demographische Daten, wie Alter, Geschlecht, Beruf, betroffene Schulter, dominante Seite und die aktuelle Medikation aufgrund von Schulterbeschwerden abgefragt. Danach folgen sechs Items, um objektiv die Beweglichkeit und die Kraft der betroffenen Schulter zu evaluieren. Hier können maximal 74 Punkte erreicht werden, was 24% des totalen MSQ-Werts entspricht. Es werden die maximal mögliche Flexion, Abduktion, Innenrotation, Reichweite der Hand, Außenrotation und Muskelkraft in einer 90° Abduktion und 20° Anteversionsstellung im Schultergelenk bestimmt. Die erreichte Punktezahl der ersten 5 Items wird ermittelt, indem die Maximalbewegung der Patienten mit Fotoabbildungen des MSQs verglichen wird, auf welchen die Bewegungen und die mit Erreichen dieser Bewegung zu vergebene Punktezahl dargestellt werden. Zur Messung der Kraft in Item 6 wird die Schulter mit 500g beginnenden und in 500g-Schritten steigend bis zum maximal möglichen Gewicht belastet. Die Masse soll dabei für fünf Sekunden im ausgestreckten Arm in 90° Abduktionsstellung und 20° Anteversionsstellung in der Schulter gehalten werden. Bei Erreichen der maximal möglichen Massebelastung wird pro 500g ein Punkt bis zu einer maximalen Punktezahl von 24 Punkten vergeben. Der dritte Abschnitt umfasst 24 Fragen zur subjektiven Einschätzung der Schulterfunktion. Für jede Frage werden zwischen 0 und maximal 10 Punkten vergeben, was 76% des totalen MSQ-Werts entspricht. Jeweils 6 Fragen widmen sich den sportlichen Aktivitäten und Schmerzen in der betroffenen Schulter. Weitere 9 Items befassen sich mit Beruf und Alltagsaktivitäten und 3 Items gehen auf die soziale und emotionale Lebensqualität ein. Zu Bewertung der einzelnen Items werden sowohl eine visuelle Analogskala als auch eine Likert-Skala verwendet. (Schmidutz, et al., 2012)

Mit den nach der Bearbeitung des Munich Shoulder Questionnaire erhaltenen Werten der einzelnen Items kann auf den cSPADI, den cDASH und den cCMS rückgeschlossen und deren Werte bestimmt werden. Dies ist möglich, da alle Fragen, die im MSQ verwendet werden in gleicher oder ähnlicher Form jeweils in den drei oben genannten Schulterscores vorhanden sind. Bei der Umskalierung in die Scores muss aber jeder MSQ-Wert einzeln in die anderen Scores umgerechnet werden. Stimmen die maximal erreichbaren Punkte beim MSQ und dem jeweiligen Zielscore überein, dann können die Werte übernommen werden, differieren die Maximalwerte dagegen, dann müssen sie angepasst werden. Diese Umrechnung in einen der anderen Scores kann beispielsweise wie folgt aussehen: Hat ein Proband bei einem MSQ-Item, bei dem maximal 10 Punkte erreicht werden können, einen Wert von 8 Punkten, dann errechnet sich der Wert für einen der anderen Scores, bei welchem bei diesem Item zum Beispiel 15 Punkte möglich sind, indem man die maximal mögliche Punktzahl (bei diesem Beispiel: 15) mit 0,8 multipliziert. Durch Addition aller umskalierten Itemwerte wird dann die erreichte Punktzahl des Scores berechnet. Dass das Umrechnen der MSQ-Werte möglich ist, wird in der Arbeit von Schmidutz et al. gezeigt und von ihnen auch gleich validiert: Der Pearson Korrelationskoeffizient, der die Korrelation zwischen SPADI und dem aus dem MSQ berechneten cSPADI beschreibt, beträgt $r_S = 0,91$ ($p < 0,05$). Analog dazu liegt der Korrelationskoeffizient für den CMS und dem aus dem MSQ errechneten cCMS bei $r_C = 0,94$ ($p < 0,05$) und für den DASH-Wert und dem aus dem MSQ bestimmten cDASH-Wert bei $r_D = -0,93$ ($p < 0,05$). (Schmidutz, et al., 2012)

Das negative Vorzeichen des Korrelationskoeffizienten r_D ist durch die inverse Skala des originalen DASH-Scores -eine schlechte Funktion bedeutet eine höhere Punktzahl und umgekehrt- begründet. Zur einfacheren Darstellung und besseren Vergleichbarkeit, haben wir deshalb die reziproken Werte der cDASH-Werte (r_{DASH}) berechnet. Dazu haben wir alle aus dem MSQ errechneten DASH-Werte von 100 subtrahiert.

Der aus dem MSQ ermittelte Wert des cCMS wurde von uns wiederum in den alters- und geschlechtsspezifischen Wert (adaptierter cCMS) nach dem Prinzip von Katolik et al. umgerechnet und anschließend nach der Einteilung von Boehm et al. bewertet. Hierzu wird der ermittelte cCMS mit 100 multipliziert und anschließend durch den -dem Alter und Geschlecht entsprechenden- Wert aus der Tabelle 2 dividiert: (Katolik, et al., 2005) (Gohlke & Hedtmann, 2002)

$$\text{adaptierter cCMS} = \text{cCMS} \times \frac{100}{\text{dem Alter und Geschlecht
entsprechender Wert aus Tabelle 2}}$$

Abbildung 4.1 Formel zur Berechnung des alters- und geschlechtsspezifischen CMS

Alter	Männlich	Weiblich
18-29	95	88
30-39	95	87
40-49	96	86
50-59	94	84
60-69	92	83
≥70	88	81

Tabelle 1: Adaptierter cCMS nach Katolik et al. (Katolik, et al., 2005)

Excellent	91-100%
Good	81-90%
Satisfactory	71-80%
Adequate	61-70%
Poor	<60%

Tabelle 2: Bewertung des adaptierter cCMS nach Boehm (Gohlke & Hedtmann, 2002)

Bei der Auswertung des MSQ haben wir darüber hinaus retrospektiv aus den passenden Items die Werte der maximal erreichten Flexion und Abduktion der Patienten erhoben. Hierfür wurde die in der folgenden Tabelle dargestellte Punkte-Winkel-Beziehung angewendet.

Punkte	Flexion	Abduktion
0	30°	30°
2	60°	60°
4	90°	90°
6	120°	120°
8	150°	150°
10	180°	180°

Tabelle 3: Punkte-Winkel-Beziehung für die retrospektive Bestimmung des Bewegungsausmaßes aus dem MSQ

4.6 Short Form-36 (SF-36)

Der SF-36 ist einer der am häufigsten verwendeten Fragebögen zur Feststellung der Lebensqualität. Im Jahre 1989 wurde er im Rahmen der Medical Outcome Study (MOS) entwickelt und 1995 von Bullinger et al. in die deutsche Sprache übersetzt und validiert. Der SF-36 ermöglicht einen Selbstbericht der Probanden über ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit beträgt in etwa 10 min, wobei dies natürlich auch vom geistigen Zustand der Probanden abhängig ist. Ausgewertet werden können SF-36 Fragebögen dann, wenn mindestens 50% der Items beantwortet wurden. (Bullinger & Kirchberger, 1998)

Mit seinen insgesamt 36 Fragen ist der SF-36 ein multidimensionales Messinstrument für die selbst eingeschätzte Lebensqualität. Insgesamt misst der SF-36 acht verschiedene Dimensionen der Lebensqualität und eine weitere Subskala gibt die Veränderung des Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr an. Der körperliche Zustand der Probanden wird durch die Subskalen körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU), körperliche Rollenfunktion (KÖRO), körperliche Schmerzen (SCHM) und allgemeiner Gesundheitszustand (AGES) wiedergespiegelt. Die weiteren vier Subskalen bilden die psychische Gesundheit der Probanden ab. Dazu zählen die Subskalen: Vitalität (VITA), Soziale Funktionsfähigkeit (SOFU), Emotionale Rollenfunktion (EMRO) und Psychisches

Wohlbefinden (PSYC). Zum einen können die Werte der einzelnen Subskalen in der Auswertung bestimmt werden, aber es können auch zwei Summenskalen zum einfacheren Vergleich gebildet werden. Dabei handelt es sich um die körperliche und psychische Summenskala. Die errechneten Werte der einzelnen Subskalen quantifizieren die subjektive Gesundheit der Probanden.

Die Subskalen werden durch unterschiedlich viele Items des Fragebogens gebildet. Die genaue Verteilung ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

<u>Subskala</u>	<u>Itemzahl</u>
Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU)	10
Körperliche Rollenfunktion (KÖRO)	4
Körperliche Schmerzen (SCHM)	2
Allgemeiner Gesundheitszustand (AGES)	5
Vitalität (VITA)	4
Soziale Funktionsfähigkeit (SOFU)	2
Emotionale Rollenfunktion (EMRO)	3
Psychisches Wohlbefinden (PSYC)	5
Gesundheitsveränderung	1

Tabelle 4: Subskala und die Zahl der Items des SF-36

Zur Berechnung der einzelnen Rohwerte der verschiedenen Subskalen ist es notwendig die Antworten aller Items der Subskala zur addieren. Die Antworten mancher Items müssen allerdings zunächst noch angepasst werden: Bei sieben der 36 Items entspricht ein höherer Punktwert einem schlechteren Gesundheitszustand, deshalb müssen diese Werte umgepolt werden, damit bei allen Items ein hoher Punktwert einen guten Gesundheitszustand beschreibt. Bei weiteren drei Items des SF-36 liegt keine lineare Beziehung zwischen den Punktwerten und dem Gesundheitszustand vor, weshalb diese Werte, bevor die Summe zur Bestimmung der Subskalenwerte gebildet werden kann, rekaliert werden müssen.

Die genaue Berechnung der einzelnen Subskalen, nach Rekalibrierung und Umpolung der Itemwerte, entspricht dem Inhalt der folgenden Tabelle:

Subskala	Summe der endgültigen Itemwerte (nach Umkodierung der Items)	Niedrigster und höchster möglicher Itemrohwert	Mögliche Spannweite des Rohwertes
Körperliche Funktionsfähigkeit	$3a+3b+3c+3d+3e+3f+3g+3h+3i+3j$	10,30	20
Körperliche Rollenfunktion	$4a+4b+4c+4d$	4,8	4
Körperliche Schmerzen	$7+8$	2,12	10
Allgemeiner Gesundheitszustand	$1+11a+11b+11c+11d$	5,25	20
Vitalität	$9a+9e+9g+9i$	4,24	20
Soziale Funktionsfähigkeit	$6+10$	2,10	8
Emotionale Rollenfunktion	$5a+5b+5c$	3,6	3
Psychisches Wohlbefinden	$9b+9c+9d+9f+9h$	5,30	25

Tabelle 5: Formeln für die Berechnung und Transformation von Skalenwerten (Bullinger & Kirchberger, 1998)

Die ermittelten Skalenrohwerte der acht Subskalen können danach durch Transformation in einer 0 bis 100 Skala angegeben werden. Dazu dient folgende Formel:

$$\text{Transformierter Skalenwert} = 100 \times \frac{(\text{Skalenrohwert} - \text{niedrigst möglicher Rohwert})}{\text{Mögliche Spannweite der Rohwerte}}$$

Abbildung 4.2 Formel zur Ermittlung des transformierten Skalenwerts des SF-36

Hierbei steht die 0 für den schlechtmöglichsten Gesundheitszustand und 100 für den bestmöglichsten. Diese Transformation erleichtert den Vergleich und wird deshalb empfohlen.

Nun können aus den Mittelwerten der einzelnen Subskalenwerte mit Hilfe vorgegebener Werte der amerikanischen Normstichprobe die Werte der körperlichen und psychischen Summenskala ermittelt werden. Dabei stellt letztlich ein Wert von 50, bei einer Standardabweichung von 10, das arithmetische Mittel dar, mit welchem die berechneten Werte des Studienkollektivs verglichen werden können.

Der SF-36 wurde im Jahr 1994 an einer Bevölkerungsstichprobe, die annähernd 3000 Personen in Ost- und Westdeutschland umfasste, normiert. Die in einer Studienpopulation gewonnenen Werte können dadurch, um einen Vergleich des Studienkollektivs mit der deutschen Normbevölkerung zu erhalten, mit den Normwerten aus der deutschen Normstichprobe verglichen werden. (Bullinger & Kirchberger, 1998)

4.7 Auswertung der MRT- / CT- / Röntgenbilder

Anhand der MRT- und CT-Bildgebung wurde durch einen Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie retrospektiv der Dislokationsgrad, da dieser nicht in allen vorliegenden Patientenakten dokumentiert war, für unsere Studie bestimmt.

4.8 Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der Nachuntersuchungen wurden zunächst in pseudonymisierter Form in einer Excel-Tabelle aufgelistet. Die Bestimmung der Schultercores und des Ergebnisses des SF-36 wurde nach den oben genannten Methoden handschriftlich und ohne Verwendung von Auswertungssoftwares durchgeführt. Anschließend erfolgten stichprobenartig Fehlerkontrollen.

Zur Erstellung der deskriptiven Statistik wurde das Programm Microsoft Excel 2010, Redmond, USA genutzt.

Die statistische Auswertung wurde dann mit SigmaStat 3.1, SigmaPlot 8.02, Systat System Software Inc., Chicago, USA durchgeführt. Die Ergebnisse werden hier, wenn nicht anders bezeichnet, als arithmetisches Mittel mit Standardabweichung angegeben. Und der Wertebereich wird in eckigen Klammern dahinter aufgelistet. Außerdem wurde definiert, dass statistische Signifikanz bei einem $p < 0,05$ vorliegt. Als statistische Tests wurden der Mann-Whitney-U-Test und der t-Test verwendet.

Im nachfolgenden Ergebnisteil werden unter anderem auch Box-Whisker-Plots zur graphischen Darstellung verwendet. Die Whisker der Box-Whisker-Plots wurden nach dem Prinzip von John W. Tukey folgendermaßen erstellt: Die Whisker wurden auf das 1,5-Fache des Interquartilabstandes (IQR) begrenzt. Allerdings endete der Whisker nicht an dieser Schranke sondern, bei dem Wert der Daten, der noch innerhalb dieser Begrenzung lag. Werte, die mehr als das 1,5-Fache des IQRs, aber weniger als das 3-Fache des IQRs, von der Box entfernt waren, wurden mit einem Kreis markiert. Alle Werte, die von der Box weiter als das 3-Fache des IQRs entfernt waren, wurden mit einem Stern dargestellt. War keiner der Werte außerhalb des 1,5-Fachen des IQRs, dann wurde das Whiskerende durch den minimalen bzw. maximalen Wert der Daten festgelegt. (Nagel, et al., 1996)

5 Ergebnisse

5.1 Deskriptive Statistik

Demographische Daten

Patientenzahl

Im Zeitraum 2011 bis 2013 wurden insgesamt 44 Patienten an einer isolierten Tuberkulum majus Fraktur in der Abteilung für Unfallchirurgie im Klinikum rechts der Isar behandelt. Zusätzlich zur standardmäßigen Röntgenbildgebung in zwei Ebenen wurde bei 36 Patienten noch eine CT- oder MRT-Bildgebung durchgeführt. Bei den übrigen acht Patienten erfolgte nur die Röntgenbildgebung in zwei Ebenen.

Von den 44 zur Nachuntersuchung eingeladenen Patienten nahmen schließlich 25 (56,8%) teil. Die Gründe der 19 Patienten, die an der Nachuntersuchung nicht teilgenommen haben, waren unterschiedlich: bei 10 Patienten gelang es uns nicht sie zu kontaktieren; 4 Patienten hatten zwischenzeitlich einen weitentfernten Wohnort angenommen und wollten deshalb nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen; 4 Patienten hatten kein Interesse an der Nachuntersuchung, da sie keinerlei Beschwerden hatten und ein Patient war zum Zeitpunkt der Kontaktaufnahme schon verstorben.

Geschlechtsverteilung

Das Geschlechterverhältnis ist in unserer Studienpopulation relativ ausgeglichen. Entgegen der typischerweise in Studien zur isolierten Tuberkulum majus Fraktur vorliegenden Geschlechterverteilung überwogen in unserer Studienpopulation leicht die Frauen: Es nahmen 14 Frauen (56% des gesamten Studienkollektivs) und 11 Männer (44% des gesamten Studienkollektivs) an der Nachuntersuchung teil.

Patientenalter

Das Patientenalter wurde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung durch den Untersucher ermittelt.

Das arithmetische Mittel unserer Studienpopulation betrug zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung $53,7 \pm 15,3$ Jahre und zum Zeitpunkt des Traumas $51,5 \pm 15,3$ Jahre. Der/die jüngste Patient(-in) war am Tag der Nachuntersuchung 34 Jahre alt, der/die älteste Patient(-in) war 92 Jahre alt.

In der relativen Altersverteilung sieht man, dass mehr als die Hälfte des Studienkollektivs (52%) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung jünger als 50 Jahren sind. Der Median der Patientenpopulation liegt demzufolge bei 49 Jahren.

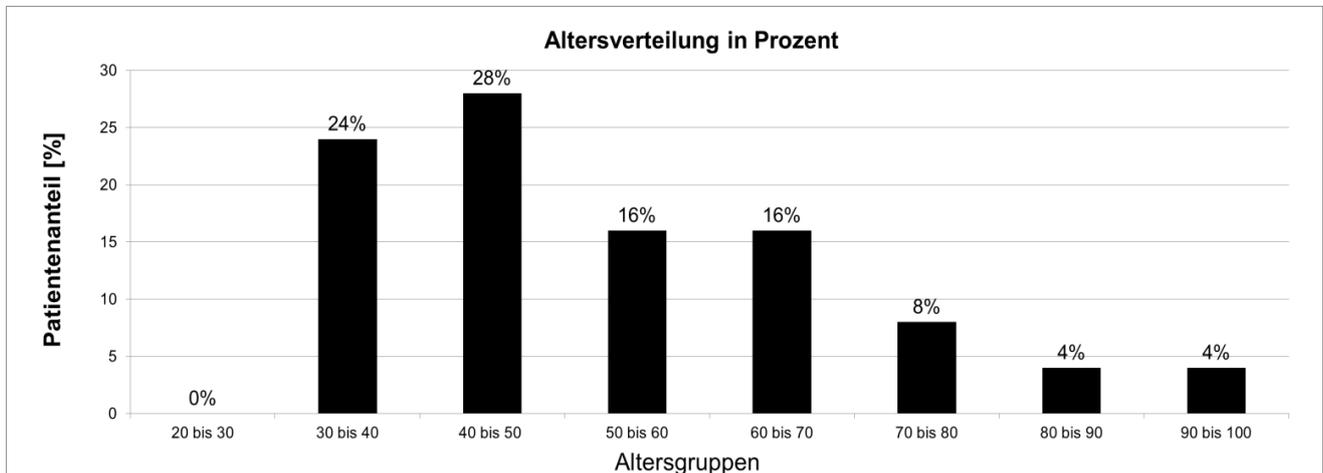


Abbildung 5.1: Relative Altersverteilung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Therapieverteilung

Von den insgesamt 25 nachuntersuchten Patienten unseres Studienkollektivs wurden 12 (48%) Patienten nach unserem konservativen Schema im Klinikum rechts der Isar behandelt. Demgegenüber wurden 13 (52%) Patienten operativ mit einer PHILOS[®]-Platte versorgt.

Von den konservativ therapierten Patienten waren 6 Patienten männlich und 6 Patienten weiblich. In der Gruppe der operativ behandelten Patienten waren 8 Frauen und 5 Männer eingeschlossen.

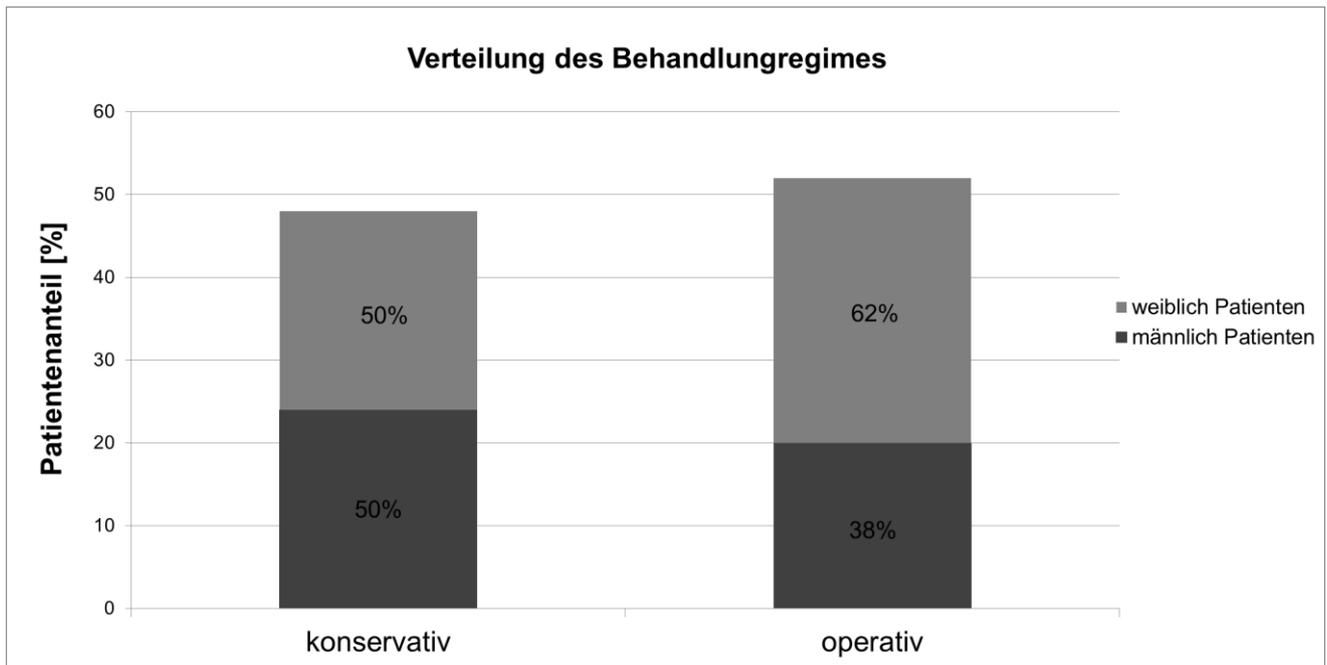


Abbildung 5.2: Verteilung des Behandlungsregimes

Traumamechanismus

Mit Hilfe der Anamnese konnte die Art des Traumas eruiert werden und schließlich in zwei Gruppen unterschieden werden. 10 Patienten gaben an, dass ein Sturz auf den ausgestreckten Arm zu einer anteroinferioren Luxation des glenohumeralen Gelenks und zur Fraktur des Tuberkulum majus führte. Dies entsprach einem Anteil von 40% am Gesamtkollektiv. Von diesen 10 Patienten wurden wiederum nur zwei Patienten konservativ behandelt. 8 Patienten wurden operativ therapiert.

Die größere Gruppe mit insgesamt 15 Patienten, also 60% des gesamten Studienkollektivs, berichteten dagegen von einem direkten Anpralltrauma der betroffenen Schulter, aus dem die Fraktur des Tuberkulum majus schließlich resultierte. Davon wurden 10 Patienten nach unserem konservativen Schema behandelt. Die restlichen 5 Patienten mussten dagegen nach dem direkten Sturz auf die Schulter operativ therapiert werden.

Dislokationsgrad

Von den 12 konservativ therapierten Patienten lag nur bei zwei Patienten eine Dislokation der Fragmente vor. Die durchschnittliche Fragmentdislokation, die mit Hilfe der radiologischen Bildgebung ermittelt wurde, betrug bei diesen 2 Patienten $2,5 \pm 0,95$ mm.

Das arithmetische Mittel der Fragmentdislokation der 13 operativ versorgten Patienten betrug $8,9 \pm 2,7$ mm.

Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Follow-up Zeit)

Die Nachuntersuchung im Klinikum rechts der Isar in München fand im arithmetischen Mittel $21,4 \pm 9,5$ Monate nach der Erstbehandlung statt. Die früheste Nachuntersuchung war ein Monat nach der Erstbehandlung, die späteste Nachuntersuchung fand 38 Monate nach der Therapie statt.

Munich Shoulder Questionnaire (MSQ)

Gesamtes Studienkollektiv

Das gesamte Studienkollektiv konnte bei den Nachuntersuchungen einen durchschnittlichen MSQ-Wert (Munich Shoulder Questionnaire) von $84,3 \pm 16,1$ erreichen. Der niedrigste erzielte Wert eines Patienten lag bei 32 Punkten, der höchste MSQ-Wert des gesamten Studienkollektivs betrug 98.

Wie oben beschrieben, wurden aus dem MSQ-Wert die Werte für cSPADI, cDASH und cCMS errechnet.

Das arithmetische Mittel des cSPADI der gesamten Studienpopulation betrug $88,1 \pm 19,3$ Punkte. Das Minimum lag bei 25 Punkten, das Maximum bei 100 Punkten. Beim cSPADI war bei unserem Studienkollektiv ein Deckeneffekt zu beobachten. 7 der insgesamt 25 nachuntersuchten Patienten konnten die maximal möglichen 100 Punkte erzielen.

Der umgerechnete reziproke durchschnittliche cDASH-Wert des Gesamtkollektivs betrug $87,8 \pm 17,4$. Einen cDASH-Wert von 100 Punkten hatten 9 Patienten. Folglich konnte von uns auch hier ein Deckeneffekt beobachtet werden. Der niedrigste erreichte cDASH-Wert unseres gesamten Untersuchungskollektivs lag bei 42 Punkten. 50% der Patienten hatten cDASH-Werte zwischen 85 und 100 Punkten. Somit ergab sich ein Interquartilabstand des cDASHs von 15 Punkten.

Außerdem wurde noch der Constant-Murley-Score (cCMS) aus dem MSQ-Wert des Gesamtkollektivs berechnet. Dieser lag im Durchschnitt bei $75,6 \pm 15,3$. Der mit Abstand niedrigste, durch einen Patienten erreichte, cCMS lag bei 22 Punkten. Dieser Wert ist als Ausreißer nach unten zu interpretieren. Der maximale, durch einen nachuntersuchten Patienten erzielte, cCMS-Wert betrug 95 Punkte.

Den ermittelten cCMS wurde wiederum in den adaptierten Constant-Murley-Score nach Katolik et al. umgerechnet und dieser dann nach dem Prinzip von Boehm bewertet.

Der adaptierte cCMS des Studienkollektivs lag bei 86 ± 18 %. Nach der Einteilung von Boehm entspricht dies der Kategorie „good“. (Katolik, et al., 2005) (Gohlke & Hedtmann, 2002)

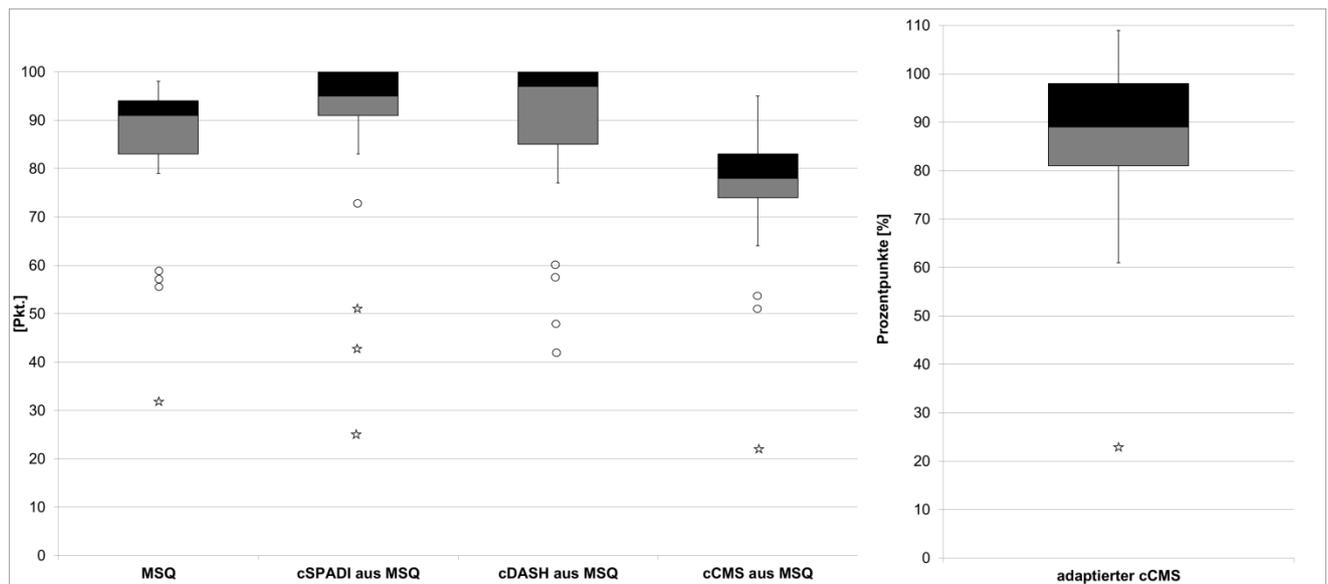


Abbildung 5.3: Schulter scores - Gesamtkollektiv

Das arithmetische Mittel der retrospektiv aus dem MSQ gewonnenen Werte für die Anteversion der Schulter betrug für das Gesamtkollektiv $163,2 \pm 29,5^\circ$. Der auf gleiche Weise berechnete Mittelwert der Abduktion der Schulter belief sich auf $159,6 \pm 32,6^\circ$.

Zur weiteren Differenzierung wurde die Studienpopulation in vier Untergruppen unterteilt. Zum einen wurden zwei Untergruppen nach dem Traumamechanismus unterschieden. Die beiden anderen Untergruppen differierten nach der Behandlungsart.

Untergruppe: Tuberkulum majus Fraktur nach Luxation

Das durchschnittliche Alter dieser Untergruppe betrug $55,0 \pm 14,3$ Jahre. Das arithmetische Mittel der Follow-up Zeit war $23,7 \pm 5,95$ Monate.

Die Patienten in der Untergruppe, die durch einen Sturz auf den ausgestreckten Arm und durch eine daraus resultierende glenohumerale Luxation, eine Fraktur des Tuberkulum majus erlitten, erzielten im arithmetischen Mittel einen MSQ-Wert von $90,8 \pm 5,3$. Der niedrigste erreichte MSQ-Score lag in dieser Subpopulation bei 79 Punkten, der maximale Wert betrug 97 Punkte. Der aus dem MSQ-Wert berechnete cSPADI betrug in dieser Gruppe durchschnittlich $96,2 \pm 5,3$ Punkte. Der größte in dieser Subgruppe erreichte Wert des cSPADI betrug 100. Diese Zahl wurde von 2 Patienten erreicht. Der niedrigste erzielte cSPADI-Wert lag bei immerhin 91 Punkten.

Ebenso waren die cDASH-Werte der Patienten dieser Subgruppe nicht weit gestreut. Das arithmetische Mittel bezifferte sich auf $96,0 \pm 5,1$ Punkte. Der niedrigste cDASH-Wert betrug 85

Punkte, die größte erreichte Punktzahl dagegen 100 Punkte. Dieser Wert wurde von 3 der insgesamt 12 Patienten dieser Subgruppe unserer Studienpopulation erzielt.

Der cCMS dieser Untergruppe war durchschnittlich bei $80,2 \pm 8,2$ Punkten. Die cCMS-Werte liegen im Bereich von maximal erreichten 91 Punkten und minimal erzielten 64 Punkten. Nach der nach Katolik et. al durchgeführten alters- und geschlechtsspezifischen Anpassung ergaben sich durchschnittliche adaptierte cCMS-Werte von $89,8 \pm 9,2$ %. Nach der Klassifikation von Boehm entspricht dies wie im Gesamtkollektiv auch der Kategorie „good“. Das Minimum lag bei 67%. Der maximale Wert war 100% und wurde von zwei Patienten erzielt. (Katolik, et al., 2005) (Gohlke & Hedtmann, 2002)

Das arithmetische Mittel der retrospektiv aus dem MSQ gewonnenen Werte für die Anteversion der Schulter betrug für diese Untergruppe $168,0 \pm 14,7^\circ$. Der auf gleiche Art berechnete Mittelwert der Abduktion der Schulter belief sich auf $162,0 \pm 30,6^\circ$.

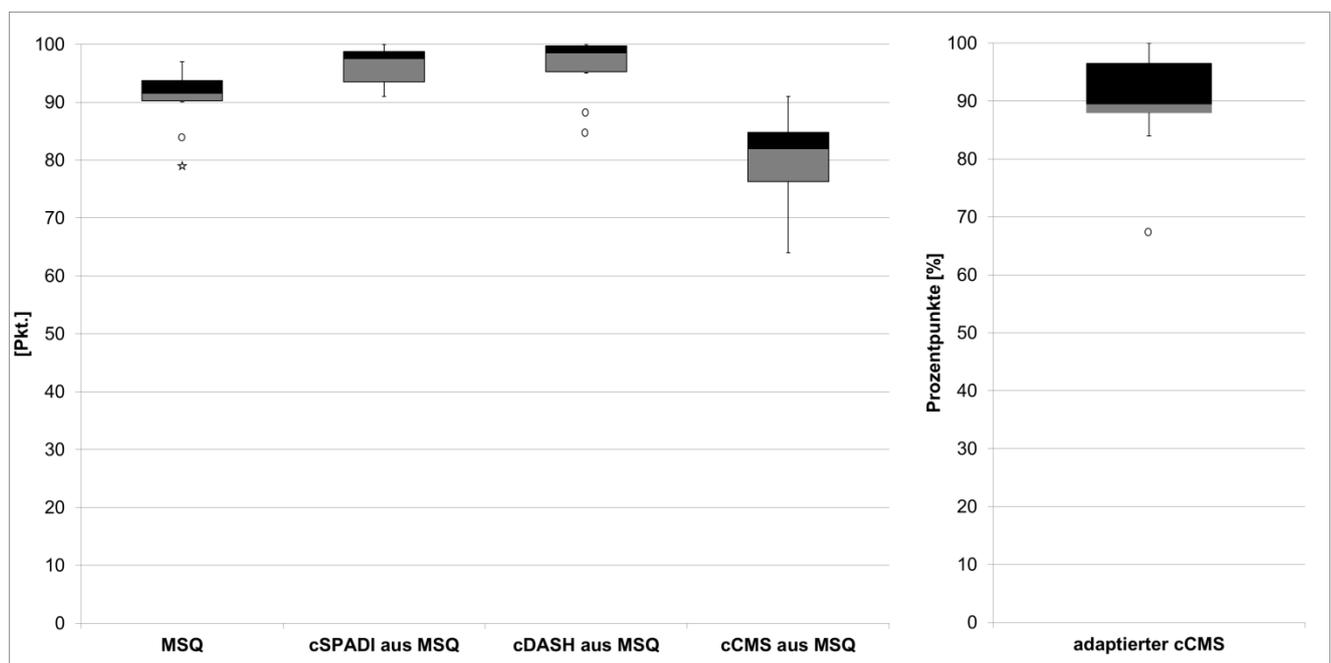


Abbildung 5.4: Schulterscores - Untergruppe „Luxation“

Untergruppe: Tuberkulum majus Fraktur nach direktem Anprall

Das durchschnittliche Alter der Untergruppe war $52,8 \pm 15,9$ Jahre. Der Mittelwert der Follow-up Zeit lag bei $19,9 \pm 11,0$ Monaten.

Der durchschnittliche MSQ-Wert bei den Patienten, die durch einen direkten Anprall auf die Schulter eine Tuberkulum majus Fraktur erlitten, betrug $79,9 \pm 19,1$. Damit ist das arithmetische Mittel dieser Untergruppe um 10,9 Punkte kleiner als das der Gruppe, in welcher die Patienten durch eine

Schultergelenkluxation eine Fraktur des Tuberkulum majus erlitten. Ein Patient erzielte im MSQ sogar nur einen Wert von 32 Punkten. Dies war der niedrigste MSQ-Wert dieser Untergruppe. Das Maximum dieser Untergruppe lag bei 98 Punkten.

Erneut haben wir den cSPADI aus den MSQ-Werten berechnet. Das arithmetische Mittel dieser Untergruppe lag bei $82,7 \pm 23,3$ Punkten. Wie beim Gesamtkollektiv konnte auch in dieser Subgruppe ein Deckeneffekt beim cSPADI beobachtet werden. 5 der insgesamt 15 Patienten hatten im cSPADI den Maximalwert von 100 Punkten. Das Minimum lag bei 25 Punkten.

Die durchschnittliche Punktzahl des cDASH-Scores lag bei $82,3 \pm 20,3$ Punkten. Beim cDASH war ein Deckeneffekt in dieser Untergruppe zu erkennen. 6 Patienten hatten im cDASH das Maximum von 100 Punkten erreicht. Der schlechteste und damit niedrigste cDASH-Wert betrug 42 Punkte.

Das arithmetische Mittel des cCMS betrug $72,6 \pm 17,97$ Punkte. Ein Patient hatte mit 22 Punkten den niedrigsten cCMS. Nach der Umrechnung in den adaptierten cCMS nach Katolik et al. sind bei 3 Patienten die erreichten Prozentzahlen (102%; 104%; 109%) größer als die eigentlich maximal möglichen 100%. 6 der insgesamt 15 Patienten dieser Untergruppe hatten einen adaptierten cCMS von mehr als 91%, was nach der Bewertungsgrundlage von Böhm der Kategorie „excellent“ entspricht. Nach der Umrechnung betrug das arithmetische Mittel des adaptierten cCMS $83,5 \pm 21,0$ %. Dies entspricht in der Bewertung nach Boehm der Kategorie „good“. (Katolik, et al., 2005) (Gohlke & Hedtmann, 2002)

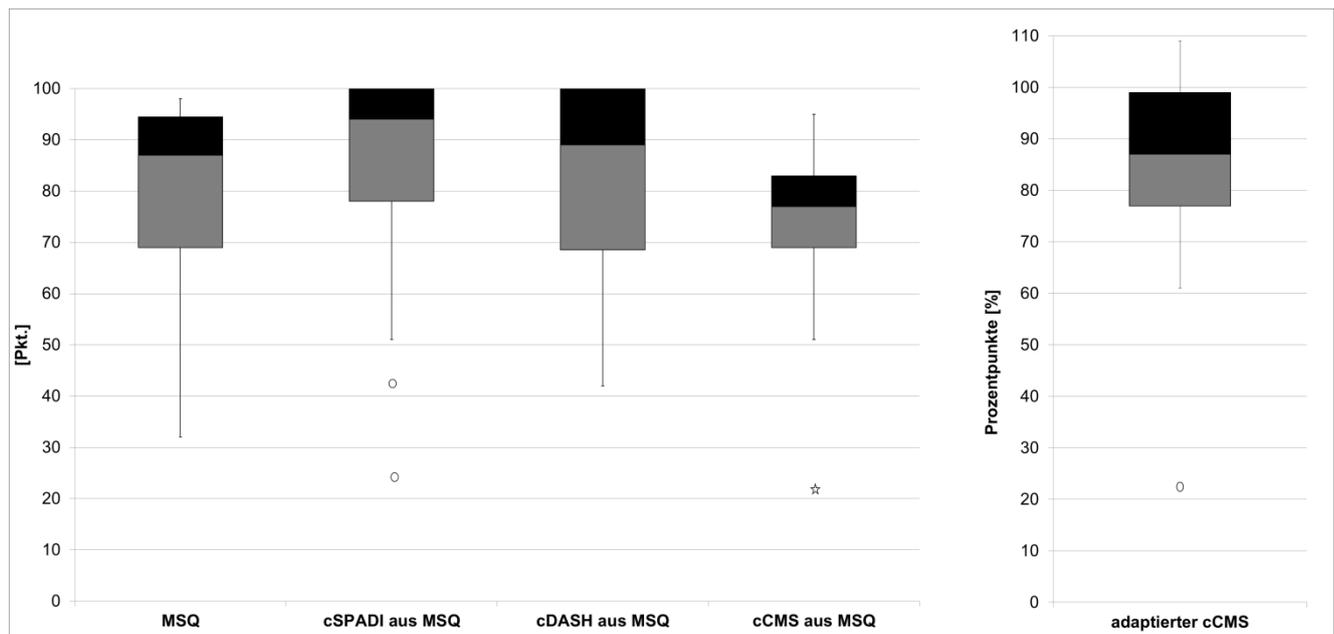


Abbildung 5.5: Schulterscores - Untergruppe „Direkter Anprall“

Das arithmetische Mittel der retrospektiv aus dem MSQ gewonnenen Werte für die Anteversion der Schulter betrug für diese Untergruppe $160,0 \pm 35,8^\circ$. Der auf gleiche Art berechnete Mittelwert der Abduktion der Schulter belief sich auf $158,0 \pm 33,7^\circ$.

Untergruppe: Konservativ behandelte Patienten

Das durchschnittliche Alter der Untergruppe betrug $53,6 \pm 16,4$ Jahre. Der Mittelwert der Follow-up Zeit lag bei $15,7 \pm 8,4$ Monaten.

Das arithmetische Mittel des MSQ-Scores aller Patienten, die nach dem konservativen Therapieschema behandelt wurden, lag bei $80,1 \pm 19,6$ Punkten. 50% der Patienten hatten zwischen 77 (unteres Quartil) und 95 (oberes Quartil) Scorepunkten im MSQ. Der Interquartilabstand betrug somit 18 Punkte. Der, von einem Patienten erreichte, maximale Score betrug 98 Punkte. Ein Patient erreichte in der Nachuntersuchung lediglich 32 Punkte im MSQ.

Durchschnittlich lag das aus dem MSQ errechnete Ergebnis für den cSPADI bei $83,6 \pm 23,8$ Punkte. Es konnte wieder ein Deckeneffekt beobachtet werden: 4 der insgesamt 12 Patienten erzielten die Maximalpunktzahl von 100 Punkten. Der Interquartilabstand betrug 19,5 Punkte. Der niedrigste cSPADI-Score eines Patienten lag bei 25 Punkten.

Der Mittelwert des errechneten cDASH-Scores dieser Subgruppe betrug $82,4 \pm 20,3$ Punkte. 4 der insgesamt 12 Patienten erzielten in der Nachuntersuchung einen maximalen cDASH-Score von 100 Punkten. Das Minimum lag bei 42 Punkten. Der cDASH-Score betrug durchschnittlich $17,6 \pm 20,3$.

Das arithmetische Mittel des aus dem MSQ errechneten cCMS lag $73,1 \pm 18,9$ Punkten. Das Maximum betrug 95 Punkte, das Minimum lag bei 22 Punkten. 50% der Patienten erreichten Werte zwischen 68,5 und 83 Punkten. Dies entspricht dem Interquartilabstand von 14,5 Punkten. Darüber hinaus wurde erneut der adaptierte cCMS nach Katolik et al. bestimmt und danach nach der Bewertungssystematik von Boehm beurteilt. Der durchschnittliche adaptierte cCMS lag bei $81,9 \pm 20,2$ % und war damit größer als der cCMS. Nach Boehm entspricht dies der Bewertung „good“. 2 Patienten erreichten den maximalen adaptierten cCMS von 100 %. Somit lag auch hier ein Deckeneffekt vor. Das Minimum lag hier bei 23 %. (Katolik, et al., 2005) (Gohlke & Hedtmann, 2002)

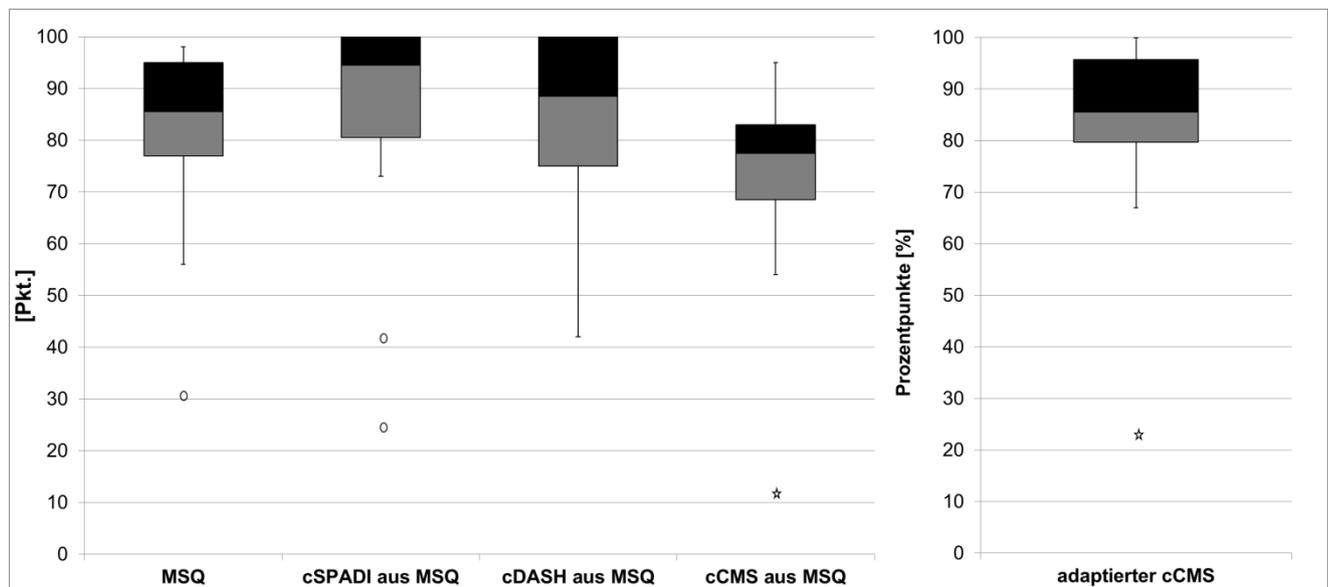


Abbildung 5.6: Schulter scores - Untergruppe „konservative Therapie“

Das arithmetische Mittel der retrospektiv aus dem MSQ gewonnenen Werte für die Anteversion der Schulter betrug für diese Untergruppe $162,5 \pm 33,5^\circ$. Der auf gleiche Art berechnete Mittelwert der Abduktion der Schulter belief sich auf $155,0 \pm 36,4^\circ$.

Untergruppe: Operativ behandelte Patienten

Das durchschnittliche Alter der Untergruppe betrug $53,2 \pm 14,6$ Jahre. Der Mittelwert der Follow-up Zeit lag bei $26,7 \pm 7,1$ Monaten.

Das arithmetische Mittel der MSQ-Scores der operativ therapierten Patienten war mit $88,1 \pm 10,5$ Punkten um 8,1 Punkte größer als das der konservativ behandelten Patienten. Der Interquartilabstand war dagegen mit nur 4 Punkten um 14 Punkte kleiner als der Interquartilabstand des MSQ der konservativ therapierten Untergruppe. 50 % der nachuntersuchten Patienten dieser Untergruppe hatten im MSQ einen Wert zwischen 90 und 94 Punkten. Der größte, von einem Patienten erreichte MSQ-Wert, lag bei 97 Punkten. Ein Patient hatte in der Nachuntersuchung einen MSQ-Wert von 57 Punkten, dies entsprach dem Minimum.

Der durchschnittliche cSPADI-Score dieser Untergruppe betrug $92,2 \pm 12,7$ Punkte. Hier wiederum konnte ein Deckeneffekt beobachtet werden: 3 Patienten hatten im errechneten cSPADI den maximal möglichen Wert von 100 Punkten. Der niedrigste erreichte cSPADI-Score lag bei 51 Punkten. Die Hälfte der Patienten dieser Subgruppe hatte einen cSPADI-Wert zwischen 91 und 99 Punkten.

Das arithmetische Mittel des errechneten reziproken cDASH-Scores lag bei $92,7 \pm 12,3$ Punkten. Fünf der 13 Patienten dieser Untergruppe erzielten den maximalen Wert von 100 Punkten. Somit war auch im cDASH-Score ein Deckeneffekt zu beobachten. 50% der Patienten hatte cDASH-Werte zwischen 95 und 100. Ein Patient hatte mit 57 Punkten den niedrigsten cDASH-Wert dieser Untergruppe. Der cDASH-Score betrug durchschnittlich $7,3 \pm 12,3$ Punkte.

Außerdem wurde auch in dieser Subgruppe erneut der cCMS-Score aus den MSQ-Werten errechnet und erneut der adaptierte cCMS nach Katolik et al. ermittelt. Der durchschnittliche cCMS lag bei $77,9 \pm 10,5$ Punkten. Nach der Umrechnung in adaptierten cCMS ergab sich für diesen ein arithmetisches Mittel von $89,9 \pm 13,6$ %. Nach der Bewertungsgrundlage von Böhm entspricht dies erneut der Bewertung „good“. Die Hälfte der Patienten hatte einen adaptierten cCMS zwischen 88 und 100%. 3 Patienten hatten eine adaptierten cCMS von mehr als 100% (102%, 104% und 109%). In der Kategorie „excellent“ nach Böhm waren von dieser Subgruppe 6 der 13 Patienten dieser Untergruppe. Der niedrigste adaptierte cCMS eines Patienten betrug 61%. (Katolik, et al., 2005) (Gohlke & Hedtmann, 2002)

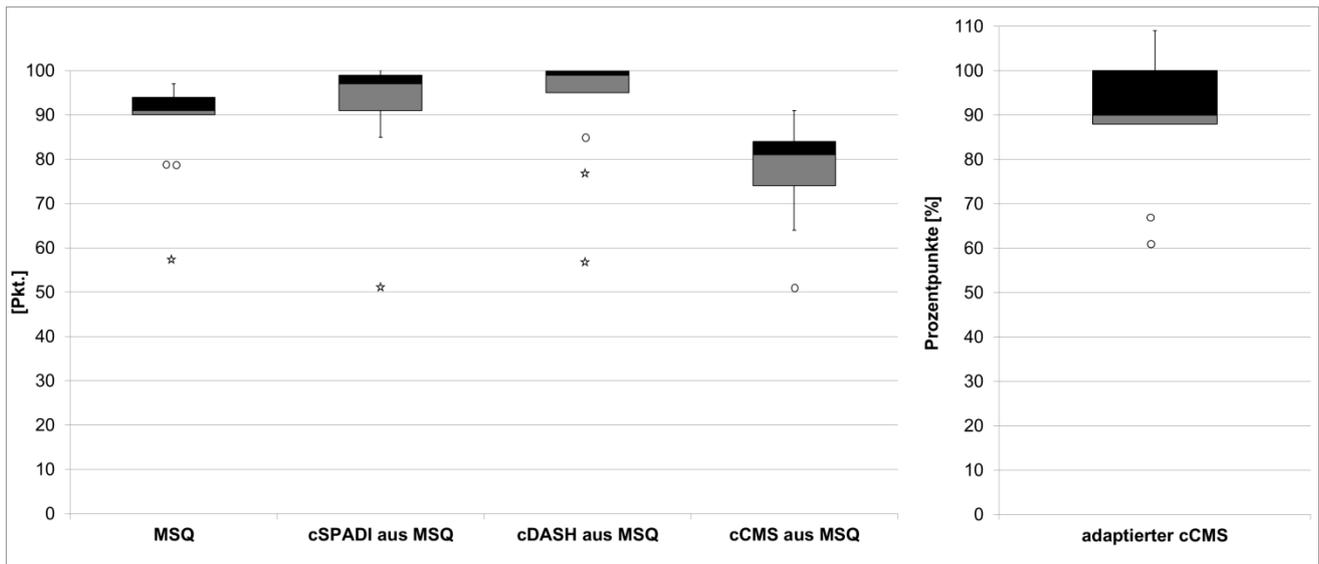


Abbildung 5.7: Schulderscores - Untergruppe „operative Therapie“

Das arithmetische Mittel der retrospektiv aus dem MSQ gewonnenen Werte für die Anteversion der Schulter betrug für diese Untergruppe $163,9 \pm 25,3^\circ$. Der auf gleiche Art berechnete Mittelwert der Abduktion der Schulter belief sich auf $163,9 \pm 27,9^\circ$.

Short Form-36 (SF-36)

Für die acht, vom SF-36 erfassten Dimensionen, wurden die Mittelwerte bestimmt und graphisch dargestellt.

Die Mittelwerte der einzelnen Dimensionen des Gesamtkollektivs entsprachen in etwa denen der deutschen Normstichprobe von Bullinger und Kirchberger, wie die folgenden Abbildungen aufzeigen. (Bullinger & Kirchberger, 1998)

Der Mittelwert der ermittelten „körperlichen Summenskala“ des Gesamtkollektivs lag bei 48,7 (96,9%) und war damit nur geringfügig schlechter als der Wert der deutschen Normstichprobe, welcher bei 50,21 liegt.

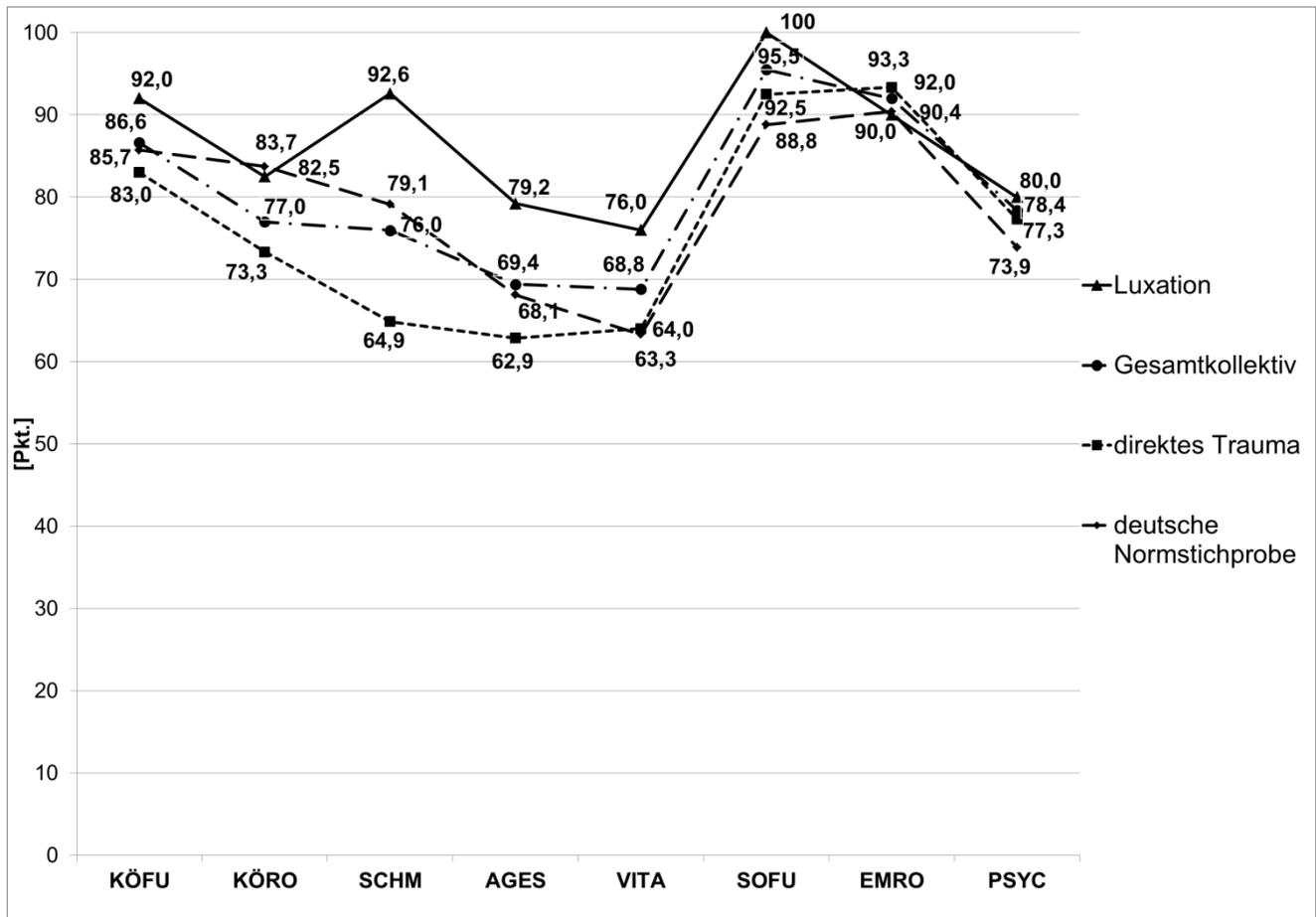


Abbildung 5.8: Mittelwerte der acht Dimensionen des SF-36 der Untergruppen „Luxation“, „Gesamtkollektiv“, „direktes Trauma“ und der deutschen Normstichprobe von Bullinger und Kirchberger (Bullinger & Kirchberger, 1998)

In Abbildung 5.8 sind die Mittelwerte der verschiedenen Dimensionen der zwei Untergruppen „Luxation“ und „direktes Trauma“ den Mittelwerten des „Gesamtkollektivs“ und der „deutschen Normstichprobe“ von Bullinger und Kirchberger (Bullinger & Kirchberger, 1998) gegenübergestellt. In den Dimensionen KÖFU ($92,0 \pm 10,1$), KÖRO ($82,5 \pm 31,7$), SCHM ($92,6 \pm 17,5$), AGES ($79,2 \pm 18,5$), VITA ($76,0 \pm 15,8$) und SOFU (100 ± 0) waren die Mittelwerte der Patienten, deren Fraktur des Tuberkulum majus mit einer Schulterluxation assoziiert war, besser als die jeweiligen Mittelwerte der deutschen Normstichprobe, des Gesamtkollektivs und der Patienten, deren Fraktur durch ein direktes Trauma auf die Schulter entstanden ist.

Das arithmetische Mittel der „körperlichen Summenskala“ der Patienten, deren Fraktur des Tuberkulum majus mit einer Schulterluxation assoziiert waren, lag bei 53,7. Der Mittelwert der „psychischen Summenskala“ dieser Patienten betrug 54,6.

Bei den Patienten mit einer Fraktur des Tuberkulum majus nach direktem Trauma auf die betroffene Schulter war das arithmetische Mittel der „körperlichen Summenskala“ bei 45,3. Der Mittelwert der „psychischen Summenskala“ dieser Untergruppe betrug 54,6.

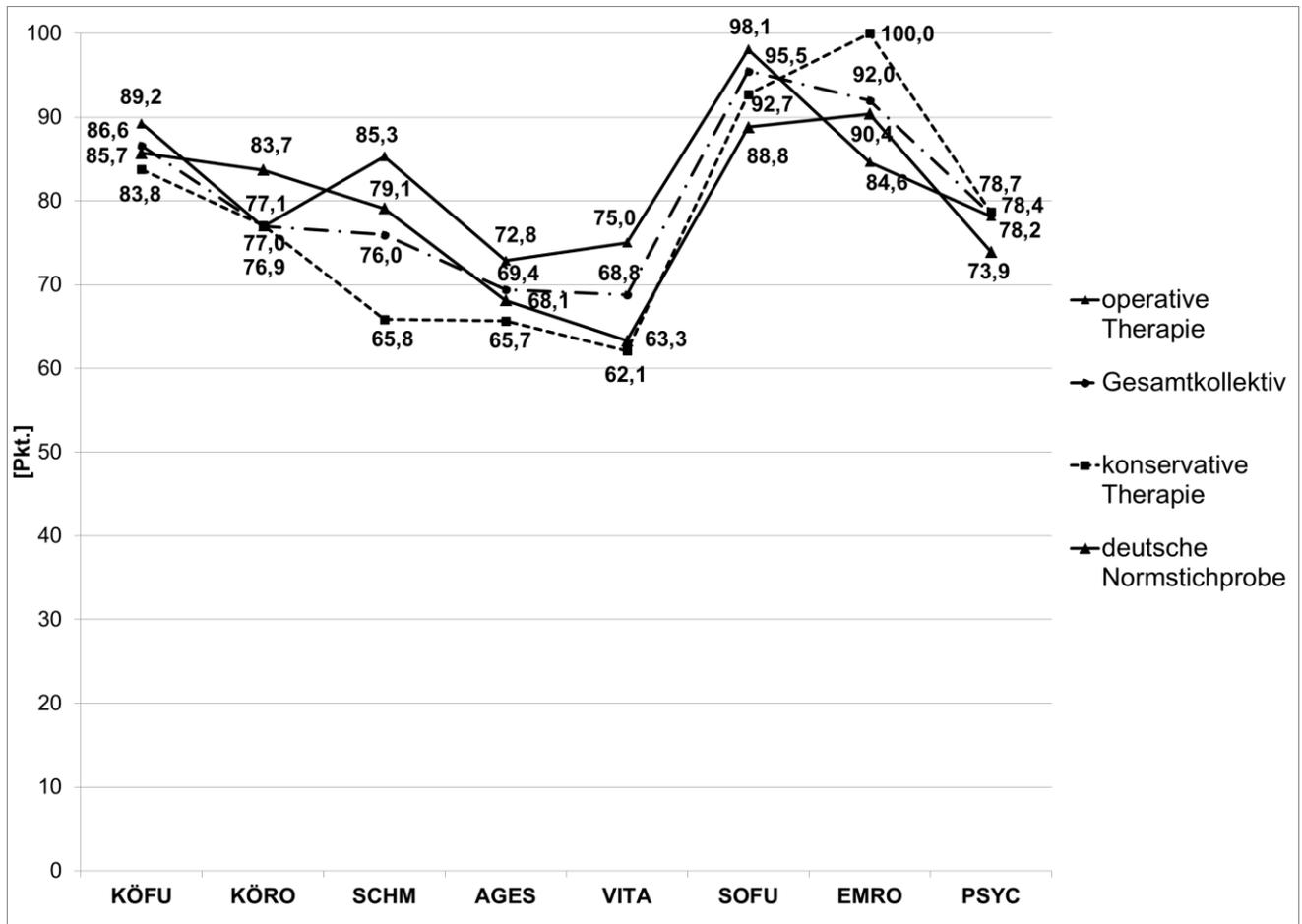


Abbildung 5.9: Mittelwerte der acht Dimensionen des SF-36 der Untergruppen „operative Therapie“, „Gesamtkollektiv“, „konservative Therapie“ und der deutschen Normstichprobe von Bullinger und Kirchberger (Bullinger & Kirchberger, 1998)

In Abbildung 5.9 wurden die Mittelwerte der acht Dimensionen des SF-36 der beiden Therapiearten („konservativ“ und „operativ“) mit den jeweiligen Mittelwerten der „deutschen Normstichprobe“ von Bullinger und Kirchberger verglichen. (Bullinger & Kirchberger, 1998)

Die „körperliche Summenskala“ der operativ versorgten Patienten betrug 51,4. Die „psychische Summenskala“ dieser Patienten lag bei 53,9.

Im Vergleich dazu war die „körperliche Summenskala“ der konservativ therapierten Patienten 45,8. Die „psychische Summenskala“ dieser Untergruppe wiederum betrug 55,3.

Komplikationen

Bei keinem der Patienten des gesamten nachuntersuchten Studienkollektivs wurde eine der bekannten allgemeinen chirurgischen Komplikationen, wie zum Beispiel Wundinfektionen oder Materialversagen, festgestellt. Auch intraoperativ kam es zu keiner Komplikation.

Ein Impingement der Osteosyntheseplatte unter dem Acromion ist eine für die plattenosteosynthetische Versorgung spezifische Komplikation. Wir konnten diese Komplikation bei 2 (15,4%) der insgesamt 13 operativ versorgten Patienten beobachten. Als Folge dessen wurde die Platte operativ entfernt. Drei weitere Patienten hatten ohne vorliegende Symptomatik den Wunsch, dass die Platte operativ entfernt wird. Insgesamt erfolgte demnach bei 5 (38,5%) der 13 Patienten eine operative Entfernung der Osteosyntheseplatte. Im arithmetischen Mittel fand diese Operation $13,6 \pm 2,5$ Monate [10-16 Monate] nach der operativen Versorgung der Tuberkulum majus Fraktur statt. Der kürzeste Abstand zwischen der plattenosteosynthetischen Versorgung der Fraktur des Tuberkulum majus und der operativen Entfernung der Osteosyntheseplatte betrug 10 Monate.

5.2 Vergleichende Statistik

Traumamechanismus: Luxation vs. Direkter Anprall

Zur Beantwortung der Frage, ob zwischen den beiden Subgruppen (Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation und nach direktem Anprall) in der klinischen Nachuntersuchung ein signifikanter Unterschied der Ergebnisse vorlag, wurde der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben angewandt. Auch wenn die Mittelwerte, wie soeben dargestellt, für den MSQ, cDASH, cSPADI, cCMS, adaptierten cCMS und für die körperliche Summenskala des SF-36 bei den Patienten mit einer Fraktur des Tuberkulum majus nach einer Luxation größer waren als die bei den Patienten nach einer Fraktur des Tuberkulum majus nach einem direkten Anprall, konnte in keinem der Scores ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zwischen den beiden Untergruppen festgestellt werden.

MSQ:

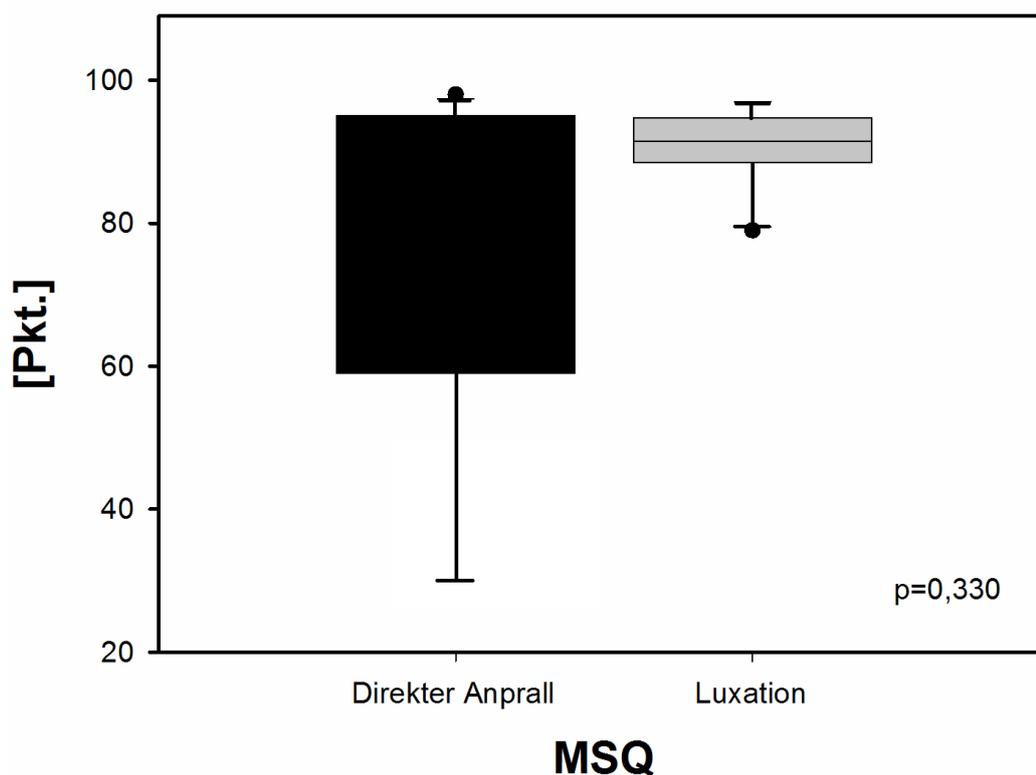


Abbildung 5.10: MSQ – Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.10. sind die MSQ-Werte der Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-

U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,330 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

cDASH:

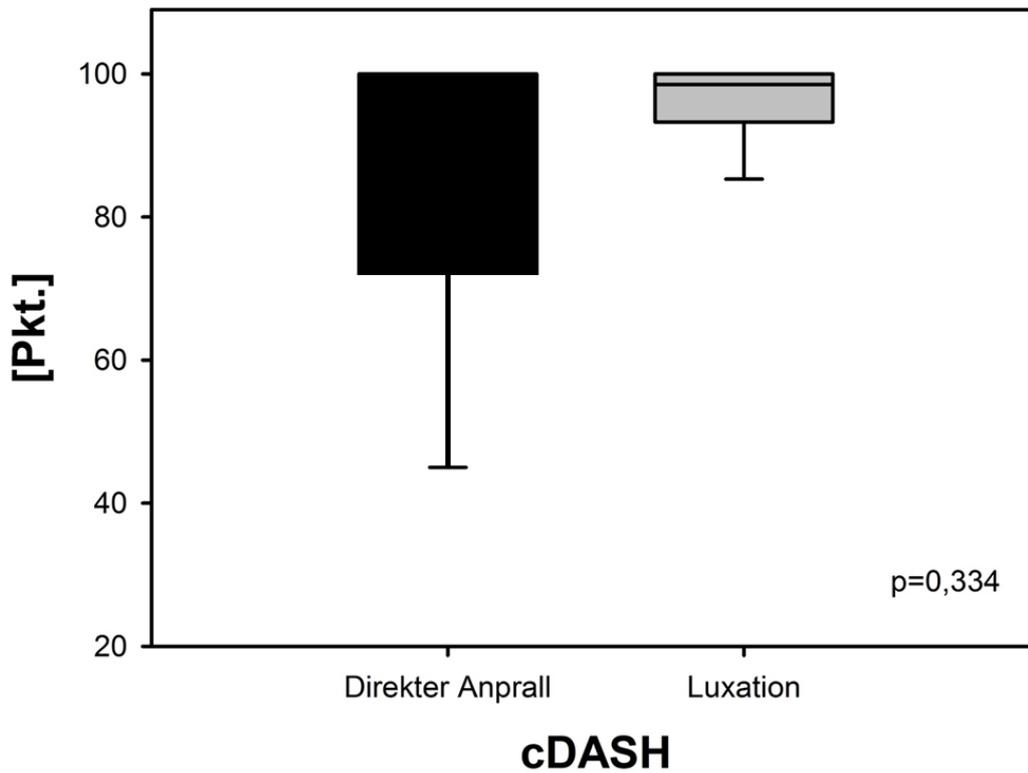


Abbildung 5.11: cDASH – Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.11. sind die cDASH-Werte der Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,334 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

cSPADI:

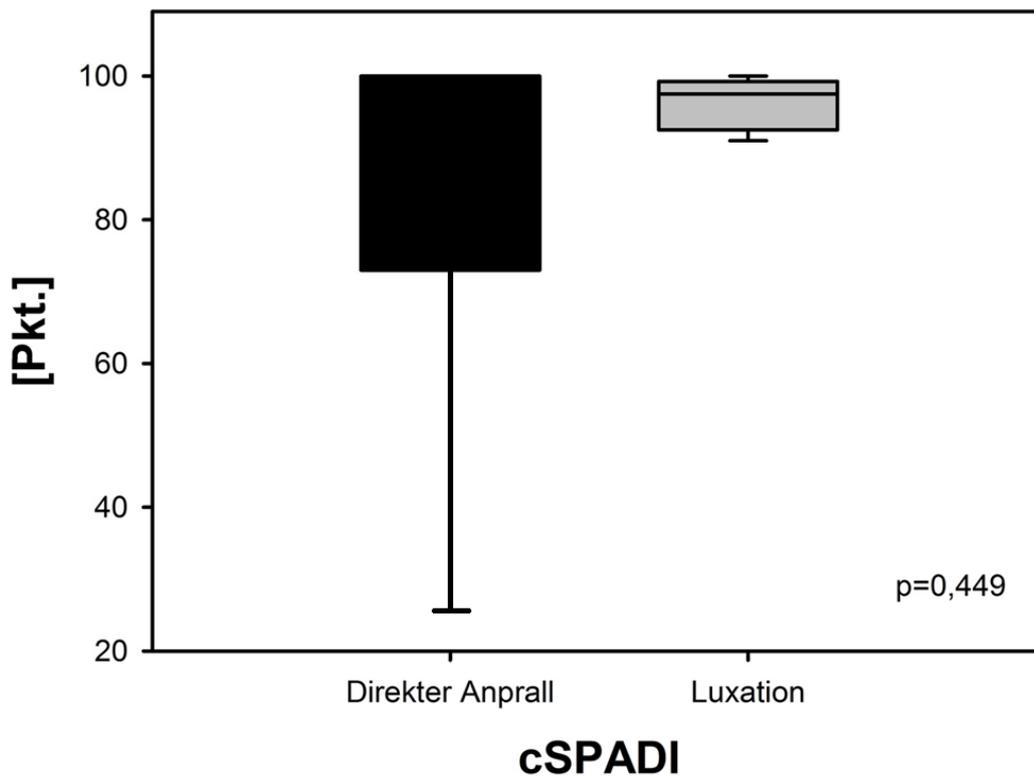


Abbildung 5.12: cSPADI – Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.12. sind die cSPADI-Werte der Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,449 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

cCMS:

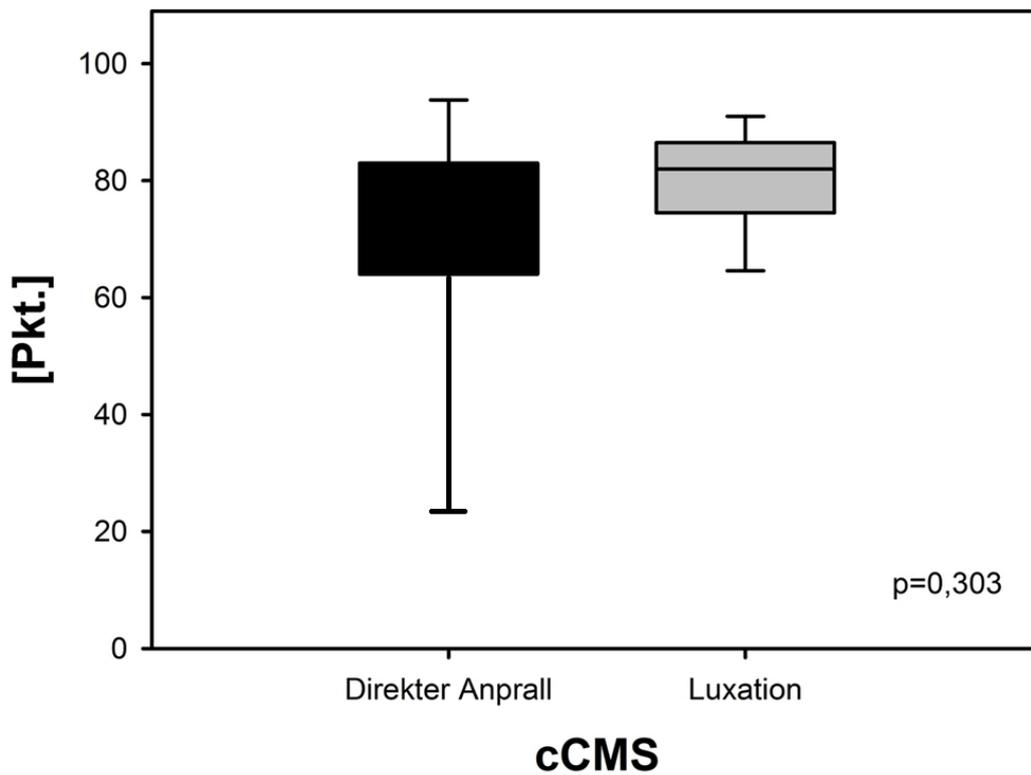


Abbildung 5.13: cCMS- Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.13. sind die cCMS-Werte der Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,303 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

adaptierter cCMS:

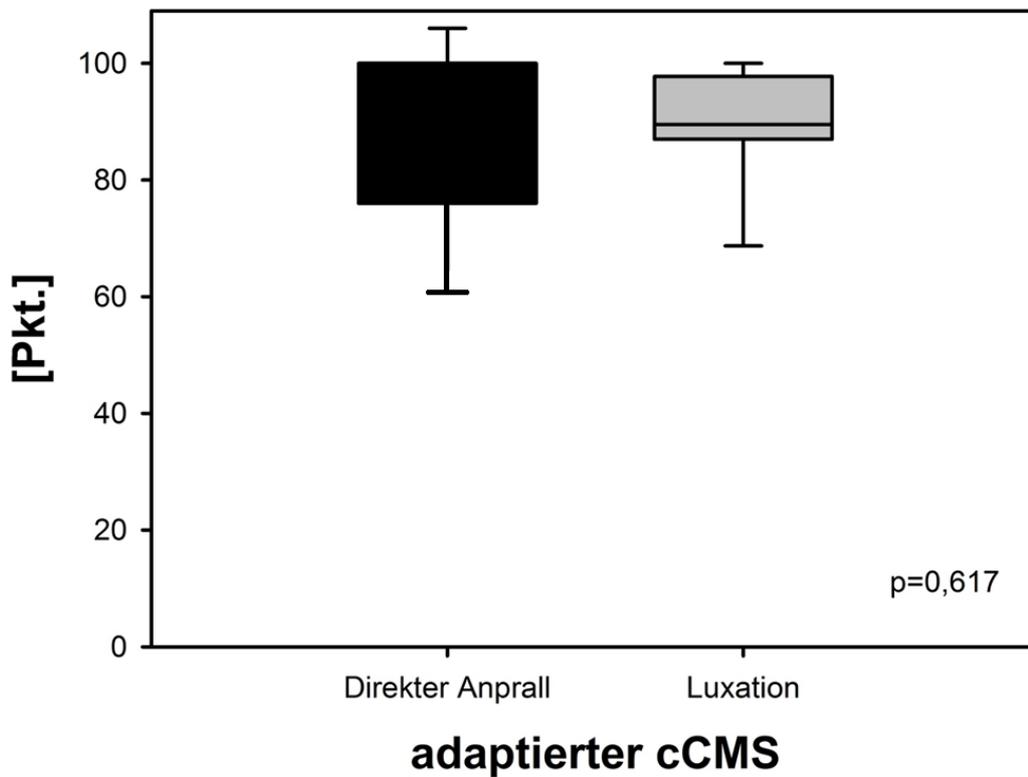
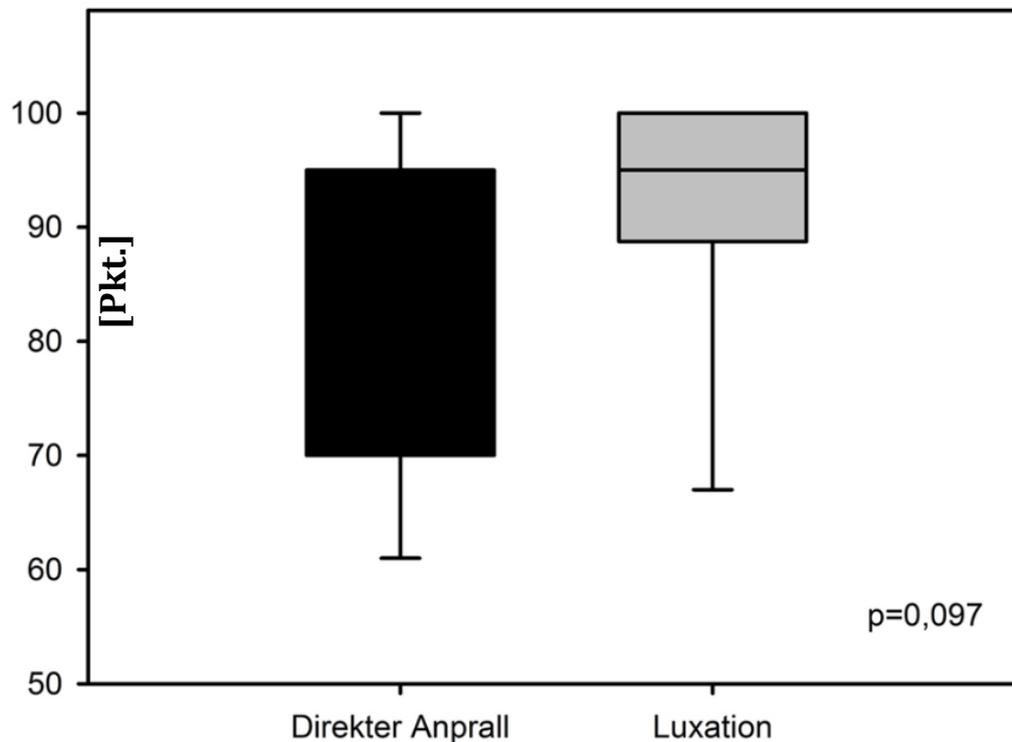


Abbildung 5.14: adaptierter cCMS – Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.14. sind die adaptierten cCMS-Werte der Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,617 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

SF-36 – Körperliche Funktionsfähigkeit:

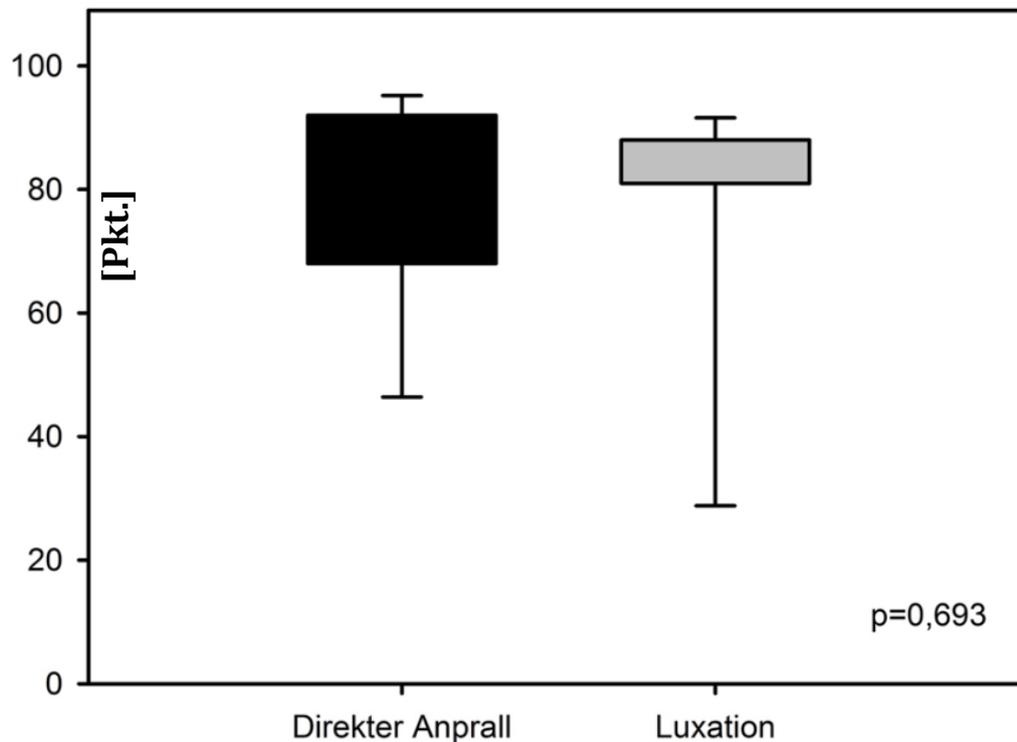


SF-36 - Körperliche Funktionsfähigkeit

Abbildung 5.15: SF-36 Körperliche Funktionsfähigkeit – Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.15. sind die Werte der Subskala “Körperliche Funktionsfähigkeit” des SF-36 der Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,097 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

SF-36 – Psychisches Wohlbefinden:



SF-36 - Psychisches Wohlbefinden

Abbildung 5.16: SF-36 Psychisches Wohlbefinden – Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.16. sind die Werte der Subskala “Psychisches Wohlbefinden” des SF-36 der Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,097 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

Therapie: Operativ vs. Konservativ

Im Folgenden wurde wiederum mit dem Mann-Whitney-U-Test überprüft, ob ein signifikanter Unterschied der Ergebnisse zwischen den beiden Untergruppen (konservative und operative Therapie) vorlag. Obwohl die Mittelwerte des MSQs, des cDASHs, des cSPADIs, des cCMSs, des adaptierten cCMSs und der körperlichen und psychischen Summenskala des SF-36 bei den Patienten, die mit der Fraktur des Tuberkulum majus operativ versorgt wurden, allesamt größer waren als die bei den Patienten, die konservativ versorgt wurden, zeigte sich dieser Unterschied als nicht signifikant.

MSQ:

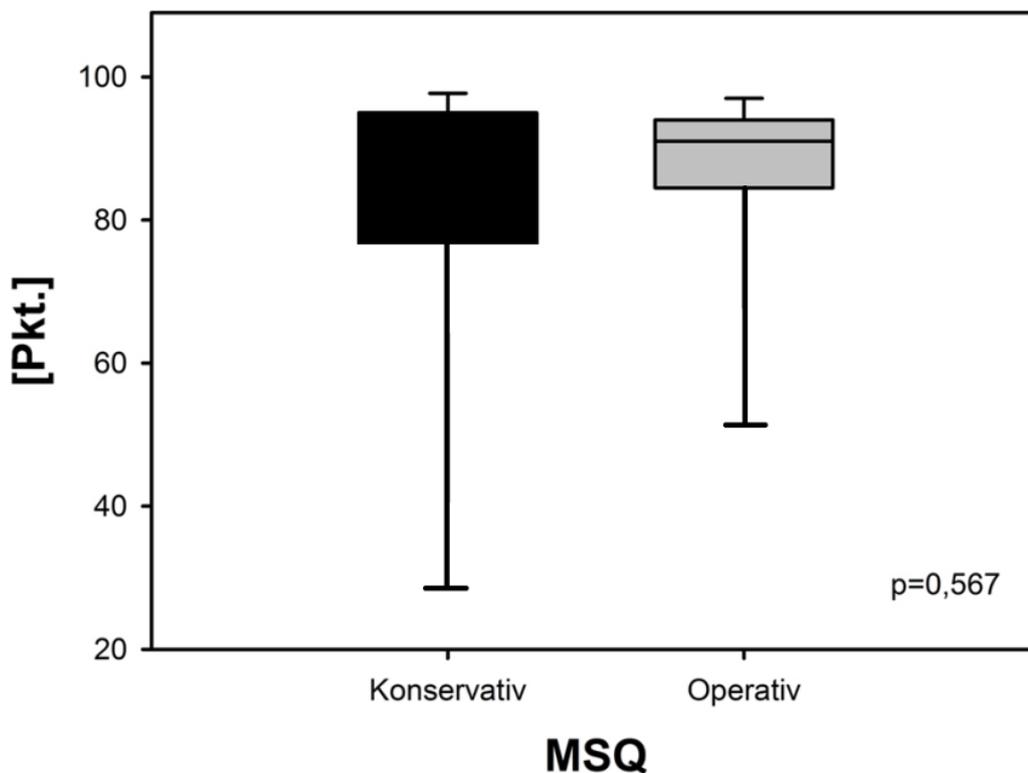


Abbildung 5.17: MSQ – konservative und operative Therapie

In Abbildung 5.17. sind die MSQ-Werte der Patienten, deren Frakturen des Tuberkulum majus konservativ bzw. operativ therapiert wurden, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,567 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

cDASH:

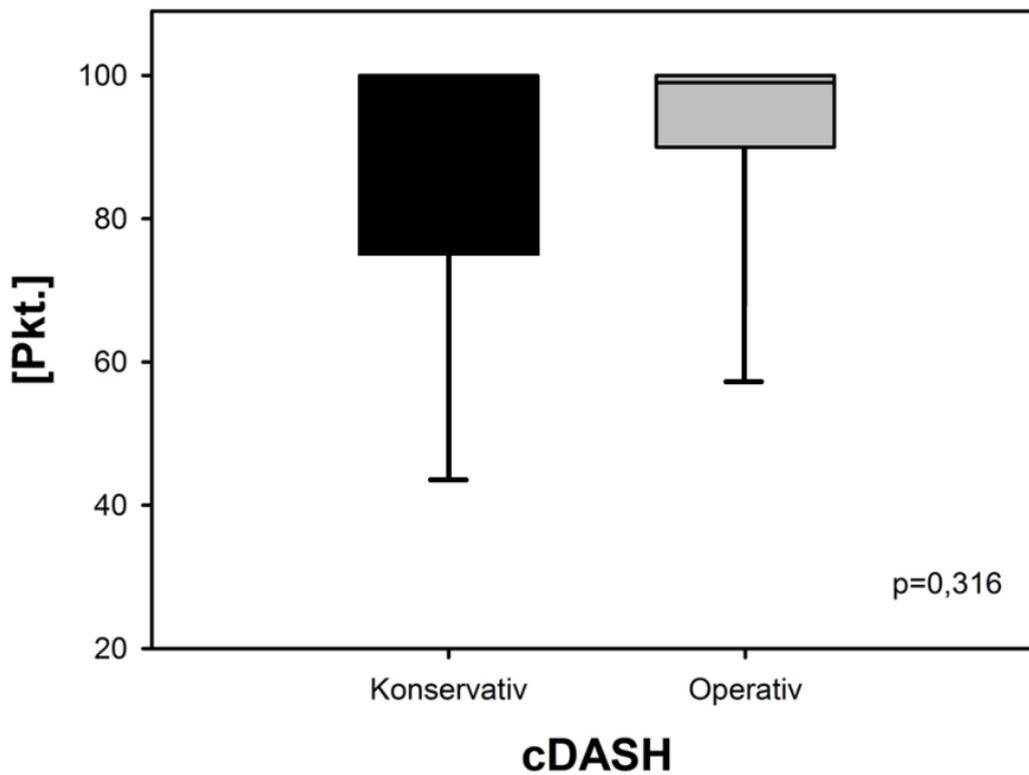


Abbildung 5.18: cDASH – konservative und operative Therapie

In Abbildung 5.18. sind die cDASH-Werte der Patienten, deren Frakturen des Tuberkulum majus konservativ bzw. operativ therapiert wurden, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,316 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

cSPADI:

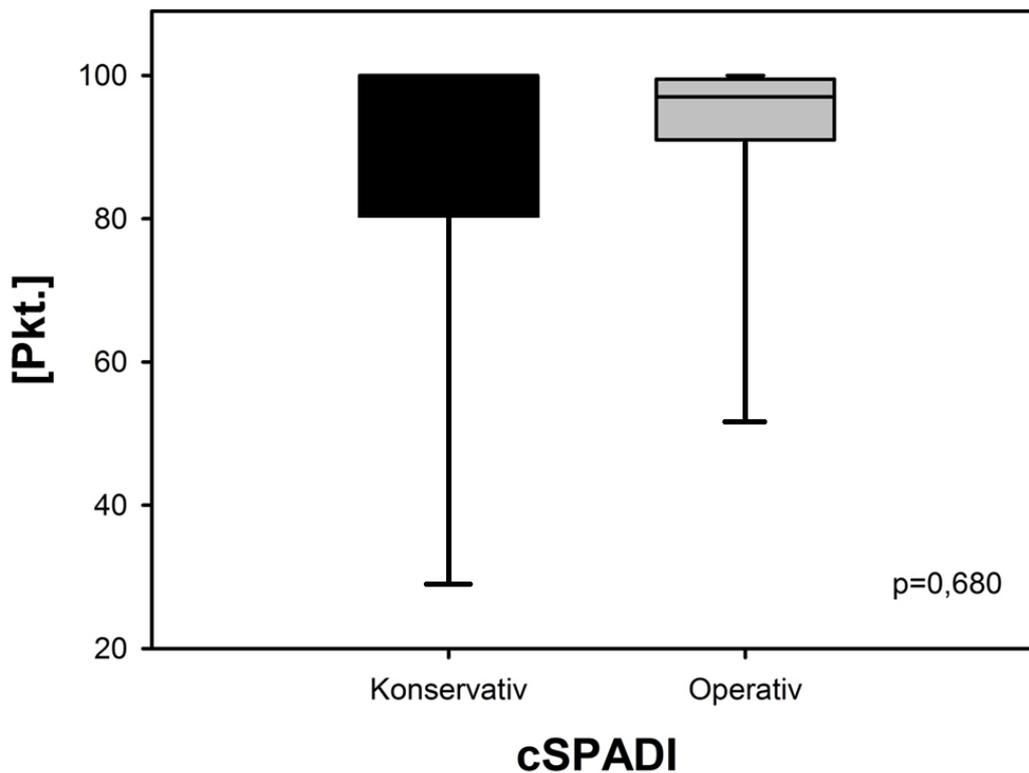


Abbildung 5.19: cSPADI – konservative und operative Therapie

In Abbildung 5.19. sind die cSPADI-Werte der Patienten, deren Frakturen des Tuberkulum majus konservativ bzw. operativ therapiert wurden, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,680 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

cCMS:

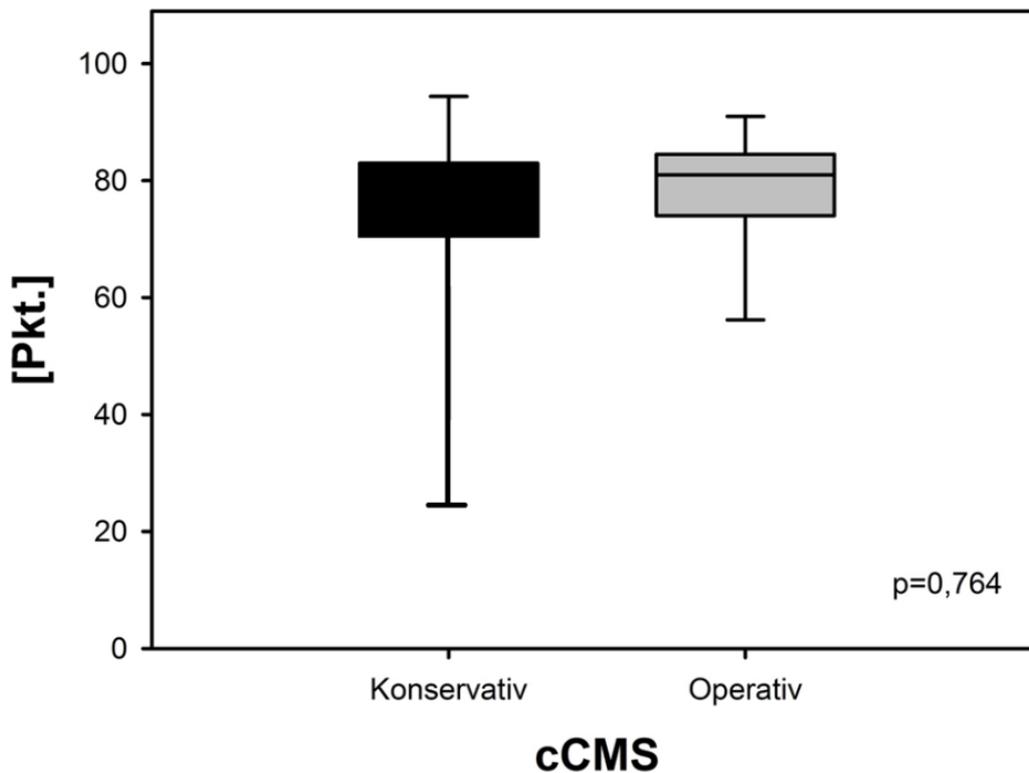


Abbildung 5.20: cCMS – konservative und operative Therapie

In Abbildung 5.20. sind die cCMS-Werte der Patienten, deren Frakturen des Tuberkulum majus konservativ bzw. operativ therapiert wurden, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,764 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

adaptierter cCMS:

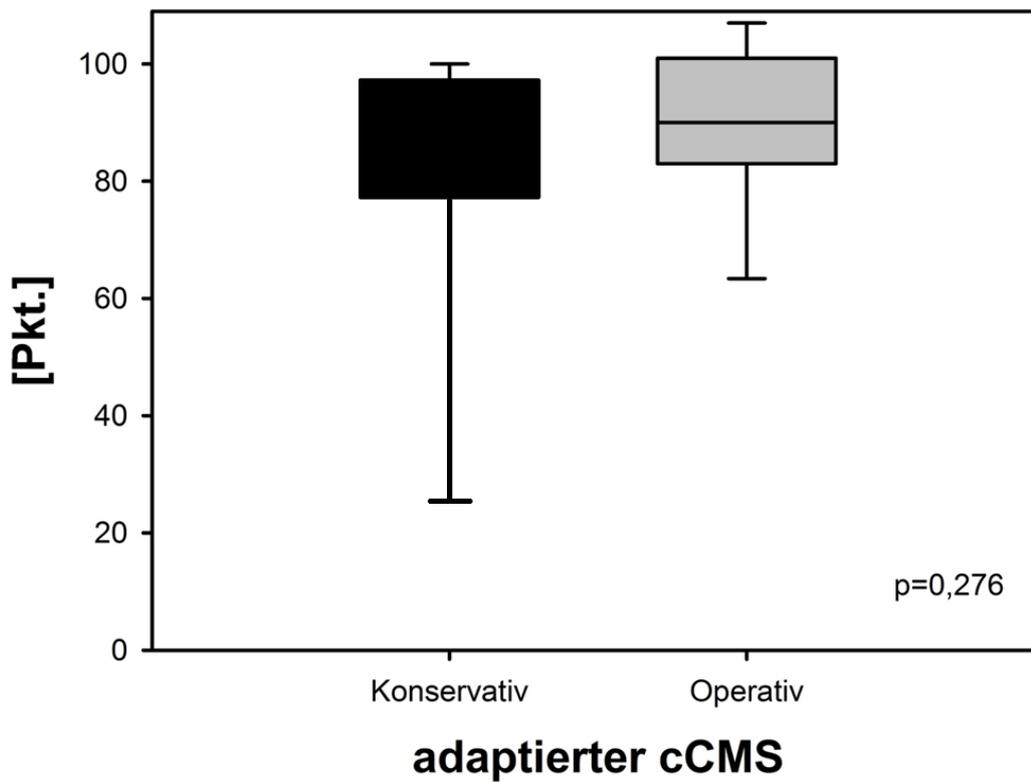
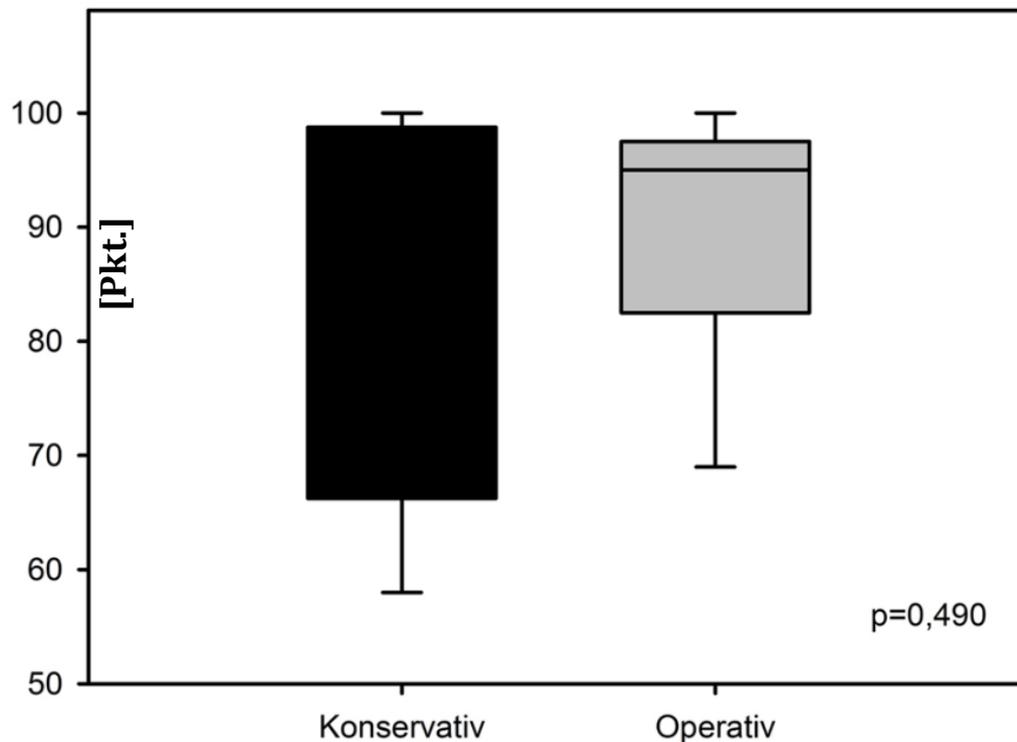


Abbildung 5.21: adaptierter cCMS – konservative und operative Therapie

In Abbildung 5.21. sind die adaptierten cCMS-Werte der Patienten, deren Frakturen des Tuberkulum majus konservativ bzw. operativ therapiert wurden, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,276 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

SF-36 – Körperliche Funktionsfähigkeit:

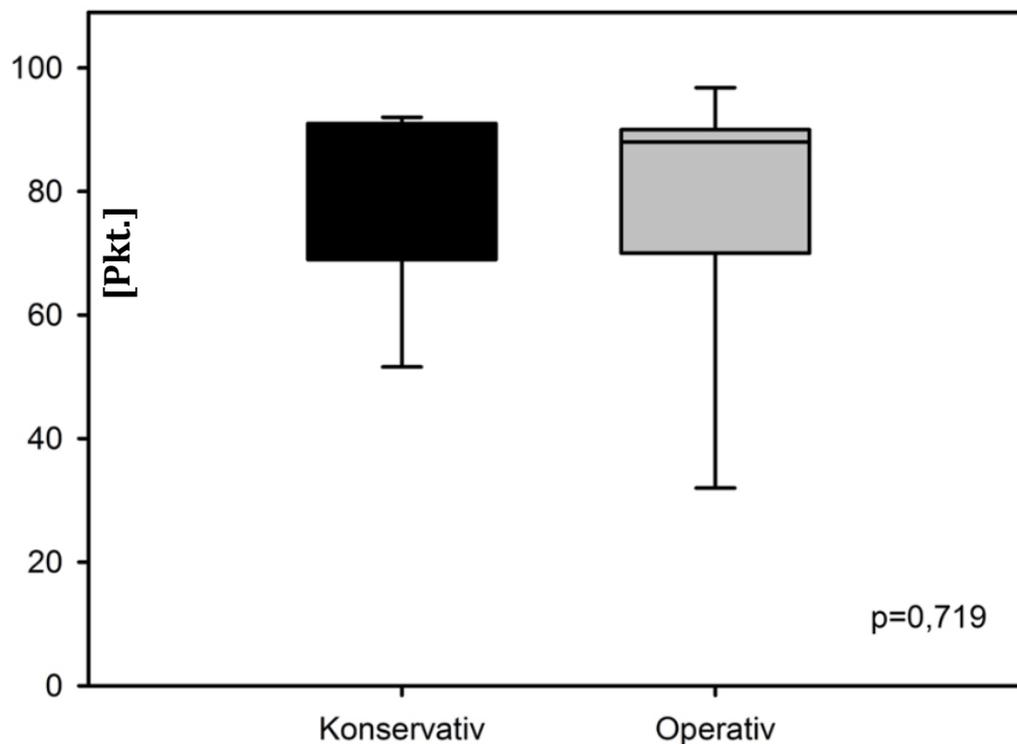


SF-36 - Körperliche Funktionsfähigkeit

Abbildung 5.22: SF-36 Körperliche Funktionsfähigkeit – konservative und operative Therapie

In Abbildung 5.22. sind die Werte der Subskala “Körperliche Funktionsfähigkeit” des SF-36 der Patienten, deren Frakturen des Tuberkulum majus konservativ bzw. operativ therapiert wurden, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,490 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

SF-36 – Psychisches Wohlbefinden:



SF-36 - Psychisches Wohlbefinden

Abbildung 5.23: SF-36 Psychisches Wohlbefinden – konservative und operative Therapie

In Abbildung 5.23. sind die Werte der Subskala “Psychisches Wohlbefinden” des SF-36 der Patienten, deren Frakturen des Tuberkulum majus konservativ bzw. operativ therapiert wurden, gegenübergestellt. Der, mit dem Mann-Whitney-U-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,490 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

Subgruppenanalyse - operativ versorgte Patienten - Anprall vs. Luxation

Mit Hilfe des t-Tests wurde untersucht, ob in der Untergruppe der operativ therapierten Patienten mit einer Fraktur des Tuberkulum majus ein signifikanter Unterschied zwischen den operativ versorgten Patienten nach einer Luxation bzw. nach einem direkten Anprall vorliegt. Allerdings war in dieser Subgruppenanalyse des MSQ und der körperlichen Summenskala des SF-36 der Unterschied zwischen diesen beiden nicht signifikant ($p < 0,05$).

MSQ:

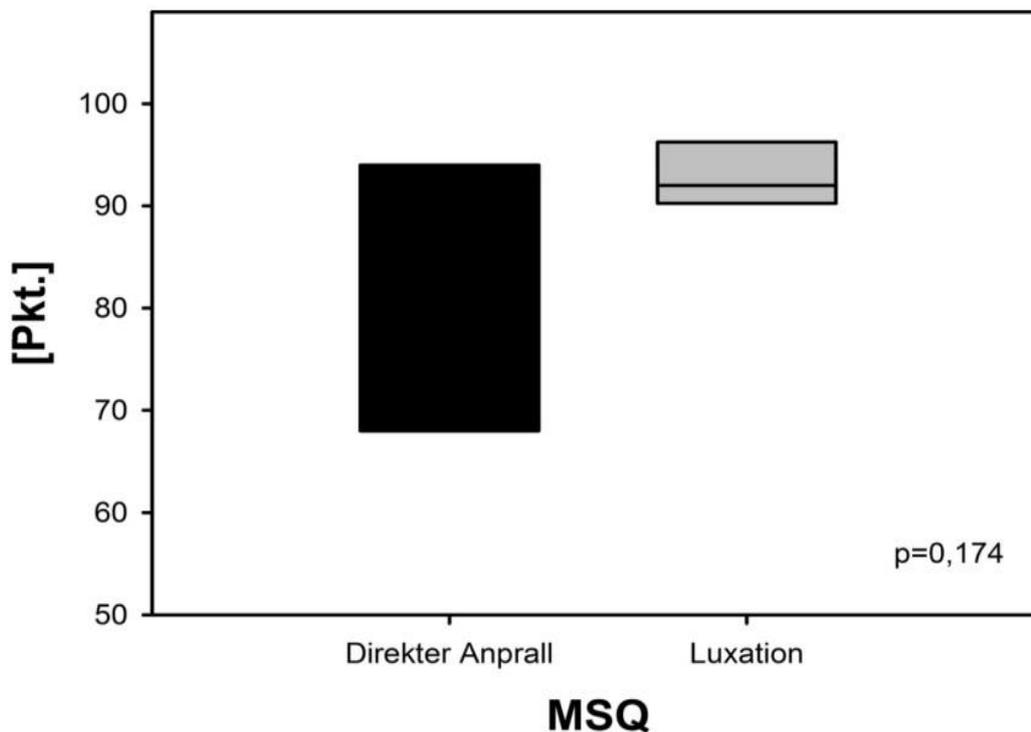
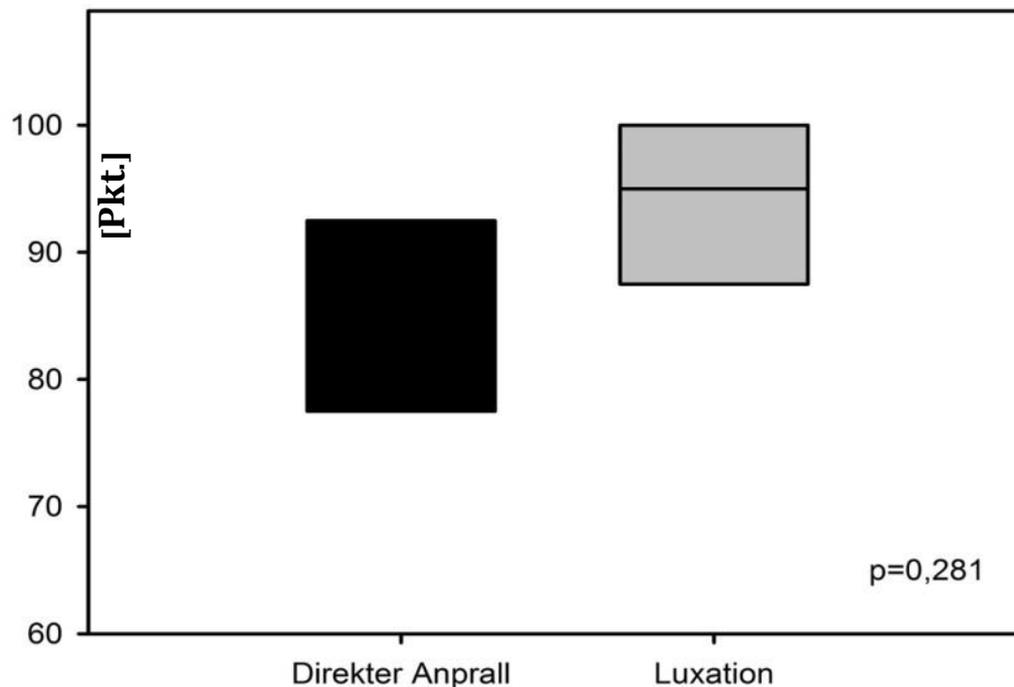


Abbildung 5.24: Subgruppenanalyse MSQ – Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.24. sind die MSQ-Werte der operativ therapierten Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem t-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,170 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

SF-36 – Körperliche Funktionsfähigkeit:



SF-36 - Körperliche Funktionsfähigkeit

Abbildung 5.25: Subgruppenanalyse SF-36 Körperliche Funktionsfähigkeit – Direkter Anprall und Luxation

In Abbildung 5.25. sind die Werte der Subskala “Körperliche Funktionsfähigkeit” des SF-36 der operativ therapierten Patienten, welche eine Fraktur des Tuberkulum majus nach Luxation bzw. direktem Anprall erlitten haben, gegenübergestellt. Der, mit dem t-Test, ermittelte p-Wert betrug 0,281 ($p > 0,05$), damit war der Unterschied der Werte zwischen den beiden Untergruppen nicht signifikant.

6 Diskussion

Im Allgemeinen sind proximale Humeruskopffrakturen häufige Frakturen. Die Frakturen des Tuberkulum majus treten im Vergleich dazu eher selten auf. Darüber hinaus lassen sich, wie oben beschrieben, die Frakturen des Tuberkulum majus von den übrigen proximalen Humerusfrakturen durch die demographischen Unterschiede der Patienten und die Frakturmechanismen unterscheiden. Aufgrund dieser Tatsache können die Ergebnisse aus den vielzähligen Studien zu den proximalen Humerusfrakturen nicht auf die Frakturen des Tuberkulum majus, wie auch schon verschiedene Autoren in ihren Veröffentlichungen feststellten, übertragen werden, sondern es müssen spezifische Studien zu den Frakturen des Tuberkulum majus durchgeführt werden. (Mattyasovszky, et al., 2011) (Green & Izzi, 2003)

Das therapeutische Management der Frakturen des Tuberkulum majus wird im Moment in der Literatur kontrovers diskutiert. Unsere Studie bewertet die Resultate der Nachuntersuchung der konservativen und operativen Therapie von Frakturen des Tuberkulum majus in der Abteilung für Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar.

Zur Beurteilung der Therapieergebnisse haben wir neben dem SF-36 auch den Munich Shoulder Questionnaire (MSQ) verwendet. Dieser wurde schon in mehreren zuvor publizierten Studien zur Bewertung der Schulterfunktion eingesetzt. Wie beschrieben, kann aus dem MSQ auf die bekannten und weltweit häufig angewandten Schulderscores cDASH, cSPADI und cCMS geschlossen werden. Dies ist vorteilhaft, da ein geringerer Zeitaufwand der Patienten notwendig ist, was die Compliance der Probanden erhöht. Außerdem ist das Ergebnis der Nachuntersuchung durch den verwendeten standardisierten Fragebogen aufgrund der höheren Inter- und Intraraterreliabilität als Bewertungsgrundlage objektiver, als zum Beispiel eine körperliche Untersuchung.

6.1 Resultate der Nachuntersuchung

Die körperliche Summenskala, der mit der PHILOS[®]-Platte versorgten Patienten, betrug 51,37 und war damit zum einen besser als der Mittelwert der deutschen Normstichprobe von Bullinger und Kirchberger (50,21) und zum anderen besser als die körperliche Summenskala der konservativ behandelten Patienten. (Bullinger & Kirchberger, 1998) Diese Summenskala der konservativ behandelten Untergruppe betrug 45,75, was 91,1% des Mittelwerts der deutschen Normstichprobe entspricht und damit isoliert betrachtet auch gut bewertet werden kann. Dagegen fällt bei der Betrachtung der psychischen Summenskala des SF-36 auf, dass es leichte Unterschiede zwischen den einzelnen Untergruppen gibt. Die psychische Summenskala der operativ therapierten Patienten lag bei

53,91. Die, der konservativ behandelten Patienten, war bei 55,38, damit ist sie besser als die psychische Summenskala der deutschen Normstichprobe, welche bei 51,54 liegt. Dieser Effekt ist am ehesten der geringen Größe der Stichprobe geschuldet.

Die Mittelwerte, des von uns in der Nachuntersuchung ermittelten MSQ-Scores, und, durch die positive Korrelation, auch die Mittelwerte der anderen Schulterscores (SPADI, DASH-Score, CMS) waren bei den operativ therapierten Patienten besser als bei den konservativ versorgten Patienten. Der Mittelwert des MSQ-Scores der operativ therapierten Patienten lag bei $88,2 \pm 10,5$ Punkten, wobei 50% der Patienten Werte zwischen 90 und 94 hatten. Im Vergleich dazu betrug der durchschnittliche MSQ-Score der konservativ behandelten Patienten $80,1 \pm 19,6$ Punkte, wobei der Score bei 50% der Patienten zwischen 77 und 95 Punkten lag. Dies verdeutlicht auch, dass die Streuung der Werte der operativ therapierten Gruppe geringer war. Dafür gab es in dieser Gruppe zwei Patienten mit nur ausreichenden und einen Patient mit befriedigenden Resultaten. Zehn Patienten hatten gute oder exzellente klinische funktionelle Ergebnisse in der Nachuntersuchung. Das arithmetische Mittel des Patientenalters dieser beiden Untergruppen war nahezu gleich. Das durchschnittliche Alter der operativ behandelten Gruppe betrug $53,2 \pm 14,6$ Jahre, das der konservativ versorgten Untergruppe war $53,6 \pm 16,4$ Jahre. Allerdings differierte die durchschnittliche Follow-up Zeit dieser beiden Untergruppen, was sich zu Gunsten der Ergebnisse der operativ therapierten Patienten ausgewirkt haben könnte. Die durchschnittliche Follow-up Zeit der konservativ versorgten Patienten lag bei $15,7 \pm 8,4$ Monate. Die der operativen Untergruppe betrug $26,7 \pm 7,1$ Monate. Ein weiterer Grund dafür, dass die Ergebnisse nach der operativen Therapie bei uns besser waren, könnte darin liegen, dass nach der operativen Versorgung die Schulter frühzeitig aufgrund der stabilen Retention aktiv bewegt werden konnte. Im Vergleich dazu ist bei der konservativen Therapie unter Physiotherapie möglicherweise das Risiko für eine sekundäre Dislokation erhöht.

Dies wäre ein Argument für die Ansicht, dass die operative Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus den Patienten frühzeitig, also schon bei geringen Dislokationen, empfohlen werden sollte. Vor allem denjenigen Patienten, die nach der Behandlung eine sehr gute Funktionsfähigkeit der Schulter wiedererwarten und keine Kontraindikationen gegen die Operation vorweisen, kann die operative Therapie nahegelegt werden. Ein weiterer Grund für diese Vorgehensweise liegt darin begründet, dass bei den meisten Patienten, wie auch schon Maman et al. publizierten, intraoperativ assoziierte Weichteilpathologien festgestellt werden, die dann auch gleich mittherapiert werden können. In ihrer Studie hatten 92% der Patienten Weichteilpathologien. Am häufigsten handelt es sich dabei um Verletzungen der Rotatorenmanschette -hierbei vor allem um Rupturen der Sehnen des M. supraspinatus und M. supscapularis. Aber auch Bankart-Läsionen und

Rupturen der langen Sehnen des M. biceps brachii werden häufig beobachtet. (Maman, et al., 2014) Diese assoziierten Weichteilpathologien können bei der konservativen Therapie unentdeckt bleiben, wenn zur radiologischen Diagnostik nur Röntgenaufnahmen bzw. eine Computertomographie angefertigt werden. Als Folge dessen können die klinisch funktionellen Ergebnisse auch bei optimaler konservativer Therapie möglicherweise aufgrund der vorhandenen Weichteilpathologien schlechter sein.

Folglich wäre es sinnvoll weitere Studien, in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Frakturen des Tuberkulum majus, Dislokationsgrad, Traumamechanismus und dem Auftreten von assoziierten intraartikulären Weichteilpathologien durchzuführen um zukünftig einfacher vor der Therapieentscheidung beurteilen zu können, welche Patienten zum Ausschluss dieser Weichteilverletzungen eine Magnetresonanztomographie bekommen sollten.

Ein weiterer interessanter Gesichtspunkt ist, dass die klinisch funktionellen Ergebnisse der Schultercores sowie die körperliche Summenskala des SF-36 der Patienten, die anamnestisch als Traumamechanismus eine Schulterluxation angaben, besser -wenn auch nicht signifikant- waren als bei den Patienten, deren Fraktur des Tuberkulum majus durch ein direktes Trauma auf die betroffene Schulter entstanden sind.

40% unseres Gesamtkollektivs erlitten die Fraktur des Tuberkulum majus im Rahmen einer glenohumeralen Luxation. Bei 60% unserer Patienten war dagegen ein direkter Anprall auf die betroffene Schulter verantwortliche für die Fraktur.

Das arithmetische Mittel des MSQ der Patienten (durchschnittliche Alter: $55,0 \pm 14,3$ Jahre; durchschnittliche Follow-up Zeit: $23,7 \pm 5,9$ Monate), deren Frakturen im Zusammenhang mit einer Luxation entstanden sind, lag bei $90,8 \pm 5,3$ Punkte. Im Vergleich dazu hatten die Patienten mit Frakturen des Tuberkulum majus nach direktem Trauma auf die betroffene Schulter im arithmetischen Mittel nur $79,9 \pm 19,1$ Punkte und waren damit bei niedrigerem durchschnittlichem Alter ($52,8 \pm 15,9$ Jahre) aber auch kürzerer Follow-up Zeit ($19,9 \pm 11,0$ Monate) wesentlich schlechter. Daher könnten Unterschiede in der Zeit der Nachverfolgung ebenso für diese Unterschiede verantwortlich sein.

Auch alle anderen aus dem MSQ abgeleiteten Schultercores (SPADI, DASH-Score, CMS) waren aufgrund der positiven Korrelation mit dem MSQ konsequenterweise schlechter in der Untergruppe der Patienten mit direktem Trauma als in der Untergruppe mit den Patienten, die eine Luxation hatten. Außerdem war die körperliche Summenskala des SF-36 der Patienten mit Fraktur-assoziiierter Luxation (53,70) besser als die körperliche Summenskala der Patienten nach direktem Trauma (45,32). Im Vergleich dazu beträgt der Mittelwert der körperlichen Summenskala der deutschen

Normstichprobe von Bullinger und Kirchberger 50,21. (Bullinger & Kirchberger, 1998) Die psychischen Summenskalen dieser beiden Untergruppen waren mit 54,63 (nach Luxation) und 54,61 (nach direktem Trauma) nahezu identisch.

Es wird also deutlich, dass die klinisch funktionellen Ergebnisse bei assoziierter Luxation bei ähnlich verteilten Patientenkollektiven entgegen der Erwartungen besser sind als nach direktem Trauma auf die Schulter. Dies konnten auch schon Platzer et al. in ihrer Studie beobachten, allerdings bei geringer Effektstärke in einer deutlich größeren Stichprobe. Sie vermuteten, dass der Grund für den Unterschied in ihrer Studie darin lag, dass die Patienten mit einer assoziierten Luxation eine längere und intensivere Physiotherapie bekamen. (Platzer, et al., 2005) Möglicherweise könnte dadurch auch der Unterschied zwischen den beiden Untergruppen in unserer Studie begründet sein. Denn die Physiotherapie nach der primären Behandlung fand nicht in unserer Klinik, sondern in niedergelassenen Praxen statt und konnte deshalb nicht von uns kontrolliert werden. Möglicherweise handelte es sich auch bei den Patienten mit zusätzlicher Luxation trotz des höheren Durchschnittsalters um die körperlich fitteren Patienten, weshalb an ihnen eine schnellere und bessere frühfunktionelle Mobilisation der Schulter durchgeführt werden konnte. Diese vermuteten Zusammenhänge müssten allerdings in Folgestudien noch genauer untersucht werden.

Darüber hinaus zeigte sich auch in der Subgruppenanalyse aller operativ versorgten Patienten, dass die operativ therapierten Patienten mit einer assoziierten Luxation sowohl im MSQ als auch in der körperlichen Summenskala des SF-36 wiederum nicht signifikant besser waren als die Patienten, deren Fraktur mit einem direkten Anprall auf die Schulter assoziiert war. Ob deshalb vor allem Patienten mit einer assoziierten glenohumeralen Luxation die operative Versorgung empfohlen werden sollte, lässt sich aufgrund der geringen Patientenzahl in unserer Studie nicht abschließend beurteilen.

6.2 Resultate der konservativen Therapie in unserer Nachuntersuchung im Vergleich zu publizierten Studien

Konservativ behandelt wurden bei uns nur Patienten, bei denen in der Bildgebung die Dislokation der Frakturfragmente kleiner als 5 mm war. Dies entspricht der Vorgehensweise, welche in verschiedenen neueren Studien, vorgeschlagen wurde. Ferner geht die Empfehlung in der Literatur dahin, dass sportlich aktiven oder häufig im Überkopfbereich tätigen Patienten schon ab einer Fragmentdislokation von 3 mm die operative Versorgung nahegelegt werden sollte. (Kim & Ha, 2000) (Yin, et al., 2012) (Park, et al., 1997) (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008) (Platzer, et al., 2005)

Die Schultercores der konservativ behandelten Gruppe waren in unserer Nachuntersuchung im Vergleich zu anderen Studien gut. Die MSQ-Werte unserer Studie sind mit anderen Studien nicht zu vergleichen, da dieser Score noch nicht in Nachuntersuchungen von Frakturen des Tuberkulum majus verwendet wurde. Der am häufigsten in Studien verwendete cCMS lag im arithmetischen Mittel bei unseren konservativ behandelten Patienten bei $73,2 \pm 18,9$ Punkten bzw. der adaptierte cCMS bei $81,9 \pm 20,2$ %. In der Studie von Mattayasovszky et al. wurden 17 Patienten mit einer Fragmentdislokation < 5 mm konservativ behandelt. Bei einem ähnlichen durchschnittlichen Alter von 53 Jahren war der CMS mit 71 ± 18 Punkten nur geringfügig schlechter. Der durchschnittliche Zeitabstand zwischen Erstkontakt und Nachuntersuchung (Follow-up Zeit) war bei uns mit 1,3 Jahren geringer als bei Mattayasovszky et al. Die Follow-up Zeit in der Studie von Mattayasovszky et al. betrug durchschnittlich 3 Jahre. (Mattyasovszky, et al., 2011)

Eine kürzere Follow-up Zeit führte, wie sich auch in unserer Nachuntersuchung beobachten ließ, zu schlechteren cCMS-Werten: von den insgesamt 4 „excellent“ bewerteten Patienten hatten 3 Patienten die 3 längsten Follow-up Zeiten. Wir konnten auch bei unseren Patienten eine positive Korrelation zwischen der Follow-up Zeit und dem adaptierten cCMS beobachten. Der zugehörige Pearson-Korrelationskoeffizient betrug 0,62. Trotz der kürzeren durchschnittlichen Follow-up Zeit in unserer Studie, waren die durchschnittlichen cCMS-Werte leicht besser als die in der Studie von Mattayasovszky et al.

Eine der bisher größten Studien zur konservativen Therapie von Frakturen des Tuberkulum majus wurde von Platzer et al. an 135 Patienten durchgeführt. Das durchschnittliche Alter in dieser Nachuntersuchung lag bei 56 Jahren. 44% der Teilnehmer waren weiblich. Der durchschnittliche CMS von Platzer et al. lag bei 81,6 Punkten und war damit etwa 8 Punkte höher als bei unserer Untergruppe (cCMS $73,2 \pm 18,9$ Punkte). (Platzer, et al., 2005)

Dieser Unterschied dürfte verschiedene Gründe haben. Zum einen war unsere konservativ behandelte Untergruppe mit 12 Patienten kleiner als die von Platzer et al., zum anderen hatte ein Patient aus unserer konservativ behandelten Untergruppe in allen nachuntersuchten Schultercores auffallend schlechtere Werte als die anderen Probanden, sodass bei der verhältnismäßig kleinen Stichprobe ein „Ausreißer“ zu starken statistischen Effekten führt. Hätte man diesen Patienten bei den Betrachtungen, da er wegen der genannten Gründe nicht dem durchschnittlichen Patientengut entsprach und bei unserem kleinen Patientenkollektiv stärker ins Gewicht fiel, außen vorgelassen, wäre der durchschnittliche cCMS der konservativ behandelten Subgruppe bei 77,8 Punkten gelegen und wäre damit näher an dem von Platzer et al. ermittelten CMS gewesen. Darüber hinaus war bei uns wiederum die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit mit 1,3 Jahren nach erstmaligem

Patientenkontakt geringer als bei Platzer et al. Bei ihnen lag die durchschnittliche Follow-up Zeit bei 3,7 Jahren. (Platzer, et al., 2005) Auch insgesamt ist die kleine Stichprobengröße hier ebenso als ein möglicher Faktor als Begründung der Unterschiede zu nennen.

Dagegen waren in einer weiteren Studie von Verdano et al. die ermittelten durchschnittlichen CMS- und DASH-Werte ähnlich gut, wie die Werte unserer konservativ behandelten Untergruppe. Ebenso war ihre durchschnittliche Follow-up Zeit von 17 Monaten [10-26 Monate] vergleichbar mit der unseren. Sie untersuchten 38 Patienten mit einer konservativ behandelten minimal dislozierten (<5 mm) Fraktur des Tuberkulum majus nach. Das arithmetische Mittel des CMS in ihrer Nachuntersuchung lag bei $74,8 \pm 6,8$ Punkten und der DASH betrug $24,9 \pm 11,4$ Punkte. (Verdano, et al., 2013)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die klinischen funktionellen Ergebnisse unserer konservativ therapierten Untergruppe (9 gute oder exzellente Resultate, 1 befriedigendes, 1 ausreichendes und 1 schlechtes Resultat), trotz einer nur kurzen Follow-up Zeit von 1,3 Jahren ($15,7 \pm 8,4$ Monaten), den von anderen Autoren publizierten Ergebnissen der konservativen Therapie von minimal dislozierten Fraktur des Tuberkulum majus entsprachen, bzw. im Vergleich geringfügig besser waren.

Damit konnten wir, die unter den meisten Autoren vertretene Meinung, dass die konservative Therapie vorrangig bei minimal dislozierten Frakturen mit einer Dislokation kleiner als 5mm empfohlen werden sollte und dann auch gute funktionelle Resultate hervorbringen kann, untermauern.

Dies zeigte sich auch im Vergleich unserer klinisch funktionellen Ergebnisse mit den Ergebnissen der Kontrollgruppe aus der Studie von Platzer et al. Sie hatten in ihrer Kontrollgruppe 9 Patienten nachuntersucht, die sie zuvor bei Dislokationen > 5mm konservativ behandelt hatten. Platzer et al. begründeten den Entschluss zur konservativen Therapie -trotz einer Dislokation > 5mm- mit mangelnder Compliance, schlechtem Gesundheitsstaus oder hohem Alter dieser 9 Patienten. Das durchschnittliche Alter dieser Kontrollgruppe lag bei 66 Jahren [47 - 88] und die durchschnittliche Follow-up Zeit betrug 5,9 Jahre [2 - 10]. Das errechnete arithmetische Mittel des CMS der Kontrollgruppe lag bei 66,5 Punkten und war damit um 7 Punkte schlechter als der cCMS unserer konservativ therapierten Subgruppe bzw. um 15 Punkte kleiner als unser adaptierter cCMS. (Platzer, et al., 2008)

Die konservative Therapie mit einem festgelegten Physiotherapieprotokoll erbringt vorrangig bei minimal dislozierten (< 5mm) Frakturen des Tuberkulum majus gute Ergebnisse. Vor allem bei einer posterior-superioren Fragmentdislokation sollte bei sportlich aktiven Patienten mit hoher körperlichen

Beanspruchung frühzeitig, wie auch Verdano et al. zeigten, die operative Therapie den Patienten nahegelegt werden. Sie konnten in ihrer Studie beobachten, dass Patienten nach konservativer Therapie bei posterior-superiorer Fragmentdislokation schlechtere funktionelle Resultate hatten, als Patienten nach konservativer Therapie bei Fragmentdislokationen in andere Richtungen. (Verdano, et al., 2013)

6.3 Resultate der operativen Therapie in unserer Nachuntersuchung im Vergleich zu publizierten Studien

Ab einer Fragmentdislokation von 5 mm kann, der postulierten Meinung der meisten Autoren zufolge, die operative Therapie, insofern keine Kontraindikationen gegen den operativen Eingriff bestehen, bei allen Patienten der konservativen Therapie vorgezogen werden. Bei Durchschau der aktuell vorhandenen Literatur findet man verschiedene empfohlene offene operative, arthroskopische und geschlossene minimal-invasive Versorgungsmöglichkeiten. Die Frakturretention wird am häufigsten durch kanülierte Schrauben, transossäre Nähte, Fadenankern oder Zuggurtungen erzielt. In Fallberichten sind auch andere Verfahren beschrieben, wie zum Beispiel die Exzision der Tuberkulum majus Fragmenten. Die Fragmentexzision verhindert allerdings ein Wiederanwachsen der Rotatorenmanschette und kann deshalb vor allem bei großen Fragmenten nicht empfohlen werden. (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008)

Bei den minimal-invasiven Verfahren wird die Fraktur zunächst geschlossen mit Kirschner-Drähten reponiert und anschließend werden die Fragmente über kanülierte Schrauben fixiert. Der Vorteil der Versorgung mit perkutanen kanülierten Schrauben liegt darin, dass der Weichteilschaden und die Nekroserate, wie Resch et al. beobachteten, aufgrund der geschlossenen Reposition und dem perkutanen Platzieren der Schrauben, am geringsten sind. Diese Tatsache ist aber gleichzeitig der größte Nachteil dieser Methode, denn sie ist technisch sehr anspruchsvoll und nicht immer, wie zum Beispiel bei stark dislozierten Frakturen, durchführbar. Der Vorteil der offenen operativen im Vergleich zur minimal invasiven Versorgung mit geschlossener Reposition ist, dass zum einen einfacher die anatomische Reposition erreicht wird. Zum anderen können Rotatorenmanschettenverletzungen schneller erkannt und einfacher behandelt werden. Der Nachteil des offenen Verfahrens liegt in den zum Teil größeren iatrogenen Weichteilschäden. (Platzer, et al., 2008) (Resch, et al., 2001)

Obwohl die Plattenosteosynthese eine gängige Vorgehensweise bei den übrigen proximalen Humerusfrakturen darstellt, gibt es zur plattenosteosynthetischen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus allerdings nur wenige Daten. Der Gebrauch von anatomisch geformten Platten zur

Osteosynthese in der Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus wurde erst von zwei weiteren Studiengruppen nachuntersucht. Wir waren die erste Gruppe, die eine kurze PHILOS®-Platte zur osteosynthetischen Versorgung der Fraktur des Tuberkulum majus in Kombination mit FiberWire®-Cerclagen der Ansatzsehne des M. supraspinatus genutzt und die funktionellen Ergebnisse dieser Versorgung mit dem MSQ nachuntersucht hat.

Auch die Arthroskopie gewann in letzter Zeit in der Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus an Bedeutung. Allerdings ist sie nur bei bestimmten Fraktureigenschaften eine mögliche Alternative zu den offenen chirurgischen Verfahren. Stark dislozierte oder mehrere Wochen alte Frakturen sind genauso, wie das Vorliegen von großen Frakturfragmenten, aufgrund der Tatsache, dass sie arthroskopisch nur schwer darzustellen und zu mobilisieren sind, für die Arthroskopie ungeeignet. Demzufolge kommt die arthroskopische Versorgung vor allem bei kleinen und/oder dünnen Frakturfragmenten zum Einsatz und kann hier im Vergleich zur offenen chirurgischen Therapie zu bevorzugt werden, da mit ihr weichteilschonender operiert werden kann und die eingeschränkten Möglichkeiten zur Reposition weniger ins Gewicht fallen. (Yin, et al., 2012) (Taverna, et al., 2004) (Gartsman, 1999) (Carrera, et al., 2004)

Weitere Vorteile der Arthroskopie laut Taverna et al. sind, dass man während der Operation einen umfassenden Zugang zu allen Bereichen des Schultergelenks bekommt und dadurch gleichzeitig knöcherne Verletzungen und Weichteilschäden versorgen kann. Nachteile wiederum sind höherer Kosten, längere OP-Zeiten, der zum Teil notwendige aber zeitintensive intraoperative Wechsel von arthroskopischer zu offener Technik. Die Ausführung ist häufig aufgrund von außergewöhnlichen anatomischen Verhältnissen anspruchsvoll und kann dementsprechend nur von erfahrenen Operateuren erfolgreich absolviert werden. (Gruson, et al., 2008) (Taverna, et al., 2004) (Yin, et al., 2012)

Die offene operative Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus mit transossären Nähten ist in der Literatur ein häufig beschriebenes Verfahren. Die postoperativen Ergebnisse dieses Verfahren wurden von verschiedenen Autoren nachuntersucht. Die transossäre Naht ist das einzige Verfahren, welches eine tiefe scharfe Präparierung der Weichteile verhindert und bei welchem es postoperativ kaum Gefahren durch das Osteosynthesematerial -wie zum Beispiel ein subacromiales Impingement- gibt. Die Auswahl des Nahtmaterials (FiberWire® 5-0, FiberTape®, 5-0 Ethibond Excel®) hat keine Auswirkung auf die Fixationsstabilität, wie Ishak et al. in ihrer Studie beobachten konnten. (Ishak, et al., 2006)

In der Studie von Braunstein et al. waren die biomechanischen Ergebnisse nach transossärer Naht signifikant schlechter als die Ergebnisse nach der Versorgung mit einer Zuggurtung oder mit kanülierten Schrauben. In ihrer Studie wurden die Zugkräfte parallel zum Faserverlauf des M. supraspinatus solange erhöht bis es zum Abreißen des refixierten Tuberkulum majus kam. Hierzu war nach der Versorgung mit transossären Nähten signifikant weniger Zugkraft notwendig als bei den beiden anderen operativen Versorgungen. Folglich war in dieser Studie die Frakturretention nach transossärer Naht weniger stabil als nach den beiden anderen genannten Verfahren. Ihrer Meinung nach kann somit die Versorgung mit transossären Nähten nur bei Patienten mit erhöhtem anatomischem Risiko für subacromiales Impingement durch das eingebrachte Fremdmaterial empfohlen werden. (Braunstein, et al., 2007)

Die größte Studie zu den klinisch funktionellen Ergebnissen der Versorgung mit transossären Nähten wurde von Dimakopoulos et al. durchgeführt und zeigte, trotz der erwähnten biomechanischen Schwächen, gute Ergebnisse. Dimakopoulos et al. hatten 56 Patienten mit Frakturen des Tuberkulum majus mit transossären Nähten versorgt. Bei 36 Patienten trat die Fraktur im Rahmen einer vorderen Schulterluxation auf. Die Follow-up Zeit betrug 5,4 Jahre. Der Constant Score des gesamten Studienkollektivs (188 Patienten), welches auch 3- und 4-Part-Frakturen beinhaltete, lag nach dieser Zeit im arithmetischen Mittel bei 91 Punkten. (Dimakopoulos, et al., 2009)

Weiterhin existieren in der Literatur noch kleinere klinische Nachuntersuchungen nach der Versorgung mit transossären Nähten. Unter anderem von Flatow et al.: Sie versorgten 12 Patienten (durchschnittliche Alter: 53 Jahre) mit dieser Methode und konnten in der Nachuntersuchung gute klinische Ergebnisse (6 Patienten exzellent, 6 Patienten gut) aufweisen. Die durchschnittliche Anteversion des Schultergelenks des Patientenkollektivs betrug 170° . Im Vergleich dazu betrug die durchschnittliche Anteversion unserer operativ versorgten Patienten $163,9 \pm 25,3^\circ$. Die Follow-up Zeit in der Studie von Flatow et al. betrug im arithmetischen Mittel allerdings 5 Jahre. (Flatow, et al., 1991)

Außerdem untersuchten Park et al. 27 Patienten mit Humeruskopffrakturen klinisch nach. Davon hatten 13 Patienten Frakturen des Tuberkulum majus, welche auch mit transossären Nähten versorgt wurden. Das durchschnittliche Patientenalter des gesamten Patientenkollektivs lag bei 64 Jahren. Die Follow-up Zeit betrug 4,4 Jahre. Zur Erfassung der klinischen Ergebnisse der operativen Versorgung wurde der „American Shoulder and Elbow Surgery“ (ASES) genutzt. Dieser lag für das gesamte Kollektiv bei 87,1. Da wir diesen Score bei der klinischen Nachuntersuchung nicht ermittelt haben und eine Korrelation zwischen dem MSQ und dem ASES nicht untersucht wurde, sind die Ergebnisse der Studie von Park et al. nur sehr eingeschränkt mit unseren vergleichbar. (Park, et al., 2003)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die klinischen Ergebnisse der Versorgung mit transossären Nähten dieser drei Studien, im Vergleich zu unseren funktionellen Ergebnissen der plattenosteosynthetisch versorgten Patientengruppe bei wesentlich längeren Follow-up Zeiten, geringfügig besser bzw. gleich gut waren.

Die größte Schwierigkeit, neben der verringerten biomechanischen Stabilität der transossären Nähte, liegt in der Versorgung von mehrfragmentären Frakturen des Tuberkulum majus. Hierbei könnte es zu Schwierigkeiten bei der Fixierung der kleinen Fragmente kommen. Dies könnte im Gegensatz dazu dem Operateur, bei der von uns durchgeführten Plattenosteosynthese, wesentlich leichter fallen. Diese Meinung postulierten unter anderem auch Chen et al. in ihrer Studie zur plattenosteosynthetischen Versorgung von isolierten Tuberkulum majus Frakturen. (Chen, et al., 2013)

Ein weiteres bekanntes Verfahren zur operativen Versorgung isolierter Tuberkulum majus Frakturen ist die Zuggurtung. Sie ist in der Literatur sowohl mit als auch ohne distale Schraube zur Fixierung der Zuggurtung beschrieben. (Braunstein, et al., 2007) (Gaudelli, et al., 2014) (Brais, et al., 2015)

Die Cerclage der Zuggurtungsosteosynthese verläuft um die Ansatzsehne des M. supraspinatus und wandelt so die Zugkräfte dieses Muskels in Druckkräfte senkrecht zum Gelenkspalt um. In der biomechanischen Vergleichsstudie von Braunstein et al. die Ergebnisse der Versorgung mit einer Zuggurtung in Verbindung mit einer distalen Schraube signifikant besser als die Versorgung mit transossären Nähten und in etwa gleichwertig mit der schraubenosteosynthetischen Versorgung. (Braunstein, et al., 2007)

Platzer et al. untersuchten als eine der wenigen Studiengruppe unter anderem die klinische Funktion im Schultergelenk nach einer durchgeführten Zuggurtung bei Fraktur des Tuberkulum majus an 52 Patienten nach. Die Patienten wurden entweder offen-chirurgisch mit transossären Nähten oder einer Zuggurtung behandelt, oder mit einer minimal-invasiven Schraubenosteosynthese nach geschlossener Reposition. Ihr durchschnittliches Alter betrug 47 Jahre. Das arithmetische Mittel der Follow-up Zeit lag bei 5,1 Jahren [2 - 11Jahre]. Die 30 Patienten, deren Frakturen mit transossären Nähten oder einer Zuggurtung versorgt wurden, hatten einen durchschnittlichen CMS von 87,2 Punkten. (Platzer, et al., 2008) Damit war der bestimmte durchschnittliche CMS besser als unser ermittelter cCMS ($77,9 \pm 10,5$) der operativen Untergruppe, aber bei einem durchschnittlich jüngeren Patientenkollektiv ähnlich zum adaptierten cCMS ($89,8 \pm 13,6$).

Von mehreren Autoren ist in der Literatur auch der Einsatz von Fadenankern zur Doppelreihennaht (Suture-Bridge) in der operativen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus beschrieben. Dieses Verfahren ist in der operativen Versorgung von Rotatorenmanschettenrupturen erprobt und

zeichnete sich in diesem Zusammenhang durch bessere biomechanische Eigenschaften als die Einzelreihennaht aus. (Ma, et al., 2006)

Die Doppelreihennaht zur Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus ist in der Literatur sowohl offen-chirurgisch als auch arthroskopisch beschrieben. (Bhatia, et al., 2006) (Pujol, et al., 2009)

Bhatia et al. führten eine Untersuchung an 21 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 51 Jahren nach offen-chirurgisch durchgeführter Doppelreihennaht durch. Das arithmetische Mittel der Follow-up Zeit betrug 3,5 Jahre. Die Operation erfolgte ab einer Frakturdislokation von 5 mm im Röntgen. Bei einem Patienten konnte postoperativ radiologisch eine sekundäre Fragmentdislokation festgestellt werden. Der CMS dieses Patienten lag bei 34. Die übrigen 20 Patienten hatten einen durchschnittlichen CMS von 85,5 Punkten. Damit war der durchschnittliche CMS der Patienten -ohne den erwähnten schlechten Patienten- bei längerer Follow-up Zeit und niedrigerem durchschnittlichem Alter -zwei Aspekte, die beide zu höheren postoperativen CMS führen- nur minimal besser als unser ermittelter cCMS (cCMS: $77,9 \pm 10,5$ Punkte; adaptierter cCMS: $89,8 \pm 13,6\%$). Unser durchschnittlicher adaptierter cCMS war höher als der ermittelte CMS von Bhatia et al. Die durchschnittliche aktive Anteversion der Schulter der Patienten in der Studie von Bhatia et al. betrug $152,5^\circ$ und war damit geringer als die ermittelte Anteversion unserer operativ versorgten Patienten ($163,9 \pm 25,3^\circ$). (Bhatia, et al., 2006)

Ein großer Vorteil dieser Versorgung liegt darin, dass die Fadenanker im Patienten belassen werden können und damit keine Metallentfernung wie zum Beispiel bei der Plattenosteosynthese notwendig wird. (Pujol, et al., 2009)

Von den Autoren werden Schwierigkeiten bei der Operation beschrieben: Unter anderem wird darauf hingewiesen, dass vor allem die arthroskopische Doppelreihennaht mit Fadenankern bei sehr hartem oder osteoporotischem Knochen schwerfallen kann. Bei sehr hartem Knochen kann es schwierig sein die Fadenanker vor allem der lateralen Reihe in den kortikalen Knochen hineinzudrehen. Dagegen kann bei osteoporotischem Knochen das Risiko, dass sich der Anker aus dem Knochen wieder herausdreht, weil keine suffiziente Verbindung zwischen Knochen und Fadenanker besteht, erhöht sein. (Park, et al., 2015)

Neben den genannten Verfahren ist die Schraubenosteosynthese eine, von vielen Autoren angewandte und nachuntersuchte, operative Versorgungsmöglichkeit von Frakturen des Tuberkulum majus. Sie kann sowohl offen als auch vor allem minimal-invasiv nach geschlossener Reposition angewandt werden. In der oben erwähnten klinischen Studie von Platzer et al. erzielten die 22 Patienten, die mit

einer minimal-invasiven Schraubenosteosynthese nach geschlossener Reposition versorgt wurden einen durchschnittlichen CMS von 81,6 Punkten. Das durchschnittliche Patientenalter lag bei 47 Jahren und die Follow-up Zeit betrug im arithmetischen Mittel 5,1 Jahre. Damit ist der CMS von Platzer et al. bei einem geringeren durchschnittlichen Patientenalter in der Studie von Platzer et al. ähnlich zu unserem cCMS ($77,9 \pm 10,5$ Punkte) und schlechter als der adaptierte cCMS ($89,8 \pm 13,6\%$). Allerdings konnten Platzer et al. bei ihren Patienten sekundäre Fragmentdislokationen nach der operativen Therapie in 17% der Fälle beobachten. Drei der insgesamt 9 Patienten hatten in der Nachuntersuchung nur ausreichende Ergebnisse. (Platzer, et al., 2008)

Bei unseren operativ behandelten Patienten konnten wir dagegen im Rahmen der routinemäßig durchgeführten Nachuntersuchung (6 Wochen, 3 Monate und 12 Monate postoperativ) in der radiologischen Bildgebung keine sekundäre Fragmentdislokation beobachten. Dies könnte möglicherweise dafürsprechen, dass die plattenosteosynthetische Versorgung die stabileren Retentionsverhältnisse im Vergleich zu der Schraubenosteosynthese erzielt. Das Verhindern der sekundären Dislokation von Fragmenten ist eines der biomechanischen Ziele der operativen Retention von Frakturen des Tuberkulum majus. Als Folge einer sekundären Dislokation kann, aufgrund der auftretenden Knochenlücke und der daraus resultierenden Bewegung der Knochenfragmente, die Knochenheilung gestört werden. (Brais, et al., 2015) Außerdem können sekundäre -vor allem superiore- Dislokationen des Tuberkulum majus die Abduktion im Glenohumeralgelenk durch die verringerte Hebelkraft des am Tuberkulum majus ansetzenden M. supraspinatus, wie Bono et al. in ihrer biomechanischen Untersuchung zeigten, einschränken. (Bono, et al., 2001) Des Weiteren können sekundäre Dislokationen auch zu persistierenden Schulterschmerzen führen, die wiederum die Funktionen im Glenohumeralgelenk einschränken. Vor allem bei mehrfragmentären Frakturen des Tuberkulum majus scheint die plattenosteosynthetische Versorgung eine stabilere Retention im Vergleich zu den übrigen Osteosyntheseverfahren zu erzielen.

Ebenso wendeten Mattyasovszky et al. die offene Schraubenosteosynthese über einen transdeltoidalen Zugang zur operativen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus an und untersuchten die klinischen Ergebnisse nach. Insgesamt wurden 6 Patienten in ihrer Studie mit einer Dislokation größer als 5 mm mit einer Schraubenosteosynthese versorgt. Diese wurde allerdings in zwei Fällen durch transossäre Nähte ergänzt. Das arithmetische Mittel des CMS dieser 6 operativ versorgten Patienten lag bei 65,2 Punkten. Der durchschnittliche DASH-Score betrug 18,4 Punkte. Das durchschnittliche Alter dieser Patienten lag bei 48,7 Jahre. Der Mittelwert der Follow-up Zeit des gesamten Kollektivs, das aus insgesamt 30 Patienten bestand, betrug 3 Jahre. Bei wiederum wesentlich geringerem durchschnittlichem Patientenalter und längerer Follow-up Zeit im Vergleich zu unserer Studie sind

beide ermittelten klinischen Scores schlechter als die unserer operativ versorgten Patientengruppe. Der durchschnittliche cDASH-Score unserer operativ versorgten Patienten lag bei $7,31 \pm 12,28$ Punkten und war damit deutlich besser als der DASH-Score der Patienten in der Studie von Mattyasovszky et al. (Mattyasovszky, et al., 2011)

Ein Problem der Anwendung der minimal-invasiven geschlossenen Schraubenosteosynthese ist, dass es vor allem bei mehrfragmentären Frakturen mit kleinen Fragmenten schwierig ist diese mit den Schrauben in der anatomisch richtigen Position zu fixieren. Darüber hinaus kann es auch beim Einbringen der Schrauben zur Zertrümmerung der Frakturstücke kommen. (Green & Izzi, 2003) (Platzer, et al., 2008)

Ein weiteres beobachtetes Phänomen nach der schraubenosteosynthetischen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus ist Green et al. zufolge, dass die Schrauben sekundär durch den Humeruskopf perforieren und die Gelenkfläche des Glenohumeralgelenks arrodieren können. Darüber hinaus wurde auch beobachtet, dass sich die ehemals durch die Schrauben fixierten Fragmente lösen und sich um die Schrauben drehen können. Aus diesen Gründen rieten Green et al. von der isolierten Schraubenosteosynthese bei der Versorgung von Frakturen des Tuberculum majus ab. Sie bevorzugten den Einsatz eher in Verbindung mit einer Zuggurtung. (Green & Izzi, 2003)

In der biomechanischen Untersuchung von Braunstein et al, waren hauptsächlich zwei Gründe für das Implantatversagen bei Schraubenosteosynthesen von Frakturen des Tuberkulum majus verantwortlich. Das erneute Frakturieren der Humeri zwischen den Schrauben nach Einbringen derer, stellte den häufigsten Grund für das Versagen dar. Braunstein et al. begründeten dies mit der Schwächung der Knochenstruktur durch die eingebrachten Schrauben. Außerdem konnten sie als zweithäufigsten Grund für das Implantatversagen ein Ausbrechen der Schrauben (cut-out) zwischen den Tuberkulum majus Fragmenten beobachten. (Braunstein, et al., 2007) Im Vergleich zur Schraubenosteosynthese werden bei der Plattenosteosynthese, die auf das Implantat wirkenden Kräfte, auf eine größere Oberfläche und vor allem mehrere Schrauben gleichmäßig verteilt. (Gaudelli, et al., 2014) Dadurch könnte es im Falle einer osteoporotischen Knochenstruktur bei Plattenosteosynthese seltener als bei der Schraubenosteosynthese zum Ausbrechen der Schrauben aus dem Humerus kommen.

Wie oben beschrieben, ist zwar das von Frakturen des Tuberkulum majus betroffene Patientengut jünger als bei den übrigen proximalen Humerusfrakturen und im Allgemeinen noch nicht so häufig von Osteoporose betroffen, dennoch kann gerade bei älteren Patienten mit einer Fraktur des Tuberkulum majus die knöcherne Tragfähigkeit vermindert sein. Vor allem dann scheinen

schraubenosteosynthetische Versorgungen nicht ausreichend stabil und es wird postoperativ nach einer Schraubenosteosynthese eine längere Ruhigstellung der betroffenen Extremität erforderlich.

Im Vergleich dazu kann nach der Plattenosteosynthese bei Frakturen des Tuberkulum majus mit der postoperativen physiotherapeutischen Mobilisation frühzeitig begonnen werden. (Park, et al., 2015) In der prospektiven Studie von Hodgson et al. hatten die Patienten, die eine Woche nach dem Trauma mit der frühfunktionellen Mobilisation begonnen hatten, die besseren Ergebnisse erzielt, als die Patienten, die den Arm postoperativ drei Wochen ruhigstellten. Sie hatten signifikant weniger Schmerzen in der Schulter und einen signifikant größeren Bewegungsumfang der betroffenen Schulter. (Hodgson, et al., 2003)

Die plattenosteosynthetische Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus ist eine der biomechanisch stabilsten Fixierungen und deshalb gerade bezüglich des Auftretens von sekundären Dislokationen den übrigen Operationsmethoden überlegen. Zu diesem Schluss kamen Gaudelli et al. in ihrer biomechanischen Studie an 24 Schweinschultern. Sie verglichen die drei Verfahren: Zuggurtung, Plattenosteosynthese und Doppelreihennaht (Suture-Bridge). Dabei wurden die Zugkräfte parallel zum Faserverlauf des M. supraspinatus solange erhöht, bis es zur sekundären Frakturdislokation kam. Die aufzubringenden Kräfte bis zur sekundären Dislokation waren bei der plattenosteosynthetischen Versorgung wesentlich höher als bei den beiden anderen operativen Versorgungen. Bei der in ihrer biomechanischen Untersuchung verwendeten Platte handelte es sich aber nicht um eine anatomisch geformte Platte für den Humerus, sondern um eine Calcaneusplatte, die von einer anderen Studiengruppe um Schöffl et al. in der operativen Therapie von Frakturen des Tuberkulum majus erstmalig erprobt wurde. (Gaudelli, et al., 2014) (Schöffl, et al., 2011)

Ein Vorteil, der von uns verwendeten winkelstabilen PHILOS[®]-Platte, im Vergleich zu konventionellen Platten liegt darin, dass die Schrauben ein Kopfgewinde haben, mit dem sie in der Platte winkelstabil verankert werden. Das Prinzip der Winkelstabilität durch die feste Verbindung der Schrauben und der Platte ähnelt dem eines Fixateurs interne. Bei konventionellen Platten dagegen entsteht zwischen jeder Schraube und der Platte ein Anpressdruck. Durch diese Verbindung kommt es bei winkelstabilen Platten im Vergleich zu den konventionellen Platten seltener zum Schraubenbruch oder Herausweichen der Schrauben aus der Platte. (Agudelo, et al., 2007) Außerdem wird durch die winkelstabile Plattenosteosynthese die periostale Durchblutung des Knochens weniger als nach der konventionellen Plattenosteosynthese eingeschränkt, da der Anpressdruck der Platte auf das Periost geringer ist.

Zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit existierten in der Literatur vier klinische Studien zur plattenosteosynthetischen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus. Allerdings wurde in keiner der Studien wie bei uns eine kurze PHILOS[®]-Platte zur operativen Retention verwendet. Im Folgenden möchte ich auf diese vier Studien näher eingehen und deren Ergebnisse mit unseren vergleichen. Die erste Studie zu den klinischen Ergebnissen der plattenosteosynthetischen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus wurde von Schöffl et al. durchgeführt und im August 2010 publiziert. Sie verwendeten zur operativen Versorgung eine intraoperativ zurechtgeschnittene und für die Humerusoberfläche passend gebogene Kalkaneus-Titan-Platte („Bamberg“-Platte). Die Gruppe um Schöffl et al. operierten damit insgesamt 10 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 45,6 Jahren [29 - 68 Jahre]. Die Follow-up Zeit variierte zwischen 6 und 12 Monaten. Genaueres hierzu wurde von den Autoren nicht angegeben. Die klinischen Ergebnisse der Nachuntersuchung wurden von Schöffl et al. mit Hilfe des CMS bestimmt. Dieser lag für das untersuchte Patientenkollektiv durchschnittlich bei 94,2 Punkte [91 - 98 Punkte] und war damit trotz der kurzen Follow-up Zeit minimal besser als unser adaptierter cCMS (adaptierter cCMS: 89,8 ± 13,6). Darüber hinaus war der von Schöffl et al. bestimmte CMS höher als unser nicht angepasster cCMS der operativ versorgten Patientengruppe, was möglicherweise auch durch das höhere durchschnittliche Alter unserer operativ versorgten Patienten (53,15 Jahre) begründet ist. Auch Schöffl et al. konnten wie wir innerhalb ihrer Follow-up Zeit keinen Verlust der Frakturretention und damit eine resultierende sekundäre Dislokation der Fragmente beobachten. Möglicherweise könnte bei ihnen hierzu allerdings auch die kurze Follow-up Zeit der Nachuntersuchung beigetragen haben. Als einen Vorteil der verwendeten mehrlöchrigen Kalkaneus-Titan-Platten sahen Schöffl et al., dass die periostale Durchblutung im Vergleich zu einer konventionellen Osteosyntheseplatte nur gering eingeschränkt wird. (Schöffl, et al., 2011) Im Vergleich dazu wird aber auch bei der von uns durchgeführten Versorgung mit der PHILOS[®]-Platte, aufgrund der Winkelstabilität und der folglich mit einem Fixateur interne vergleichbaren Funktionsweise, die für die Frakturheilung wichtige periostale Durchblutung des Humerus erhalten. Die klinisch funktionellen Ergebnisse der „Bamberg“-Platte sind bei einem geringeren Patientenkollektiv im Vergleich zu unseren Ergebnissen leicht überlegen. Dennoch könnte es möglicherweise von Vorteil sein, eine Platte -wie zum Beispiel die PHILOS[®]-Platte-, die in der operativen Versorgung von Humerusfrakturen etabliert und deren postoperatives Ergebnis vielfach nachuntersucht ist, zu verwenden.

Auch Chen et al. haben für die operative Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus eine Platte verwendet, die ursprünglich für die Versorgung von Mittelfußfrakturen vorgesehen war. Sie versorgten damit 19 Patienten über einen transdeltoidalen Zugang. Intraoperativ festgestellte

assoziierte Rotatorenmanschettenrupturen wurden mit Nähten versorgt. Die Patienten wurden mit einer durchschnittlichen Follow-up Zeit von 33,2 Monaten [24 - 42 Monate] nachuntersucht. Das arithmetische Mittel des Patientenalters dieses Studienkollektivs lag bei 42 Jahren [25 - 66 Jahren]. Der Mittelwert der Anteversion der Schulter ihrer Patienten lag bei 155° [140° - 170°]. Die durchschnittliche Abduktion betrug bei ihren Patienten 150° [130° - 160°]. Somit war das in der Nachuntersuchung mit Hilfe des MSQ ermittelte Bewegungsausmaß unserer Patienten leicht besser als das der Patienten aus der Studie von Park et al. Der ermittelte durchschnittliche CMS der Patienten lag bei $90,6 \pm 4,0$ Punkte und entsprach damit in etwa unserem adaptiertem cCMS (adaptierter cCMS: $89,8 \pm 13,6$). (Chen, et al., 2013) Der nicht adaptierte cCMS unseres Patientenkollektivs war geringer, dies könnte erneut in unserem höheren Patientenalter begründet sein. Das Durchschnittsalter unserer Patienten war um etwa 11 Jahre höher.

Im August 2015 publizierten Gillespie et al. eine weitere Studie zur plattenosteosynthetischen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus. Auch sie verwendeten wie wir eine winkelstabile, anatomisch geformte Humerusplatte. Von Gillespie et al. wurde aber im Gegensatz zu uns die 3,5 mm LC-Platte (Zimmer Inc. Warsaw, IN, USA) verwendet. Sie untersuchten die klinischen Ergebnisse an 11 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 60,3 Jahren [37 - 71 Jahre] nach. Das arithmetische Mittel der Follow-up Zeit lag bei 27 ± 8 Monaten [16 - 44 Monate]. Sie führten in der Nachuntersuchung den Penn Shoulder Score (PSS) und Single Assessment Numeric Evaluation Score (SANE) durch. Die Ergebnisse dieser Scores sind leider nicht mit unseren Scores vergleichbar. Darüber hinaus wurden von Gillespie et al. in der Nachuntersuchung zusätzlich die Werte für die maximal erreichbare Anteversion im Glenohumeralgelenk bestimmt. Der Mittelwert der Anteversion im Glenohumeralgelenk der von Gillespie et al. nachuntersuchten Patienten lag bei $147 \pm 28^\circ$ [100° - 180°]. Somit war die durchschnittliche glenohumerale Anteversion unserer operativ versorgten Patienten mit durchschnittlich 164° leicht besser. Trotz der zu erwartenden hohen Stabilität nach einer Plattenosteosynthese konnten Gillespie et al. bei 3 der 11 nachuntersuchten Patienten eine sekundäre Dislokation der Fraktur feststellen und 6 Patienten entwickelten eine postoperative Capsulitis adhaesiva mit einem schlechten postoperativen Bewegungsausmaß. (Gillespie, et al., 2015)

Die zum Zeitpunkt der Anfertigung dieser Arbeit neueste Studie zur plattenosteosynthetischen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus wurde im September 2015 von Park et al. veröffentlicht. Sie publizierten eine Nachuntersuchung zur kombiniert arthroskopisch und offen-chirurgischen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus an insgesamt 11 Patienten. Drei davon hatten zusätzlich eine Fraktur am Collum chirurgicum, operiert wurden nur Patienten ab einer Frakturdislokation von 5 mm. Sie hatten zunächst die Frakturen arthroskopisch mit Fadenankern

reponiert und anschließend mit Hilfe einer anatomisch geformten Humerusplatte (Zimmer Inc. Warsaw, IN, USA) über einen Zugang durch den M. deltoideus retiniert. Weiterhin wurden alle intraoperativ auffälligen Weichteilpathologien der Schulter mitbehandelt. Dazu zählten Rupturen der Sehne des M. supraspinatus (91% der Patienten), eine Ruptur der Sehne des M. biceps brachii und eine Ruptur der M. subscapularis-Sehne. Bei zwei Patienten beobachteten Park et al. intraoperative Komplikationen. Ein Fadenanker riss aus dem Humerus aus und ein weiterer durchbohrte den Humeruskopf. Das durchschnittliche Patientenalter des Kollektivs von Park et al. betrug 64 Jahre [41 - 83 Jahre]. Das arithmetische Mittel der Follow-up Zeit lag bei 26 Monaten [18 - 40 Monate]. In der klinischen Nachuntersuchung bestimmten Park et al. andere Schulderscores (ASES, UCLA und SST) als wir, so dass ein Vergleich der klinisch funktionellen Ergebnisse nicht möglich war. Allerdings bestimmten sie in der Nachuntersuchung auch das Bewegungsausmaß der betroffenen Schulter. Die durchschnittliche Anteversion der 6 Patienten, die eine Fraktur des Tuberkulum majus ursprünglich hatten, lag bei 142°. Das arithmetische Mittel der Abduktion im Glenohumeralgelenk betrug 141°. Diese beiden Werte des Bewegungsausmaßes waren schlechter als die Werte unsere Patienten. Bei einem der 11 operierten Patienten -einer 83-jährigen Frau- wurde in der Nachuntersuchung nach 3 Monaten im Röntgen eine sekundäre Dislokation der Fragmente festgestellt. Dennoch ist Park et al. zufolge die plattenosteosynthetische Versorgung mit winkelstabilen, anatomisch geformten Platten vor allem bei mehrfragmentären dislozierten Trümmerfrakturen des Tuberkulum majus den anderen operativen Versorgungsmöglichkeiten, auch in Bezug auf das Auftreten von sekundären Dislokationen, überlegen. Sie sehen es aber als wichtig an, bei der plattenosteosynthetischen Versorgung die Schrauben senkrecht zur Frakturlinie zu positionieren, um eine stabile Frakturretention zu erreichen. Dennoch kann es, ihrer postulierten Meinung zufolge, nach der konventionellen Plattenosteosynthese zu sekundären Dislokationen kommen, da trotz richtiger Schraubenpositionierung, die Schrauben nicht den Zugkräften der Musculi infraspinatus und teres minor genügend entgegenwirken können. Auch die, von Park et al. arthroskopisch eingebrachten, Fadenanker, deren Fäden an der Platte verknotet wurden, konnten die Stabilität der Retention nicht genügend erhöhen. (Park, et al., 2015) Da wir in unserer Studie keine sekundäre Dislokation beobachten konnten, könnte die von uns im Gegensatz zu Park et al. durchgeführte Fadencerclage der Ansatzsehnen der Rotatorenmanschette eine wichtige Komponente beim Erreichen des Ziels, einer stabilen und langfristigen Retention ohne sekundäre Dislokation, sein. Allerdings müsste dies in weiteren Studien genauer untersucht werden.

Zusammenfassend sind die von uns ermittelten klinischen funktionellen Ergebnisse nach der operativen Versorgung vergleichbar gut wie die in der Literatur vorhandenen Daten zur

Plattenosteosynthese bei Frakturen des Tuberkulum majus. Unterschiede ergeben sich aufgrund unserer geringen Follow-up Zeit und dem vergleichsweise hohen Patientenalter des Studienkollektivs. Dennoch ist unser Patientenkollektiv repräsentativ für Patienten, die typischerweise von Frakturen des Tuberkulum majus betroffen sind. Im Vergleich zu den publizierten klinisch funktionellen Ergebnissen der operativen Versorgung mit Hilfe von Schraubenosteosynthese, transossären Nähten, Doppelreihennaht oder Zuggurtung sind unsere alters- und geschlechtsadaptierten Ergebnisse meist leicht überlegen. Auch wenn die übrigen publizierten operativen Versorgungsmethoden in den klinisch funktionellen Nachuntersuchungen dennoch gute Ergebnisse zeigten, liegt es nahe, dass vor allem bei mehrfragmentären mit kleiner Fragmentgröße und stark dislozierten Frakturen oder osteoporotischen Knochenverhältnissen die Plattenosteosynthese mit winkelstabilen und anatomisch geformten Platten zur Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus bevorzugt empfohlen werden sollte. Ein großer Vorteil der Plattenosteosynthese liegt in der biomechanisch stabileren Retention, die vor allem bei sportlich aktiven Patienten ein wichtiges Ziel ist. Dies zeigte sich auch in unserer Studie: Wir konnten keinen Retentionsverlust und eine daraus resultierende sekundäre Dislokation, die häufig auch aufgrund von persistierenden Schmerzen und bzw. oder der Funktionseinschränkung der Rotatorenmanschette Folgeeingriffe notwendig macht, beobachten. Deshalb könnte die plattenosteosynthetische Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus auch vor allem für Patienten, die auf eine gute und postoperativ frühzeitige Funktionalität der Schulter angewiesen sind, von Vorteil sein.

6.4 Komplikationen

Ein Nachteil der plattenosteosynthetischen Versorgung könnte darin liegen, dass im Vergleich zum Beispiel zur transossären Naht, mehr Fremdmaterial im Körper verbleibt. Dadurch ist das Risiko für verschiedene bekannte Komplikationen -vor allem Implatatinfektionen- erhöht. Wir hatten in unserem operativ versorgten Patientenkollektiv allerdings keine dieser Fremdmaterial-assoziierten Komplikationen.

Allerdings wurde bei 3 der 13 operativ versorgten Patienten ein subacromiales Impingement durch das einliegende Fremdmaterial, aufgrund dessen eine Metallentfernung durchgeführt wurde, festgestellt. Prozentual gesehen entspricht dies einem Anteil von 23% aller operativ versorgten Patienten. Bei zwei weiteren Patienten erfolgt auf deren ausdrücklichen Wunsche eine Metallentfernung.

In der Literatur findet man im Moment zum postoperativen acromialen Impingement durch das Fremdmaterial vor allem Daten zur plattenosteosynthetischen Versorgung proximaler Humerusfrakturen aber nicht spezifisch zu den Frakturen des Tuberkulum majus. Die

Auftretenshäufigkeit des Impingements durch Osteosynthesplatten bei allen proximalen Humerusfrakturen liegt in diesen Studien zwischen 3-11%. (Handschin, et al., 2008) (Chowdary, et al., 2014) (Erasmio, et al., 2014)

Im Vergleich zu diesen Werten ist in unserer Nachuntersuchung die Häufigkeit für ein subacromiales Impingement durch das Fremdmaterial höher, ein Effekt der vor allem der kleinen Stichprobe geschuldet sein könnte. Dennoch könnte aber durch die verwendete anatomisch geformte Osteosyntheseplatte, wie durch die bei uns verwendete PHILOS®-Platte, das Risiko für ein Impingement, durch die bessere Passform, im Vergleich zu konventionellen Osteosynthesplatten verringert sein. Allerdings müssen diese Überlegungen explizit zur Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus in weiteren Studien mit größeren Patientenkollektiven genauer untersucht werden.

Zu den spezifischen Komplikationen zählt auch die sekundäre Fragmentdislokation. Wir konnten diese Komplikation bei keinem Patienten in unserer Studie beobachten. Vor allem nach den minimal-invasiven Osteosyntheseverfahren konnte die sekundäre Dislokation mit resultierendem Impingementsyndrom beobachtet werden. In diesem Zusammenhang scheint, wie die zuvor erwähnten Daten zeigen, die Plattenosteosynthese den anderen Operationsverfahren überlegen zu sein.

Ein Vorteil neben dem weichteilschonenderen Vorgehen der minimal-invasiven Verfahren ist das seltenere Auftreten von Humeruskopfnekrosen im Vergleich zur Plattenosteosynthese. (Dimakopoulos, et al., 2009) (Bogner, et al., 2008) In Studien zur Versorgung von proximalen 2-,3-,4-Part Humerusfrakturen mit winkelstabilen Platten schwankte die Häufigkeit der postoperativen Humeruskopfnekrose zwischen 3-16 %. (Kettler, et al., 2006) (Brunner, et al., 2009) (Thanasas, et al., 2009) (Hente, et al., 2004) (Dimakopoulos, et al., 2009) Allerdings muss hierzu erwähnt werden, dass die Humeruskopfnekrose vor allem nach 3- und 4-Part Frakturen auftritt. Nach Frakturen des Tuberkulum majus wird diese Komplikation nur selten beobachtet. (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008) Auch wir konnten in unserer Studie bei einer ausreichend langen Follow-up Zeit keine Humeruskopfnekrose beobachten.

Eine weitere dokumentierte Komplikation der Versorgung von proximalen Humerusfrakturen mit winkelstabilen Platten ist die Schraubenperforation durch den Humeruskopf mit folgender Glenoidarrosion. Man unterscheidet die primäre und die sekundäre Schraubenperforation. Die Häufigkeit der primären Schraubenperforation durch falsche Längenbestimmung der Schrauben wird in der Literatur mit 10-14 % beziffert. (Brunner, et al., 2009) (Kettler, et al., 2006) (Sudkamp, et al., 2009) Von einer sekundären Schraubenperforation spricht man, wenn es im Falle einer Humeruskopfsinterung zur Perforation der Schrauben aus dem Humeruskopf kommt. Dieses

Phänomen wird vor allem bei osteoprotischen Knochenverhältnissen beobachtet. Dann ist die winkelstabile Plattenosteosynthese in sich zu stabil und es kommt bei unveränderter Lage der Schrauben zur sekundären Schraubenperforation. In der Studie von Brunner et al. hatten 8% der Patienten eine sekundäre Schraubenperforation nach operativer Versorgung von proximalen Humerusfrakturen. (Brunner, et al., 2009) Da, aufgrund der erwähnten demographischen Unterschiede zwischen den Frakturen des Tuberkulum majus und den übrigen proximalen Humerusfrakturen, die Patienten mit Frakturen des Tuberkulum majus nicht so häufig von Osteoporose betroffen sind wie die Patienten mit den übrigen proximalen Humerusfrakturen, liegt es nahe, dass diese Komplikation nach Frakturen des Tuberkulum majus nicht so häufig wie in der Studie von Brunner et al. beobachtet werden sollte. Wir hatten in unserer Studie keinen Patienten mit einer sekundären Schraubenperforation.

6.5 Limitationen

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass unsere Studie gewisse Limitationen aufweist, die bei Folgerungen aus unserer Studie beachtet werden sollten. Zum einen handelt es sich hierbei um den retrospektiven Charakter der Studie. Daraus könnte sich ein Selektionsbias ergeben haben, da die Patienten, die keinerlei Beschwerden hatten eher nicht zur Nachuntersuchung gekommen sein könnten. Vier der 44 angeschriebenen Patienten gaben dies als Grund für das Nichtkommen an. Zehn weitere Patienten konnten nicht kontaktiert werden. Darüber hinaus ist die Studiengröße mit insgesamt 25 -13 operativ und 12 konservativ therapierten- Patienten eher klein. Im Vergleich zu, in der Literatur vorhandenen, Studien zu Frakturen des Tuberkulum majus ist die Studiengröße vergleichbar groß. Auch die meisten zuvor publizierten Studien waren retrospektiv angelegt.

Weiterhin hatten wir in unserer Studie keine Kontrollgruppe für die operative Therapie, woraus sich vor allem für die Interpretation der Ergebnisse der operativen Gruppe Einschränkungen ergeben. Eine operative Kontrollgruppe hätte klarer den Vorteil der plattenosteosynthetischen Versorgung, als nur der Vergleich mit anderen Studien zur operativen Versorgung, aufzeigen können. Allerdings wollten wir bei allen Patienten, aufgrund der persönlichen Überzeugung, dass die Plattenosteosynthese den anderen operativen Versorgungsmöglichkeiten überlegen ist, die Plattenosteosynthese mit der PHILOS®-Platte durchführen.

Die physiotherapeutische Behandlung der konservativ therapierten Patienten unserer Studie fand nicht im Klinikum rechts der Isar, sondern in niedergelassenen Praxen, statt. Folglich unterlagen diese Behandlungen nicht unserer Kontrolle und könnten deshalb möglicherweise einen Confounder darstellen.

Die Gruppe der Frakturen des Tuberkulum majus ist eine heterogene Gruppe. Frakturen des Tuberkulum majus als Folge von Schulterluxationen sind häufiger mit intraartikulären Weichteilpathologien assoziiert als Frakturen nach einem direkten Trauma auf die betroffene Schulter. Die genannten intraartikulären Weichteilpathologien könnten, indem sie maßgeblichen Einfluss auf die funktionellen Ergebnisse der Schulter haben könnten, ein weiterer Confounder sein.

Die Werte der maximal erreichten Flexion und Abduktion unserer Patienten haben wir retrospektiv aus dem MSQ erhoben. Da es im MSQ allerdings nur 6 Abstufungen in den Items Flexion und Abduktion gibt, sind deshalb die erhobenen Werte nur auf 30° genau. Durch diese Ungenauigkeit sind der Werte des Bewegungsausmaßes unserer Patienten nur begrenzt aussagekräftig.

Da wir als erste Studie klinisch funktionelle Ergebnisse mit Hilfe des MSQ zur Therapie von Frakturen des Tuberkulum majus mit der PHILOS®-Platte in Kombination mit einer Fadencerclage bereitstellen, glauben wir einen Fortschritt in der klinischen Forschung zu Fraktur des Tuberkulum majus liefern zu können. Dennoch sind weitere, größere Studien auch mit operativen Kontrollgruppen notwendig, um die Bedeutung der plattenosteosynthetischen Versorgung bei der Therapie von Tuberkulum majus abschließend bewerten zu können.

7 Zusammenfassung

Die proximalen Humerusfrakturen machen 4-5% aller Frakturen aus. (Palvanen, et al., 2006) Der Anteil der Frakturen des Tuberkulum majus, die in 10-30% mit einer anterioren glenohumeralen Luxation assoziiert sind, an den proximalen Humerusfrakturen beträgt wiederum 14-21%. (Yin, et al., 2012) (Gruson, et al., 2008) (Jellad, et al., 2012) (Bahrs, et al., 2006) (Faraj, et al., 2011) (Reinus & Hatem, 1998) (Hovelius, 1987) (Kocher, et al., 1998)

Als Frakturmechanismen der Fraktur des Tuberkulum majus müssen direkte von indirekten unterschieden werden. (Bahrs, et al., 2006) (Green & Izzi, 2003) (Flatow, et al., 1991)

Nervenverletzungen sind die häufigsten Komorbiditäten, die vor allem im Rahmen einer assoziierten glenohumeralen Luxation beobachtet werden können. (de Laet, et al., 1994) (Gruson, et al., 2008) (Green & Izzi, 2003)

Neben der Anamnese und der klinischen Untersuchung ist die radiologische Bildgebung, in Form von Röntgen-, MRT- und CT-Bildgebung, der wichtigste Pfeiler der Diagnostik.

Bei den häufigeren nicht- oder minimal dislozierten Frakturen des Tuberkulum majus mit meist durchgängigem Weichteilmantel ist die konservative Therapie das Mittel der Wahl. Die operative Versorgung ist, der Empfehlung neuester Studien zufolge, ab einer Fragmentdislokation von 5 mm indiziert. Bei sportlich aktiven oder körperlich -vor allem im Überkopfbereich- schwer arbeitenden Patienten wird die operative Versorgung der Fraktur des Tuberkulum majus schon bei Dislokationen von 3 mm nahegelegt. (Yin, et al., 2012) (Platzer, et al., 2005) (Green & Izzi, 2003) (Gruson, et al., 2008) (Park, et al., 1997)

Wir haben in unserer Studie 25 Patienten (14 Frauen, 11 Männer) mit einem durchschnittlichen Alter von $53,7 \pm 15,3$ Jahren, die zwischen 2011 und 2013 im Klinikum rechts der Isar in der Abteilung für Unfallchirurgie nach einer Fraktur des Tuberkulum majus behandelt wurden, mit Hilfe des Munich Shoulder Questionnaire (MSQ) und des Short-Form 36 (SF-36) nachuntersucht. 12 Patienten (48%) mit nicht- oder minimal dislozierten (<5mm) Frakturen wurden konservativ nach einem festgelegten Physiotherapieschema behandelt. 13 Patienten (52%) mit dislozierten (>5mm) Frakturen des Tuberkulum majus wurden operativ mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese (PHILOS®) in Kombination mit Cerclagen (FiberWire®) versorgt.

Die Nachuntersuchung fand im arithmetischen Mittel $21,4 \pm 9,5$ Monate nach der Behandlung statt.

Die konservativ therapierten Patienten hatten in der Nachuntersuchung einen durchschnittlichen MSQ von $80,1 \pm 19,6$ Punkten, einen durchschnittlichen cSPADI-Score von $83,6 \pm 23,8$ Punkten, einen

durchschnittlichen cDASH-Score von $82,4 \pm 20,3$ Punkten und einen durchschnittlichen cCMS von $73,2 \pm 18,9$ bzw. einen adaptierten cCMS von $81,9 \pm 20,2$ Punkten. Die „körperliche Summenskala“ des SF-36 der konservativ therapierten Patienten betrug 45,8.

Bei den operativ therapierten Patienten betrug in der Nachuntersuchung der durchschnittliche MSQ $88,2 \pm 10,5$ Punkte, der durchschnittliche cSPADI-Score $92,2 \pm 12,7$ Punkte, der durchschnittliche cDASH-Score $92,7 \pm 12,3$ Punkte und der durchschnittliche cCMS $77,9 \pm 10,5$ bzw. der adaptierte cCMS $89,9 \pm 13,6$ Punkte. Die „körperliche Summenskala“ des SF-36 der operativ versorgten Patienten betrug 51,4.

Auch wenn die Score-Ergebnisse der operativ therapierten Patienten besser waren, als die der konservativ therapierten Patienten, war der Unterschied zwischen diesen beiden nicht signifikant.

Die 15 Patienten, deren Fraktur des Tuberculum majus mit einer glenohumeralen Luxation assoziiert war, hatten einen durchschnittlichen MSQ von $90,8 \pm 5,3$ Punkten, einen durchschnittlichen cSPADI-Score von $96,2 \pm 3,3$ Punkten, einen durchschnittlichen cDASH-Score von $96,2 \pm 3,31$ Punkten und einen durchschnittlichen cCMS von $80,2 \pm 8,2$ bzw. einen adaptierten cCMS von $89,8 \pm 9,2$ Punkten. Das arithmetische Mittel der „körperlichen Summenskala“ des SF-36 lag bei 53,7.

Bei den zehn Patienten, deren Fraktur des Tuberculum majus durch direkte Krafteinwirkung auf das Tuberculum majus entstanden ist, lag der durchschnittliche MSQ bei $79,9 \pm 19,1$ Punkten, der durchschnittliche cSPADI-Score bei $82,7 \pm 23,3$ Punkten, der durchschnittliche cDASH-Score bei $82,3 \pm 20,3$ Punkten und der durchschnittliche cCMS bei $72,6 \pm 17,97$ bzw. der adaptierte cCMS bei $83,5 \pm 21,0$ Punkten. Das arithmetische Mittel der „körperlichen Summenskala“ des SF-36 war 45,3.

Die durchschnittlichen Score-Ergebnisse der Patienten unserer Studie, die eine Fraktur des Tuberculum majus durch einen direkten Anprall erlitten hatten, waren schlechter als die Ergebnisse der Patienten, deren Fraktur des Tuberculum majus mit einer glenohumeralen Luxation assoziiert war. Dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant. Darüber hinaus war in der Untergruppe der operativ versorgten Patienten auffällig, dass die Patienten mit einer assoziierten Luxation die besseren postoperativen Ergebnisse hatten, als die Patienten deren Fraktur durch einen direkten Anprall entstanden war. Aber auch dieser Unterschied war nicht signifikant.

Zur Beurteilung unserer Therapieergebnisse haben wir den MSQ benutzt, welcher in mehreren Studien zur Bewertung der Schulterfunktion eingesetzt wurde und es ermöglicht auf drei weitere Schulterscores (cDASH,cSPADI,cCMS) rückzuschließen.

Im Vergleich zu vorhandenen publizierten Studien zu Fraktur des Tuberkulum majus waren sowohl die Schulderscores unserer konservativ behandelten als auch der operativ therapierten Patienten in unserer Nachuntersuchung gut. Die Ergebnisse zeigten trotz der vergleichsweise kurzen Follow-up Zeit folglich, dass eine nicht- bzw. minimal-dislozierte Fraktur des Tuberkulum majus mit guten Ergebnissen mit einem festgeschriebenen Physiotherapieprotokoll sehr gut konservativ behandelt werden kann. Gleichzeitig fällt aber auch auf, dass die Schulderscores der operativ therapierten Patienten besser sind als die der konservativ behandelten Patienten. Folglich könnte man daraus die Empfehlung zur frühzeitigen operativen Versorgung mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese, insofern keine Kontraindikationen bestehen, bei dislozierten Frakturen ableiten.

In der gegenwärtig vorhandenen Literatur zur operativen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus werden viele verschiedene arthroskopische und offen-chirurgische Verfahren zur Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus präsentiert. Dennoch existieren im Gegensatz zu den übrigen proximalen Humerusfrakturen nur wenige Daten zur plattenosteosynthetischen Versorgung von Frakturen des Tuberkulum majus. Wir haben als erste Studie die winkelstabile Plattenosteosynthese (PHILOS®) in Verbindung mit einer FiberWire®-Cerclage nachuntersucht. Vor allem bei mehrfragmentären Frakturen, stark dislozierten Frakturen, osteoporotischen Knochenverhältnissen oder bei sportlich aktiven bzw. körperlich schwer arbeitenden Patienten, die auf frühzeitig stabile Retentionsverhältnisse angewiesen sind und einen hohen funktionellen Anspruch haben, könnte die in unserer Studie dargestellte operative Versorgung den in der Literatur publizierten Verfahren überlegen sein. Allerdings müsste diese Hypothese in weiteren Studien mit größeren Kollektiven noch näher untersucht werden.

Das geringe Studienkollektiv und das Fehlen einer Kontrollgruppe der operativen Therapie stellen neben dem retrospektiven Charakter der Studie die wichtigsten Limitierungen der Studie dar.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: The anatomical classification. (Neer, 1970)	18
Abbildung 4.1 Formel zur Berechnung des alters- und geschlechtsspezifischen CMS	33
Abbildung 4.2 Formel zur Ermittlung des transformierten Skalenwerts des SF-36	37
Abbildung 5.1: Relative Altersverteilung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	40
Abbildung 5.2: Verteilung des Behandlungsregimes	41
Abbildung 5.3: Schultercores - Gesamtkollektiv	43
Abbildung 5.4: Schultercores - Untergruppe „Luxation“	44
Abbildung 5.5: Schultercores - Untergruppe „Direkter Anprall“	46
Abbildung 5.6: Schultercores - Untergruppe „konservative Therapie“	47
Abbildung 5.7: Schultercores - Untergruppe „operative Therapie“	49
Abbildung 5.8: Mittelwerte der acht Dimensionen des SF-36 der Untergruppen „Luxation“, „Gesamtkollektiv“, „direktes Trauma“ und der deutschen Normstichprobe von Bullinger und Kirchberger (Bullinger & Kirchberger, 1998)	50
Abbildung 5.9: Mittelwerte der acht Dimensionen des SF-36 der Untergruppen „operative Therapie“, „Gesamtkollektiv“, „konservative Therapie“ und der deutschen Normstichprobe von Bullinger und Kirchberger (Bullinger & Kirchberger, 1998)	51
Abbildung 5.10: MSQ – Direkter Anprall und Luxation	53
Abbildung 5.11: cDASH – Direkter Anprall und Luxation	54
Abbildung 5.12: cSPADI – Direkter Anprall und Luxation	55

Abbildung 5.13: cCMS- Direkter Anprall und Luxation	56
Abbildung 5.14: adaptierter cCMS – Direkter Anprall und Luxation	57
Abbildung 5.15: SF-36 Körperliche Funktionsfähigkeit – Direkter Anprall und Luxation	58
Abbildung 5.16: SF-36 Psychisches Wohlbefinden – Direkter Anprall und Luxation	59
Abbildung 5.17: MSQ – konservative und operative Therapie	60
Abbildung 5.18: cDASH – konservative und operative Therapie	61
Abbildung 5.19: cSPADI – konservative und operative Therapie	62
Abbildung 5.20: cCMS – konservative und operative Therapie	63
Abbildung 5.21: adaptierter cCMS – konservative und operative Therapie	64
Abbildung 5.22: SF-36 Körperliche Funktionsfähigkeit – konservative und operative Therapie	65
Abbildung 5.23: SF-36 Psychisches Wohlbefinden – konservative und operative Therapie	66
Abbildung 5.24: Subgruppenanalyse MSQ – Direkter Anprall und Luxation	67
Abbildung 5.25: Subgruppenanalyse SF-36 Körperliche Funktionsfähigkeit – Direkter Anprall und Luxation	68

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Adaptierter cCMS nach Katolik et al. (Katolik, et al., 2005)	33
Tabelle 2: Bewertung des adaptierter cCMS nach Boehm (Gohlke & Hedtmann, 2002)	33
Tabelle 3: Punkte-Winkel-Beziehung für die retrospektive Bestimmung des Bewegungsausmaßes aus dem MSQ	34
Tabelle 4: Subskala und die Zahl der Items des SF-36	35
Tabelle 5: Formeln für die Berechnung und Transformation von Skalenwerten (Bullinger & Kirchberger, 1998)	36

10 Literaturverzeichnis

- 1) Agudelo, J., Schurmann, M., Stahel, P., Helwig, P., Morgan, S.J., Zechel, W., Bahrs, C., Parekh, A., Ziran, B., Williams, A., Smith, W., 2007. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *Journal of orthopaedic trauma*, Nov-Dec, pp. 676-681.
- 2) Angst, F., Schwyzer, H.K., Aeschlimann, A., Simmen, B.R., Goldhahn, J., 2011. Measures of adult shoulder function. *Arthritis care & research*, Nov, pp. 174-188.
- 3) Aumüller, G., Aust, G., Doll, G., Engele, J., Kirsch, J., Mense, S., Reißig, D., Salvetter, J., Schmidt, W., Schmitz, F., Schulte, E., Spänel-Borowski, K., Wolff, W., Wurzing, L.J., Zilch, H.-G., 2010. *Duale Reihe Anatomie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- 4) Bahrs, C., Lingenfelter, E., Fischer, F., Walters, E.M., Schnabel, M., 2006. Mechanism of injury and morphology of the greater tuberosity fracture. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons*, Mar-Apr, pp. 140-147.
- 5) Baierlein, S., 2010. *Frakturklassifikationen*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag .
- 6) Bhatia, D.N., van Rooyen, K.S., du Toit, D.F., de Beer, J.F., 2006. Surgical treatment of comminuted, displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal humerus: a new technique of double-row suture-anchor fixation and long-term results. *Injury*, Oct, pp. 946-952.
- 7) Bogner, R., Hubner, C., Matis, N., Auffarth, A., Lederer, S., Resch, H., 2008. Minimally-invasive treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in elderly patients. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, Dec, pp. 1602-1607.
- 8) Bono, C.M., Renard, R., Levine, R.G., Levy, A.S., 2001. Effect of displacement of fractures of the greater tuberosity on the mechanics of the shoulder. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, Sep, pp. 1056-1062.
- 9) Brais, G., Menard, J., Mutch, J., Laflamme, G.Y., Petit, Y., Rouleau, D.M., 2015. Transosseous braided-tape and double-row fixations are better than tension band for avulsion-type greater tuberosity fractures. *Injury*, Jun, pp. 1007-1012.
- 10) Braunstein, V., Wiedemann, E., Plitz, W., Muensterer, O.J., Mutschler, W., Hinterwimmer, S., 2007. Operative treatment of greater tuberosity fractures of the humerus--a biomechanical analysis. *Clinical biomechanics*, Jul, pp. 652-657.

- 11) Brooks, C.H., Revell, W.J., Heatley, F.W., 1993. Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. An anatomical cadaver study. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 1 Jan, pp. 132-136.
- 12) Brunner, F., Sommer, C., Bahrs, C., Heuwinkel, R., Hafner, C., Rillmann, P., Kohut, G., Ekelund, A., Muller, M., Audige, L., Babst, R., 2009. Open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures using a proximal humeral locked plate: a prospective multicenter analysis. *Journal of orthopaedic trauma*, Mar, pp. 163-172.
- 13) Bullinger, M., Kirchberger, I., 1998. *SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- 14) Carrera, E.F., Matsumoto, M.H., Netto, N.A., Faloppa, F., 2004. Fixation of greater tuberosity fractures. *Arthroscopy*, Oct, pp. e109-111.
- 15) Chen, Y.F., Zhang, W., Chen, Q., Wei, H.F., Wang, L., Zhang, C.Q., 2013. AO X-shaped midfoot locking plate to treat displaced isolated greater tuberosity fractures. *Orthopedics*, Aug, pp. e995-999.
- 16) Chowdary, U., Prasad, H., Subramanyam, P.K., 2014. Outcome of locking compression plating for proximal humeral fractures: a prospective study. *Journal of orthopaedic surgery*, Apr, pp. 4-8.
- 17) Clement, N., Duckworth, A., McQueen, M., Court-Brown, C., 2014. The outcome of proximal humeral fractures in the elderly: predictors of mortality and function. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, Jul, pp. 970-77.
- 18) Court-Brown, C.M., Garg, A., McQueen, M.M., 2001. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta orthopaedica Scandinavica*, Aug, pp. 365-71.
- 19) de Laat, E.A., Visser, C.P., Coene, L.N., Pahlplatz, P.V., Tavy, D.L., 1994. Nerve lesions in primary shoulder dislocations and humeral neck fractures. A prospective clinical and EMG study. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, May, pp. 381-383.
- 20) Dimakopoulos, P., Panagopoulos, A., Kasimatis, G., 2009. Transosseous suture fixation of proximal humeral fractures. Surgical technique. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Mar 1, pp. 8-21.
- 21) Erasmo, R., Guerra, G., Guerra, L., 2014. Fractures and fracture-dislocations of the proximal humerus: A retrospective analysis of 82 cases treated with the Philos locking plate. *Injury*, Dec, pp. S43-48.

- 22) Faraj, D., Kooistra, B.W., Vd Stappen, W.A., Werre, A.J., 2011. Results of 131 consecutive operated patients with a displaced proximal humerus fracture: an analysis with more than two years follow-up. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*, Jan, pp. 7-12.
- 23) Flatow, E.L., Cuomo, F., Maday, M.G., Miller, S.R., McIlveen, S.J., Bigliani, L.U., 1991. Open reduction and internal fixation of two-part displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal part of the humerus. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Sep, pp. 1213-1218.
- 24) Gartsman, G.M.E.S.M., 1999. Arthroscopic treatment of acute traumatic anterior glenohumeral dislocation and greater tuberosity fracture. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, Sep, pp. 648-650.
- 25) Gaudelli, C., Menard, J., Mutch, J., Laflamme, G.Y., Petit, Y., Rouleau, D.M., 2014. Locking plate fixation provides superior fixation of humerus split type greater tuberosity fractures than tension bands and double row suture bridges. *Clinical biomechanics*, Nov, pp. 1003-1008.
- 26) George, M.S., 2007. Fractures of the greater tuberosity of the humerus. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Oct, pp. 607-613.
- 27) Gerber, C., Schneeberger, A.G., Vinh, T.S., 1990. The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Dez, Band Vol. 72, pp. 1486-1494.
- 28) Gillespie, R.J., Johnston, P.S., Gordon, V.A., Ward, P.J., Getz, C.L., 2015. Using Plate Osteosynthesis to Treat Isolated Greater Tuberosity Fractures. *American journal of orthopedics*, Aug, pp. 248-251.
- 29) Gohlke, F., Hedtmann, A., 2002. *Schulter: das Standardwerk für Klinik und Praxis*. 1. Auflage Hrsg. Stuttgart, New York: Thieme Verlag.
- 30) Green, A., Izzi, J.J., 2003. Isolated fractures of the greater tuberosity of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons*, Nov-Dec, pp. 641-649.
- 31) Gruson, K.I., Ruchelsman, D.E., Tejwani, N.C., 2008. Isolated tuberosity fractures of the proximal humeral: current concepts. *Injury*, Mar, pp. 284-298.
- 32) Habermeyer, P., 1997. Die Humeruskopffraktur. *Der Unfallchirurg*, Oct, pp. 820-837.

- 33) Handschin, A.E., Cardell, M., Contaldo, C., Trentz, O., Wanner, G.A., 2008. Functional results of angular-stable plate fixation in displaced proximal humeral fractures. *Injury*, Mar, pp. 306-13.
- 34) Hente, R., Kampshoff, J., Kinner, B., Fuchtmeier, B., Nerlich, M., 2004. Treatment of dislocated 3- and 4-part fractures of the proximal humerus with an angle-stabilizing fixation plate. *Der Unfallchirurg*, Sep, pp. 769-782.
- 35) Hodgson, S.A., Mawson, S.J., Stanley, D., 2003. Rehabilitation after two-part fractures of the neck of the humerus. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, Apr, pp. 419-422.
- 36) Horak, J., Nilsson, B.E., 1975. Epidemiology of fracture of the upper end of the humerus. *Clinical orthopaedics and related research*, Oct, pp. 250-253.
- 37) Hovelius, L., 1987. Anterior dislocation of the shoulder in teen-agers and young adults. Five-year prognosis. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Mar, pp. 393-399.
- 38) Iannotti, J.P., Gabriel, J.P., Schneck, S.L., Evans, B.G., Misra, S., 1992. The normal glenohumeral relationships. An anatomical study of one hundred and forty shoulders. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Apr, pp. 491-500.
- 39) Ishak, C., Sahajpal, D., Chiang, A., Atallah, W., Kummer, F., Jazrawi, L.M., 2006. Fixation of greater tuberosity fractures: a biomechanical comparison of three techniques. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases (New York)*, pp. 98-99.
- 40) Jellad, A., Bouaziz, M.A., Boudokhane, S., Aloui, I., Ben Salah, Z., Abid, A., 2012. Isolated greater tuberosity fracture: Short-term functional outcome following a specific rehabilitation program. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, Feb, pp. 16-24.
- 41) Katolik, L.I., Romeo, A.A., Cole, B.J., Verma, N.N., Hayden, J.K., Bach, B.R., 2005. Normalization of the constant score. *Journal of shoulder and elbow surgery*, May-Jun, pp. 279-285.
- 42) Kettler, M., Biberthaler, P., Braunstein, V., Zeiler, C., Kroetz, M., Mutschler, W., 2006. Treatment of proximal humeral fractures with the PHILOS angular stable plate. Presentation of 225 cases of dislocated fractures. *Der Unfallchirurg*, Dec, pp. 1032-1040.
- 43) Kim, E., Shin, H.K., Kim, C.H., 2005. Characteristics of an isolated greater tuberosity fracture of the humerus. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*, Sep, pp. 441-444.

- 44) Kim, S.H., Ha, K.I., 2000. Arthroscopic treatment of symptomatic shoulders with minimally displaced greater tuberosity fracture. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, Oct, pp. 695-700.
- 45) Kocher, M.S., Dupre, M.M., Feagin, J.A.J., 1998. Shoulder injuries from alpine skiing and snowboarding. Aetiology, treatment and prevention. *Sports medicine*, Mar, pp. 201-211.
- 46) Ma, C.B., Comerford, L., Wilson, J., Puttlitz, C.M., 2006. Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs: double-row compared with single-row fixation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Feb, pp. 403-410.
- 47) Maman, E., Dolkart, O., Chechik, O., Amar, E., Rak, O., Rath, E., Mozes, G., 2014. Arthroscopic findings of coexisting lesions with greater tuberosity fractures. *Orthopedics*, Mar, pp. e272-7.
- 48) Mason, B.J., Kier, R., Bindleglass, D.F., 1999. Occult fractures of the greater tuberosity of the humerus: radiographic and MR imaging findings. *AJR. American journal of roentgenology*, Feb, pp. 469-473.
- 49) Mattyasovszky, S., Burkhart, K.J., Ahlers, C., Proschek, D., Dietz, S.-O., Becker, I., Müller-Haberstock, S., Müller, L.P., Rommens, P.M., 2011. Isolated fractures of the greater tuberosity of the proximal humerus. *Acta Orthopaedica*, pp. 714-720.
- 50) Minagawa, H., Itoi, E., Konno, N., Kido, T., Sano, A., Urayama, M., Sato, K., 1998. Humeral attachment of the supraspinatus and infraspinatus tendons: an anatomic study. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, Apr, pp. 302-306.
- 51) Nagel, M., Benner, A., Ostermann, R., Henschke, K., 1996. *Grafische Datenanalyse*. Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer Verlag.
- 52) Neer, C. S. 2., 1970. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Sep, pp. 1077-1089.
- 53) Ogawa, K., Yoshida, A., Ikegami, H., 2003. Isolated fractures of the greater tuberosity of the humerus: solutions to recognizing a frequently overlooked fracture. *The Journal of trauma*, Apr, pp. 713-717.
- 54) Palvanen, M., Kannus, P., Niemi, S., Parkkari, J., 2006. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clinical orthopaedics and related research*, Jan, pp. 87-92.

- 55) Park, M.C., Murthi, A.M., Roth, N.S., Blaine, T.A., Levine, W.N., Bigliani, L.U., 2003. Two-part and three-part fractures of the proximal humerus treated with suture fixation. *Journal of orthopaedic trauma*, May, pp. 319-325.
- 56) Park, S.E., Jeong, J.J., Panchal, K., Lee, J.Y., Min, H.K., Ji, J.H., 2015. Arthroscopic-assisted plate fixation for displaced large-sized comminuted greater tuberosity fractures of proximal humerus: a novel surgical technique. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, Sep.
- 57) Park, T.S., Choi, I.Y., Kim, Y.H., Park, M.R., Shon, J.H., Kim, S.I., 1997. A new suggestion for the treatment of minimally displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal humerus. *Bulletin Hospital for Joint Diseases*, pp. 171-176.
- 58) Patten, R.M., Mack, L.A., Wang, K.Y., Lingel, J., 1992. Nondisplaced fractures of the greater tuberosity of the humerus: sonographic detection. *Radiology*, Jan, pp. 201-204.
- 59) Platzer, P., Kutscha-Lissberg, F., Lehr, S., Vecsei, V., Gaebler, C., 2005. The influence of displacement on shoulder function in patients with minimally displaced fractures of the greater tuberosity. *Injury*, Oct, pp. 1185-1190.
- 60) Platzer, P., Thalhammer, G., Oberleitner, G., Kutscha-Lissberg, F., Wieland, T., Vecsei, V., Gaebler, C., 2008. Displaced fractures of the greater tuberosity: a comparison of operative and nonoperative treatment. *The Journal of trauma*, Oct, pp. 843-848.
- 61) Pujol, N., Fong, O., Scharycki, S., Remi, J., Beaufils, P., Boisrenoult, P., 2009. Simultaneous arthroscopic treatment of displaced greater tuberosity and glenoid fracture using a double-row technique. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, Dec, pp. 1508-1510.
- 62) Rasmussen, S., Hvass, I., Dalsgaard, J., Christensen, B.S., Holstad, E., 1992. Displaced proximal humeral fractures: results of conservative treatment. *Injury*, pp. 41-43.
- 63) Reinus, W.R., Hatem, S.F., 1998. Fractures of the greater tuberosity presenting as rotator cuff abnormality: magnetic resonance demonstration. *The Journal of trauma*, Apr, pp. 670-675.
- 64) Resch, H., Hubner, C., Schwaiger, R., 2001. Minimally invasive reduction and osteosynthesis of articular fractures of the humeral head. *Injury*, May, pp. S-A 25-32.
- 65) Richards, R.D., Sartoris, D.J., Pathria, M.N., Resnick, D., 1994. Hill-Sachs lesion and normal humeral groove: MR imaging features allowing their differentiation. *Radiology*, Mar, pp. 665-668.

- 66) Schär, M., Schär, A., Bertschy, B., Zumstein, M.A., 2013. Schulterluxation und Schulterinstabilität: Die erstmalige oder rezidivierende antero-inferiore Schulterluxation – State of the Art. *ARS MEDICI*, pp. 208-214.
- 67) Schmidutz, F., Beirer, M., Braunstein, V., Bogner, V., Wiedemann, E., Biberthaler, P., 2012. The Munich Shoulder Questionnaire (MSQ): development and validation of an effective patient-reported tool for outcome measurement and patient safety in shoulder surgery. *Patient safety in surgery*, p. 9.
- 68) Schoffl, V., Popp, D., Strecker, W., 2011. A simple and effective implant for displaced fractures of the greater tuberosity: the "Bamberg" plate. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, Apr, pp. 509-512.
- 69) Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., 2007. *Prometheus - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- 70) Sidor, M.L., Zuckerman, J.D., Lyon, T., Koval, K., Cuomo, F., Schoenberg, N., 1993. The Neer classification system for proximal humeral fractures. An assessment of interobserver reliability and intraobserver reproducibility. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Dec, pp. 1745-1750.
- 71) Siebenrock, K.A., Gerber, C., 1993. The reproducibility of classification of fractures of the proximal end of the humerus. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Dec, pp. 1751-1755.
- 72) Sirveaux, F., Roche, O., Mole, D., 2010. Shoulder arthroplasty for acute proximal humerus fracture. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, Oct, pp. 683-94.
- 73) Stenning, M., Drew, S., Birch, R., 2005. Low-energy arterial injury at the shoulder with progressive or delayed nerve palsy. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, Aug, pp. 1102-1106.
- 74) Sudkamp, N., Bayer, J., Hepp, P., Voigt, C., Oestern, H., Kaab, M., Luo, C., Plecko, M., Wendt, K., Kostler, W., Konrad, G., 2009. Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter, observational study. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Jun, pp. 1320-1328.
- 75) Taverna, E., Sansone, V., Battistella, F., 2004. Arthroscopic Treatment for Greater Tuberosity Fractures. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, Jul-Aug, pp. 53-57.

- 76) Thanasas, C., Kontakis, G., Angoules, A., Limb, D., Giannoudis, P., 2009. Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*, Nov-Dec, pp. 837-844.
- 77) Vachtsevanos, L., Hayden, L., Desai, A. S., Dramis, A., 2014. Management of proximal humerus fractures in adults. *World journal of orthopedics*, Nov, pp. 685-93.
- 78) Verdano, M.A., Aliani, D., Pellegrini, A., Baudi, P., Pedrazzi, G., Ceccarelli, F., 2013. Isolated fractures of the greater tuberosity in proximal humerus: does the direction of displacement influence functional outcome? An analysis of displacement in greater tuberosity fractures. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, Dec, pp. 219-228.
- 79) Willis, A.A., Verma, N.N., Thornton, S.J., Morrissey, N.J., Warren, R.F., 2005. Upper-extremity deep-vein thrombosis after anterior shoulder dislocation and closed reduction. A case report. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Sep, pp. 2086-2090.
- 80) Wissing, H., Obertacke, U., 1986. Concomitant osseous and ligamentous injuries of traumatic shoulder dislocation and its significance for the pathogenesis of habitual dislocation. *Unfallchirurgie*, Jun, pp. 135-142.
- 81) Yin, B., Moen, T.C., Thompson, S.A., Bigliani, L.U., Ahmad, C.S., Levine, W.N., 2012. Operative treatment of isolated greater tuberosity fractures: retrospective review of clinical and functional outcomes. *Orthopedics*, Jun, pp. 807-814.

11 Danksagung

Ich möchte **Herrn Prof. Dr. med. Peter Biberthaler** für die Möglichkeit der Anfertigung der Dissertation danken.

Mein Dank gebührt meinem Doktorvater **Herrn apl. Prof. Dr. med. Chlodwig Kirchhoff** für die Überlassung des Themas dieser Dissertation sowie für seine Unterstützung bei der Auswertung und seinen fachlichen Rat.

An dieser Stelle besonders danken möchte ich meinem Betreuer **Dr. med. Stephan Huber** für seine fortwährende Unterstützung -auch nach seinem Wechsel seiner Arbeitsstelle- bei der Anfertigung dieser Dissertation. Seine aufmunternden Worte und die konstruktiven Gespräche waren stets eine große Hilfe.

Zum Schluss möchte ich mich auch noch bei meiner **Familie** bedanken, ohne die das Studium und diese Dissertation nicht möglich gewesen wären.