

Fakultät für Medizin, Technische Universität München

**Klinisch-funktionelles Outcome nach operativer Versorgung instabiler
lateralen Klavikulafrakturen mittels winkelstabiler
Plattenosteosynthese und coracoclaviculärer Refixation via
DogBone™-Technik: Vergleich zweier Methoden und Analyse des
Return to Sports**

Dr. med. univ. Markus Wurm

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

Vorsitz: apl. Prof. Dr. Bernhard Haslinger

Prüfende der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. Chlodwig Kirchhoff
2. Priv. Doz. Dr. Marc Beirer

Die Dissertation wurde am 20.07.2021 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 07.12.2021 angenommen.

Für Florentina und Ferdinand

Abkürzungen

A.	Arteria
AC-Gelenk	Acromioclaviculargelenk
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a/p	antero-posterior
ASES	American Shoulder and Elbow Score
bzw.	beziehungsweise
CC – Ligament(e)	Coracoclaviculäre(s) Ligament(a)
cm	Centimeter
DASH	Disabilities of Arm, Shoulder and Hand
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
M.	Musculus
Mm.	Musculi
MSQ	Munich Shoulder Questionnaire
N.	Nervus
Nn.	Nervi
OR	Odds Ratio
Proc.	Processus
RTS	return-to-sports / Rückkehr zum Sport
s.	signifikant
n.s.	nicht signifikant
SSSC	“Superior Shoulder Suspensory Complex”
SPADI	Shoulder Pain and Disability Index
V.	Vena
Vv.	Venae

Inhaltsverzeichnis

1. Die Klavikula	3
1.1 Anatomie der Klavikula	3
1.2 Die Klavikulafraktur	7
1.2.1 Laterale Klavikulafrakturen	7
1.3 Diagnostik	8
1.3.1 Klinische Untersuchung	8
1.3.2 Röntgen	9
1.3.3 Computertomographie	10
1.3.4 Magnetresonanztomographie	11
1.4 Klassifikationen	11
1.5 Therapie	13
1.5.1 Geschichtliche Aspekte der Therapie	13
1.5.2 Konservative Therapie	15
1.5.3 Operative Therapie	16
1.5.4 Mehrfachverletzung des Schultergürtels (Floating Shoulder)	17
2. Hintergrund der Arbeit	19
3. Fragestellung	21
4. Methodik und Material	22
4.1 Patientenkollektiv	22
4.2 Operative Technik	23
4.3 DogBone™ und Knotless DogBone™	24
4.4 Exemplarisches operatives Vorgehen	25
4.5 Fallbeispiel der operativen Versorgung	30
4.6 Postoperatives Nachsorgeschema	31
4.7 Outcome	32
4.8 Return-to-Sports Fragebogen	33
4.9 Röntgenkontrolle	34
4.10 Statistik	34
5. Ergebnisse	35
5.1 Allgemeine Ergebnisse	35
5.1.1 Epidemiologie	36
5.1.2 Frakturlokalisierung und Seitendominanz	36
5.1.3 Frakturanzahl und Lokalisation	36

5.1.4 Prozentuelle Teilnahme	37
5.1.5 Funktionelles Ergebnis	38
5.1.6 Postoperative Einschränkung	40
5.1.7 Osteosynthesematerialentfernung	41
5.1.8 Sport	42
5.2 Return-to-sports	44
5.2.1 Epidemiologie	44
5.2.2 Allgemeine postoperative Einschränkung	45
5.2.3 Subjektives Kraftdefizit	45
5.2.4 Range of Motion	45
5.2.5 Dauer des return-to-sports	45
5.2.6 Quantität und Qualität der Sportarten	48
5.2.7 Irritation durch Material	49
5.2.8 Änderung des sportlichen Verhaltens	50
5.2.9 Psychologischer Aspekt des eingebrachten Osteosynthesematerials	50
6. Diskussion	51
6.1 Einschluss / Ausschlusskriterien	52
6.2 Allgemeine Ergebnisse	52
6.3 Konservative vs. Operative Therapie der lateralen Klavikulafraktur	53
6.4 Mehrfachverletzungen des Schultergürtels (Floating Shoulder)	55
6.5 Monetäre Situation der Versorgung	56
6.6 Biomechanische Aspekte der operativen Therapie	57
6.7 Irritation durch Material	58
6.8 Osteosynthesematerialentfernung	59
6.9 Funktionelles Outcome und Sport nach lateraler Klavikulafraktur	61
6.10 Return to sports	64
7. Limitationen	66
8. Conclusio	67
9. Referenzen	68
10. Abbildungsverzeichnis	75
11. Tabellenverzeichnis	77
12. Diagrammverzeichnis	78
13. Danksagung	79
14. Addendum	80

Abstract

Die laterale Klavikulafraktur ist mit etwa 2,6% aller Frakturen eine relativ seltene Verletzung jedoch betrifft sie mitunter bis zu 44% der Frakturen im Bereich des Schultergürtels. Die Inzidenz dieser Verletzung hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Speziell aktive junge und vorwiegend männliche Patienten, aber auch ältere Patienten sind aufgrund eines Sturzes mit dieser Diagnose konfrontiert. In den meisten Fällen (stabile Fraktur) kann eine konservative Therapie erfolgen. Bei offenen oder dislozierten Brüchen sowie einer Verletzung der coraco-claviculären Bänder die zu einer instabilen Fraktursituation führt, ist jedoch eine operative Versorgung indiziert. Hierfür stehen eine Vielzahl an Techniken zur Verfügung, diese wurden in den letzten Jahren deutlich verbessert und die operativen Ergebnisse sind im Vergleich zu älteren Operationsverfahren vielversprechend. Ziel dieser Arbeit ist es das klinische und funktionelle Outcome nach operativer Versorgung von dislozierten lateralen Klavikulafrakturen zu erheben und zu analysieren. Die Frakturen wurden dazu mittels anatomisch präformierter, winkelstabiler Plattenosteosynthese versorgt. Anschließend wurde arthroskopisch assistiert, unter Anwendung der sogenannten DogBone™ Technik der coracoclaviculäre Bandapparat adressiert. Die klinisch-funktionellen Ergebnisse wurden ein Jahr postoperativ inkl. des RTS ermittelt. Durch eine Neuerung der Dog Bone Technik, welche nun ein knotenloses Verfahren ermöglicht, erfolgte die Hypothesenstellung dieser Arbeit bezüglich der postoperativen Irritation der beiden Verfahren. Als zweite Hypothese dieser Arbeit wurde die postoperative Reduktion von Sportarten untersucht. Hierfür wird die Einschränkung in Alltag und Sport ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen eine deutlich geringere postoperative Irritation durch das knotenlose Verfahren. Außerdem konnte eine 100% Rate bezüglich des RTS ermittelt werden. Die Zeit bis zum RTS betrug durchschnittlich 4,6 (3 – 9) Monate und es wurden in diesem Zeitraum keine Re-Frakturen und kein Therapieversagen der Operationstechnik festgestellt. Die Ergebnisse bestätigen das knotenlosen DogBone™ Verfahren bei instabiler lateraler

Klavikulafraktur mittels präformierter, winkelstabiler Plattenosteosynthese und arthroskopisch assistierter Refixation des coracoclaviculären Bandapparates als sichere und reproduzierbare Operationsmethode.

1. Die Klavikula

Etymologisch entstammt der Name dem Griechischen und bedeutet „Schlüsselchen“ (griech: clavicula; clavis = Schlüssel). Hieraus leitet sich der deutsche Name „Schlüsselbein“ ab [1].

1.1 Anatomie der Klavikula

Die Klavikula ist ein durchschnittlich 15 cm (Männer zwischen 16-18 cm, Frauen 14-16 cm) langer in der antero-posterioren Richtung s-förmig gekrümmter Knochen, welcher als Abstandhalter zwischen dem medial gelegenen Brustbein (Sternum) und dem lateral gelegenen Schulterdach (Akromion) fungiert [2-4].

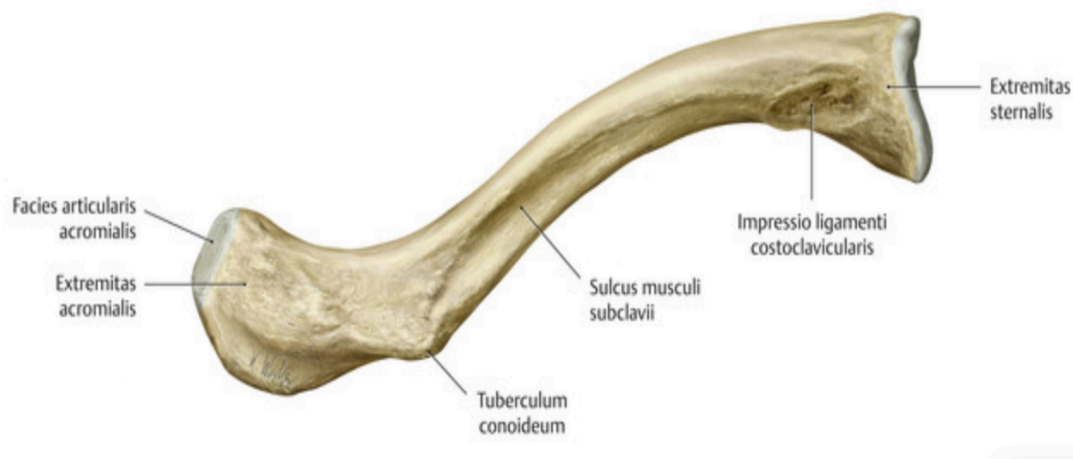


Abb 1: Anatomie der Klavikula (Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, Thieme Verlag)

Die Entwicklung erfolgt etwa in der 6. Embryonalwoche über desmale Ossifikation, wobei die Klavikula der erste Knochen im kindlichen Skelett ist, der verknöchert [3]. Dies ist wichtig zu beachten, da die Klavikulafraktur deshalb bereits bei der vaginalen Entbindung, als eine der häufigsten peripartalen Komplikationen, auftreten kann (0,035-3,2 %) [5, 6]. Die Wichtigkeit einer solchen vermeintlich leichten Verletzung widerlegt die potentiell daraus resultierende Armplexusläsion der betroffenen Seite mit gegebenenfalls notwendiger operativer Sanierung [7]. Die beiden Enden des Schlüsselbeins sind jeweils als ein Knochenkern angelegt, diese vereinigen sich etwa zwischen dem 16.-20. Lebensjahr vollständig. Die völlige Verknöcherung (Synostose) dauert weiter bis in das Erwachsenenalter und ist zwischen dem 21. und 25.

Lebensjahr abgeschlossen [3, 8]. Anatomisch wird das Schlüsselbein in ein mediales, mittleres (Schaft) und laterales Drittel unterteilt. Entsprechend werden Frakturen und daraus resultierende spezifische Therapiemöglichkeiten hieraus abgeleitet [3, 9]. Bei anderen Säugetieren wie beispielsweise dem Hund oder der Katze, ist die Klavikula nur rudimentär angelegt oder fehlt sogar ganz [1, 10]. Dadurch erklärt sich auch deren eingeschränktes bzw. fehlendes Add- sowie Abduktionsmoment [1]. Dies trägt zur großen Bewegungsfreiheit der menschlichen Schulter nebst der größtenteils fehlenden knöchernen Stabilisierung des Glenohumeralgelenkes bei [2, 11, 12].

Die Klavikula ist durch diverse Bandstrukturen mit den umliegenden Skelettanteilen verbunden, darüber auch mit dem Thorax [2, 12]. Das Sternoklavikulargelenk stellt eine bindegewebige Sicherung dar, welche das Sternum mit der Klavikula verbindet [2, 11]. Lateral ist die Klavikula ligamentär durch das Akromioklavikulargelenk mit der Skapula verbunden [2, 11]. Im Schaftbereich inseriert das Ligamentum coracoclaviculare, welches den Rabenschnabelfortsatz (Processus coracoideus) und die Klavikula verbindet und als zusätzlicher Stabilisator, dorso-cranial aber auch antero-posterior, dient [2, 13]. Das Lig. coracoclaviculare besteht aus zwei unabhängigen Bündeln (CC-Bänder), zum einen dem medial liegenden Lig. conoideum und zum zweiten dem lateral gelegenen Lig. trapezoideum [2, 13].

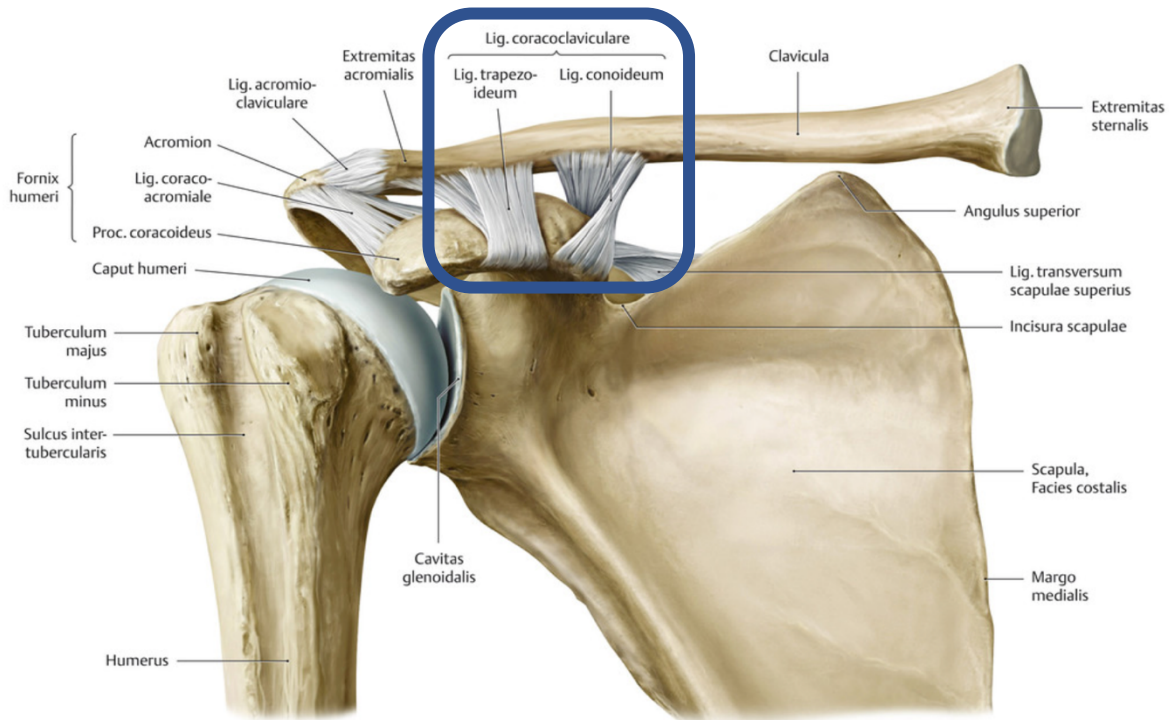


Abb. 2: Anatomie des Schultergelenks inkl. Darstellung des coracoclaviculären Bandapparates (Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat, Thieme Verlag)

Diese beiden Bandstrukturen sind von erheblicher Bedeutung für die vertikale (Lig. conoideum) und horizontale (größtenteils Lig. trapezoideum) Stabilisierung des AC-Gelenkes [13-15].

Dynamisch wird die Klavikula von einer Vielzahl von Muskeln, die hier inserieren, stabilisiert. [2] Der dreiteilige M. trapezius (Pars descendens, Pars transversa, Pars ascendens), welcher seinen Ursprung im Bereich des Os occipitale und den Procc. spinosi der Brustwirbelsäule 1-12 hat, inseriert großflächig an der Facies anterior der lateralen Klavikula sowie an dem Acromion und an der Spina scapulae im ventralen Anteil des Schlüsselbeins und bedeckt dieses somit von cranial [2]. Der M. deltoideus besitzt ebenfalls drei Anteile und entspringt mit seiner Pars clavicularis im lateralen Drittel der Klavikula und inseriert an der Tuberositas deltoidea des Humerus (siehe Abbildung 3).

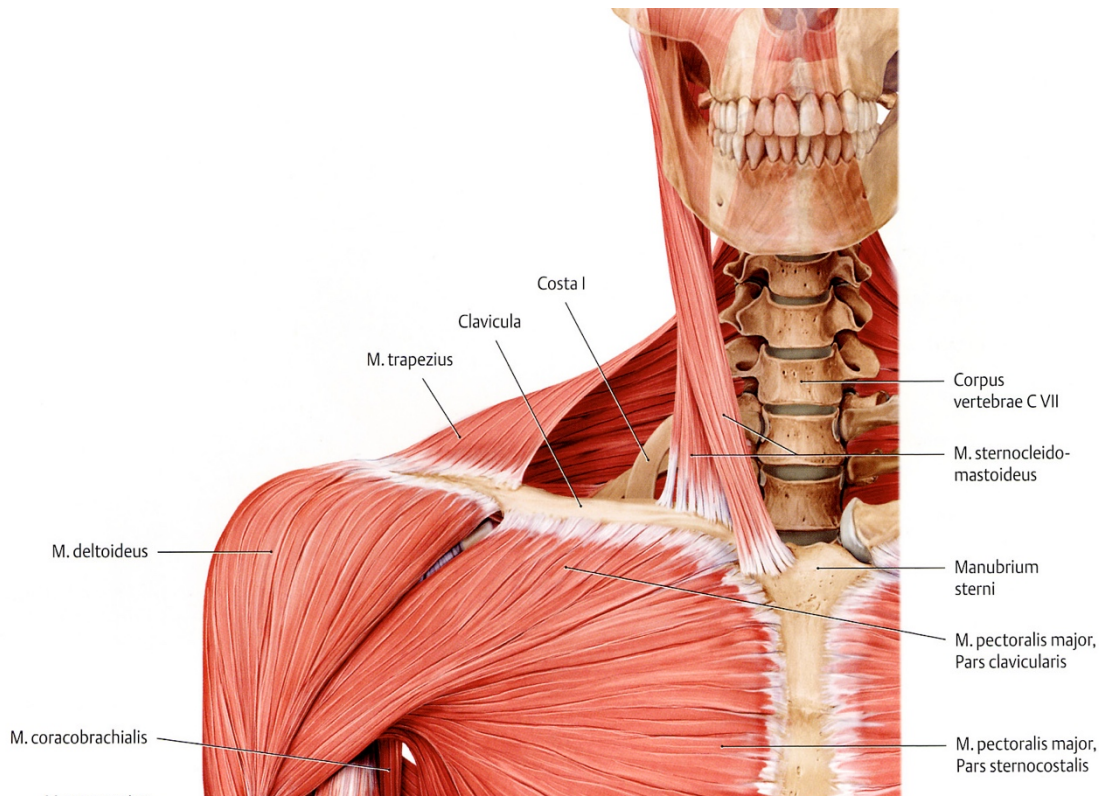


Abb. 3: Muskuläre Anatomie der Schulter und Klavikula (Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat, Thieme Verlag)

Seine Hauptfunktion ist die Anteversion, Innenrotation und Adduktion. Der M. sternocleidomastoideus entspringt zweiköpfig am Manubrium sterni und am medialen Klavikuladrittel und inseriert am Proc. mastoideus. Der M. subclavius hat seinen Ursprung an der 1. Rippe und setzt an der Unterseite der lateralen Klavikula an. Neben seines Ursprungs im Bereich des Sternums besitzt der M. pectoralis major auch eine Pars clavicularis, die an der medialen Klavikula entspringt. Die Insertion an der Crista tuberculi majoris dient neben seiner Hauptfunktion als Adduktor auch als Unterstützung der Innenrotation der Schulter [2].

Die Kenntnis der Anatomie der Muskulatur und der spezifischen Insertionsstellen sowie deren Kraftentwicklung ist Voraussetzung für das Verständnis entsprechender pathologischer Abweichungen wie sie im Rahmen von Klavikulafrakturen auftreten. Speziell bei lateralen Klavikulafrakturen ergibt sich beispielsweise durch den Zug des M. sternocleidomastoideus eine Deviation des medialen Frakturanteils nach cranial.

1.2 Die Klavikulafraktur

Frakturen der Klavikula machen ca. 2,6% - 10% aller Frakturen des Skelettapparates und etwa 44% der Frakturen im Bereich des Schultergürtels aus, und zählen damit zu einer häufigen Fraktur [16, 17]. Frakturen im Schaftbereich (mittleres Drittel) sind die häufigste Entität mit ca. 75-88%, gefolgt von der lateralen mit etwa 15-20% und der medialen Klavikulafraktur mit etwa 3-9% [17-21]. Die Klavikulafraktur tritt gehäuft bei jungen Männern (erste beiden Lebensdekaden) als Sportverletzung oder im Rahmen eines Sturzes auf [16, 17, 22]. Die Inzidenz sinkt im Laufe des Lebens und gleicht sich in beiden Geschlechtern an [23]. Insgesamt zeigen Zahlen aus Schweden (2016) eine deutliche Zunahme der Klavikulafrakturen zwischen 2001 (n= 2480; 35,6 / 100,000) und 2012 (n=4525; 59,3 / 100,000) und dies speziell in der Gruppe der weiblichen Patienten über 70 Jahre [6]. Der häufigste Traumamechanismus ist der direkte Anprall gefolgt von einem Sturz auf den ausgestreckten Arm bzw. einem indirekten Anprall im Bereich der Schulter bei adduziertem Arm [19, 22-24]. Während Schaftfrakturen häufiger isoliert auftreten, sind mediale Klavikulafrakturen häufig mit Hochenergietraumata (Verkehrsunfälle u.a.) oder Polytraumata vergesellschaftet [17, 20, 21, 25].

1.2.1 Laterale Klavikulafrakturen

Die laterale Klavikulafraktur stellt eine Sonderform dar, da die laterale Klavikula anatomisch durch ihre Bandaufhängung (coracoclaviculärer Bandapparat) an den Proc. coracoideus distalseits gesichert ist und lateral durch einen Kapsel-Bandapparat des AC-Gelenkes [13, 26]. In vielen Fällen besteht eine stabile Fraktursituation, welche konservativ therapiert werden kann [26]. Durch das in den 1960er Jahren etablierte Klassifikationssystem nach Charles Neer konnte eine klare Unterscheidung in stabile und instabile Frakturen getroffen werden [13]. 1984 führten Jäger und Breitner ein Klassifikationssystem ein, welches im deutschsprachigen Raum heute weit verbreitet Verwendung findet und der Klassifikation von Charles Neer sehr ähnlich ist [27]. Für instabile Frakturen (Neer Typ IIb, Jäger und Breitner IIa) besteht die

Notwendigkeit einer operativen Versorgung [26, 28, 29]. Jungen aber auch älteren aktiven Patienten kann eine isolierte Osteosynthese empfohlen werden um eine möglichst rasche Heilung sowie rasche Rekonvaleszenz zu ermöglichen [26, 29]. Durch Zerreißung des coracoclaviculären Bandapparates (Lig. trapezoideum lateral und/oder Lig. conoideum medial) kann eine vertikale sowie horizontale Instabilität resultieren und so in einer instabilen Fraktursituation münden [29, 30]. In diesen Fällen ist eine zusätzliche Adressierung der coracoclaviculären Ligamente notwendig, da ansonsten die Ausbildung einer Pseudarthrose bzw. persistierende Beschwerden wahrscheinlich sind [13, 26, 31]. Dies spiegelt sich auch in den etablierten Klassifikationen (Neer, Jäger&Breitner, Edinburg, u.a.) wieder, welche auf die exakte Bestimmung der Lokalisation der Fraktur inkl. etwaiger Bandverletzungen abzielen [26].

1.3 Diagnostik

Die Diagnose einer Klavikulafraktur kann in den meisten Fällen bereits klinisch gestellt werden. Sichere Frakturzeichen wie etwa offene Frakturen oder eine drohende Perforation sind von unsicheren Frakturzeichen wie Schmerz, Hämatom oder Bewegungseinschränkung abzugrenzen [24].

1.3.1 Klinische Untersuchung

In der klinischen Untersuchung der Klavikula wird nach erfolgter ausführlicher Anamnese zunächst von außen (Inspektion) die Region beurteilt. Hier wird auf Schädigung der Haut, sonstige Auffälligkeiten oder im Falle einer Fraktur auf eine drohende Perforation geachtet. Im nächsten Schritt erfolgt die manuelle Untersuchung (Palpation). Hierbei wird die Klavikula von einer zur anderen Seite abgetastet und der Patient / die Patientin bezüglich Schmerzen befragt. Im weiteren erfolgt die Untersuchung der lateralen Strukturen (laterale Klavikula, Akromion, AC-Gelenk). Hier wird auf einen Hochstand der lateralen Klavikula (AC-Gelenk Verletzung)

geachtet. Ein „Klaviertastenphänomen“ spricht für eine Verletzung des AC-Gelenks und einer Teil-/Ruptur des CC-Bandapparates wodurch es zu einer vertikalen (und ggf. horizontalen) Instabilität kommt (Klassifikation gemäß Rockwood Klassifikation I-VI [32]). Als nächster Schritt erfolgt die funktionelle Untersuchung des Glenohumeralgelenkes da es durch direkte oder indirekte Trauma zu Begleitverletzungen in diesem Bereich kommen kann. Hierbei wird das Bewegungsausmaß mittels der „Neutral-Null-Methode“ festgehalten [33].

Liegt eine Klavikulafraktur vor kann in den meisten Fällen eine Krepitation (Knirschen der Frakturränder) festgestellt werden. Eine begleitende Schwellung oder ein Hämatom können auf eine vorliegende Fraktur hinweisen.

1.3.2 Röntgen

Zur Diagnosestellung bzw. Sicherung sowie Planung des weiteren Procederes sollte in allen Fällen eine Röntgendiagnostik erfolgen [24, 26]. Hierfür werden Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen durchgeführt, um eine mögliche Dislokation im antero-posterioren Strahlengang sowie einer weiteren Ebene abzubilden [24, 26]. Hierzu haben sich diverse Röntgenaufnahmen entwickelt, die für entsprechende Entität bzw. Lokalisation der Fraktur angewandt werden [16]. Die erste Aufnahme sollte im antero-posterioren Strahlengang erfolgen, um eine erste Einschätzung der Fraktur zu ermöglichen [16, 26]. Bei lateralen Klavikulafraktur ist auch die Beziehung zum Acromioclaviculargelenk wichtig, daher sollte als zweite Ebene eine Spezialaufnahme wie Aufnahme nach Alexander oder nach Rockwood durchgeführt werden [34]. Hier kann ein Hochstand der Klavikula etwa durch Zerreißen der AC-Gelenkscapsel bzw. der CC-Bänder demaskiert werden [16]. Die vertikale Instabilität einer lateralen Klavikulafraktur ergibt sich somit bereits im a/p Röntgen. Die Panoramaaufnahme bietet die Möglichkeit zum Vergleich mit der gesunden Gegenseite.

[26].

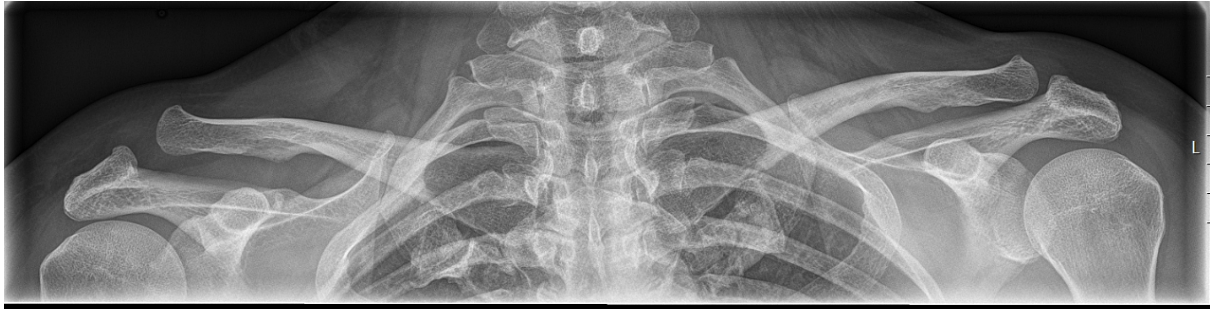


Abb. 4: Panorama-Röntgenaufnahme mit Darstellung beider Klavikulae

Belastungsaufnahmen (mit 5-10kg Gewicht am herabhängenden Arm) sollten heutzutage nicht mehr durchgeführt werden, da diese für den Patienten schmerzhaft sind und die Diagnose auch bereits ohne Gewicht erfolgen kann [26]. Um eine mögliche horizontale Instabilität (bei isolierten AC-Gelenksverletzungen) abzubilden, haben sich eine Vielzahl von Röntgentechniken entwickelt, die auch in der Diagnostik der lateralen Klavikulafraktur Anwendung finden (z.B.: Alexanderaufnahme, Zanca-Aufnahme, Rockwood-Aufnahme u.a.) [29, 34-36].

In den meisten Fällen ist jedoch eine etwa um 15° nach dorsal gekippte Ebene, ebenfalls im a/p Strahlengang, ausreichend um den Grad der Dislokation der Frakturfragmente zu beurteilen und gegebenenfalls die Operationsindikation zu stellen.

1.3.3 Computertomographie

Bei Frakturen der lateralen Klavikula muss die Computertomographie (CT) der oberen Extremität nicht standardmäßig erfolgen, da der Mehrnutzen, bei alleiniger Verletzung der Klavikula, die Strahlenbelastung nicht überwiegt [37]. Die CT sollte in Revisionsfällen bzw. bei Verletzungen von umliegenden (neurovaskulären) Strukturen durchgeführt werden, hier ist sie für die Operationsplanung essentiell und muss ggf. durch eine MRT ergänzt werden [38]. Auch bereits erfolgte CC-Band Augmentation bzw. Rekonstruktion oder anderweitige

Voroperationen an der Klavikula bedürfen einer CT zur exakten Planung des operativen Vorgehens.

1.3.4 Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) stellt bei lateralen Klavikulafrakturen keine Basisdiagnostik dar, bietet jedoch in Einzelfällen additive Information im Hinblick auf Verletzung der coracoclaviculären Ligamente, aber auch etwaige Begleitverletzungen der Schulter betreffend [39]. In einer vorausgehenden Arbeit unserer Arbeitsgruppe haben sich hier in bis zu 46,4% intraartikuläre Begleitverletzungen der Schulter (Rotatorenmanschettenläsionen, Verletzungen der langen Bizepssehne, Labrumläsionen u.a.) gezeigt, wovon 28,6% therapiebedürftig waren [40]. Dies wird auch durch Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen bestätigt, welche 30,4% an Begleitpathologien (7,2% davon therapiebedürftig) ermittelten [41]. Bei Verdacht auf neurovaskuläre Schäden (Verletzungen des Plexus brachialis etc.) sollte eine MRT-Untersuchung durchgeführt werden und ggf. ein interdisziplinäres Verfahren (Gefäßchirurgie, Neurochirurgie) zur Anwendung kommen.

1.4 Klassifikationen

In der Literatur gibt es heute mehrere Klassifikationen der lateralen Klavikulafraktur die mehr oder weniger häufig im klinischen Alltag Anwendung finden [26]. Hier soll im speziellen auf jene eingegangen werden, die Einzug in den deutschsprachigen klinischen Alltag gefunden haben [29]. Die Edinburgh Klassifikation [20],–die Allmann Klassifikation [6] oder auch die Craig Klassifikation [42] sind Einteilungen, welche vorwiegend im angloamerikanischen zur Anwendung kommen.

Die beiden am häufigsten angewandten Frakturklassifikationen der lateralen Klavikulafraktur nebst der AO-Klassifikation sind die Neer Klassifikation [13] (Abbildung 5) sowie die von Jäger und Breitner etablierte Klassifikation [27].

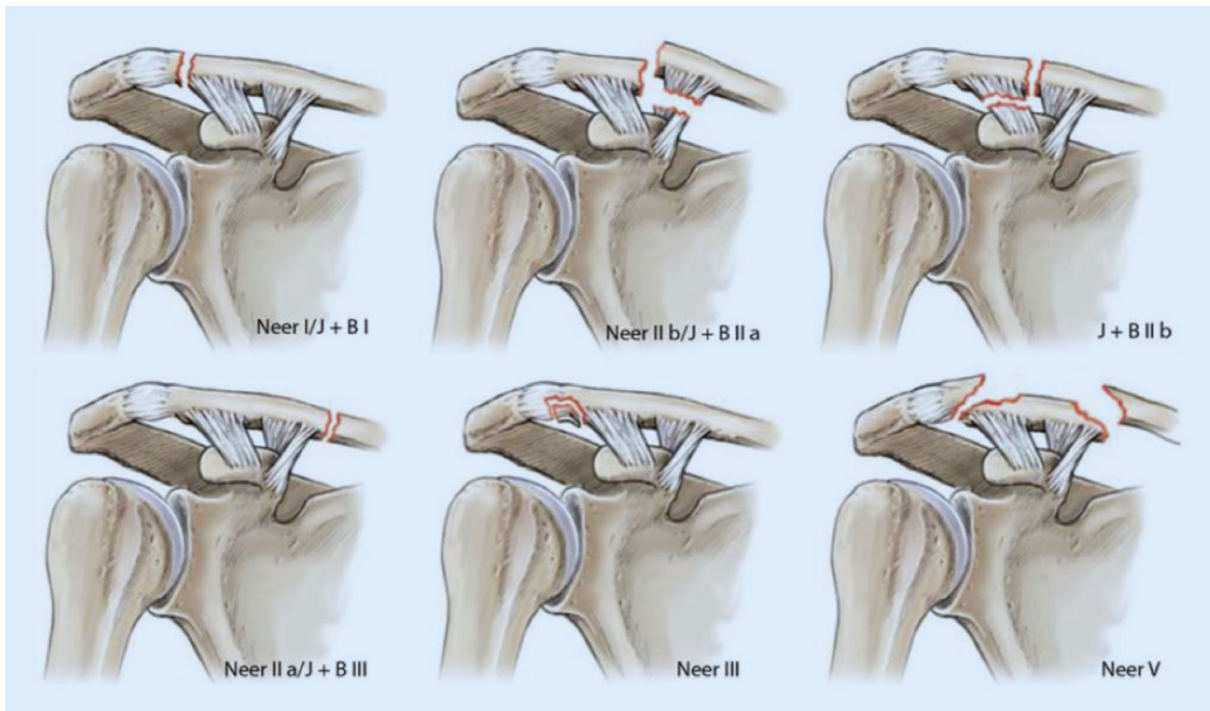


Abb. 5: Neer sowie Jäger und Breitner (J + B) Klassifikation der lateralen Klavikulafraktur [26]

Die genannten Klassifikationen (AO / Neer / Jäger und Breitner) geben an, ob eine stabile oder instabile Fraktursituation vorliegt. Ist die Klavikulafraktur lateral des Proc. coracoideus gelegen und ist der CC-Bandapparat intakt, so liegt eine stabile Fraktur vor, welche einer konservativen Therapie zugeführt werden kann. Im Falle einer lateral gelegenen Fraktur mit jedoch additiver Verletzung des CC-Bandapparates ist hier eine operative Versorgung notwendig um dem vorliegenden Hochstand des medialen Frakturanteils entgegenzuwirken und so eine Pseudarthrose zu vermeiden. Frakturen die direkt über dem Proc. coracoideus liegen können stabil (Neer IIa, Jäger und Breitner IIb) oder instabil (Neer IIb, Jäger und Breitner IIa) sein. Frakturen die medial des Proc. coracoideus liegen können, insofern nicht disloziert konservativ therapiert und bei Dislokation > 1 Schaftbreite mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese versorgt werden. Eine Adressierung des CC-Bandapparates ist hierbei in den meisten Fällen jedoch nicht notwendig da diese nicht zwingend betroffen sind.

1.5 Therapie

1.5.1 Geschichtliche Aspekte der Therapie

Lange Zeit war die laterale Klavikulafraktur eine Domäne der konservativen Therapie [29]. Hierfür wurden etwa Lederbandagen als Hilfsmittel herangezogen, wie etwa von Brandel 1959 beschrieben, wobei dies für die Klavikulafraktur per se angeführt wurde [43]. Insgesamt gilt es festzuhalten das die Klavikulafraktur bis etwa in die 1960er Jahre nicht genauer differenziert wurde. Dies geschah erst durch die in diesem Zeitraum entstandenen Klassifikationen durch Neer [13], Allmann [44], Zanca [35] und weitere. Die Ruhigstellung in einer bestimmten Armpositionen wie etwa die „Recumbent“ (Patient in liegender Position und Arm an den Körper angelegt) oder die „Couteaud-Methode“ (Patient liegend, der Arm von der Unterlage hängend um Traktion nach caudal zu erreichen) wurden ebenfalls als nicht operative Therapiemaßnahme postuliert [45, 46]. Außerdem wurden in der Literatur verschiedenste Gipstechniken über die Jahre entwickelt um eine Ruhigstellung zu erzielen [47, 48]. Der „Barrel-Staff-Splint“ etwa wurde 1919 von Royster beschrieben (nicht jedoch durch ihn entwickelt). Hierbei handelte es sich um einen Gipsverband welcher beide Schultern einschloss und durch eine ventralseitige am Gips angebrachte hölzerne Konstruktion (barrel = engl. Fass; staff = engl. Daube) eine Ventralisierung der beiden Schultern verhinderte und somit auch gleichzeitig eine Verkürzung der frakturierten Klavikula [49]. Royster beschreibt hier bereits die Verwendung der Desault oder auch der Sayre Methode welches beides ebenfalls häufig angewandte Techniken waren und sind um eine Klavikulafraktur konservativ zu therapieren. In den 1960er Jahren berichtete Neer über Komplikationen (Pseudarthrose) speziell bei lateralen Klavikulafrakturen woraus sich auch die nach ihm benannte Klassifikation entwickelte [13, 50, 51]. Er führte weiter aus, dass durch die Verletzung der CC-Bänder eine Instabilität resultiere, weshalb die operative Therapie in diesen Patienten zu favorisieren ist [51]. Im weiteren Verlauf wurden in der Literatur eine Vielzahl operativer Techniken wie die intramedulläre Nagelung oder direkte Verschraubung der distalen Klavikula für die Versorgung

postuliert [52-54]. Die Ergebnisse dieser Arbeiten ergaben gute Ergebnisse jedoch mit meist nur kleinen Fallzahlen ($n < 10$). Auch Kirschner-Drähte wurden hierfür herangezogen. Aufgrund jedoch mitunter katastrophaler Komplikationen (thorakale Migration der Drähte) sollte diese Technik heute nicht mehr zu Anwendung kommen [55]. In den 1980er Jahren wurden zufriedenstellende Ergebnisse mittels (temporärer) Plattenosteosynthese (Balsler Platte / Hakenplatte) mit niedriger Komplikationsrate vorgestellt [56]. Die hierzu angewandte „Balsler“ oder Hakenplatte ist mit einigen Weiterentwicklungen auch heute noch in Verwendung mit aus der Literatur guten bis exzellenten Ergebnissen [57, 58]. Die temporäre Anwendung der Hakenplatte ergibt sich aus den Erfahrungen die in der Literatur mit akromialer Osteolysen, postoperative Schultersteife (bis zu 22,9%) sowie subakromialer Erosionen (bis zu 17,1%) beschrieben wurden [57, 59, 60].

In den letzten beiden Dekaden hat sich ein deutlicher Trend hin zur operativen Versorgung entwickelt [19]. Dies nicht zuletzt aufgrund der verbesserten (teils anatomisch präformierten) Implantate sowie aufgrund der stetig wachsenden Literatur im Hinblick auf die Biomechanik der Schulter, der Klavikula und der umliegenden Strukturen [16, 29]. Speziell bei der Versorgung der CC-Ligamente gab es in den letzten 20 Jahren einen beträchtlichen Zuwachs an wissenschaftlichen Arbeiten. In der Literatur werden heute mehr als 160 operative Techniken zur Versorgung der CC-Ligamente sowie des AC-Gelenkes beschrieben [61]. Ebenfalls wurden in der Vergangenheit diverse offene Techniken beschrieben welche eine direkte Naht der CC-Bänder bzw. eine Resektion der lateralen Klavikula postulierten [62]. Diese Techniken werden heute zunehmend verlassen da heute minimal-invasive Techniken vorliegen die weitere Operationen obsolet machen. Die Entfernung der Platte aufgrund von Irritationen oder Einschränkung im alltäglichen Leben oder beim Sport sollte hier jedoch genannt werden da diese Umstände eine weitere Operation notwendig macht [63]. In der Vergangenheit berichteten Patienten häufig von einer Irritation im Bereich des geknüpften Fadens welcher die Klavikula nach distal an den Proc. coracoideus sichert. Hier entstand durch

das mehrfache knüpfen des Fadens eine Art Docht welcher im schlimmsten Fall sogar zu einer Wundheilungsstörung und Revisionsoperation führte.

1.5.2 Konservative Therapie

Nicht dislozierte laterale Klavikulafrakturen Typ Neer I / Jäger & Breitner I können aufgrund ihres stabilen Charakters konservativ therapiert werden [29]. Die Fraktur liegt hier lateral der CC-Bänder, welche intakt sind und somit ein Hochstand (vertikale Instabilität) der Klavikula verhindert wird. Hierzu kann eine Vielzahl unterschiedlicher Armschlingen zur Ruhigstellung Anwendung finden [64]. Ersen et al. konnten in einer prospektiv randomisierten Studie keine Überlegenheit einer der verwendeten Armschlingen / Immobilisationshilfen zeigen [65] (Abbildung 7a,b). Bereits 1987 beschrieben Anderson et al. schlechtere Ergebnisse nach Behandlung stabiler Klavikulafrakturen mit einem Rucksack-Verband und rieten seither von dieser Therapieoption ab bzw. befürworteten eine Behandlung unter Verwendung von Armschlingen [66]. Die Limitierung des Bewegungsausmaßes des Schultergelenkes und somit auch der lateralen Klavikula soll für insgesamt 6 Wochen eingehalten werden. Physiotherapie (zuerst passiv dann aktiv assistiert) kann im Rahmen kurzfristiger Nachkontrollen bereits einige Tage nach der Fraktur durchgeführt werden (Pendelübungen etc.) [64]. Die weiter distal gelegenen Gelenke der oberen Extremität (Ellenbogen, Handgelenk, Hand und Finger) sollen vom ersten Tag an mobilisiert werden, um etwaige Bewegungseinschränkungen hintanzuhalten. Die Mobilisierung der Schulter sollte hierbei schmerzadaptiert erfolgen und in den ersten 6 Wochen nicht über 90° Abduktion bzw. Flexion durchgeführt werden.

Auch nicht dislozierte Frakturen Typ Neer III können prinzipiell konservativ therapiert werden [67]. Eine Dislokation der Klavikula um mehr als eine Schaftbreite trägt mit 15,3% bei konservativer Therapie eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit zur Ausbildung einer Pseudarthrose weshalb hier die Operationsindikation gestellt werden sollte [67, 68]



Abb. 6: „Rucksackverband“ (a) sowie Armschlinge (b) zur konservativen Therapie einer lateralen Klavikulafraktur (Mit der freundlichen Genehmigung der Fa. Medi ®)

1.5.3 Operative Therapie

Instabile laterale Klavikulafrakturen (Jäger & Breitner IIa bzw. Neer IIb) bedürfen einer operativen Versorgung, da es unter konservativer Therapie zu einer verzögerten Heilung kommen kann oder gar zu der Ausbildung einer Pseudarthrose [67]. Die Versorgung mittels elastischer intramedullärer Nagelung (TitaniumElasticNail®, Synthes) ist theoretisch möglich und in der Literatur beschrieben, diese Technik wird jedoch vor allem in der Versorgung von Schaftfrakturen eingesetzt, da vorliegende CC-Bandverletzungen durch diese Technik nicht adressiert werden [69]. Diverse Plattenosteosynthesetechniken wie etwa die Balsler Platte (Hakenplatte) oder Wolter Platte zeigten gute bis exzellente Ergebnisse jedoch sind diese nur für den temporären Einsatz entwickelt [70, 71]. Die instabile laterale Klavikulafraktur ist auch heute weiter eine Domäne der operativen Therapie [16, 26]. Die Indikation zur operativen Versorgung ist für Jäger und Breitner IIa Frakturen beschrieben [28]. In einigen Fällen, die durch vorliegende Klassifikationssysteme konservativ therapiert werden könnten (z.B.: Jäger und Breitner IIb), ist jedoch aufgrund der Dislokation der Fraktarenden ein operatives Vorgehen indiziert. Eine Abweichung der Klavikula um mehr als 100% bzw. einer Schaftbreite ist ebenfalls als Operationsindikation zu werten, da unter konservativer Therapie ein

schlechteres funktionelles Ergebnis inklusive Schmerzen zu erwarten ist [72]. Lazarides et al. beschreiben 2006 die operative Therapie bei Verkürzung der Klavikulafraktur um 14mm bei weiblichen Patienten bzw. 18mm bei männlichen Patienten als indiziert, da ansonsten mit einem eingeschränkten funktionellen Outcome gerechnet werden muss [72].

1.5.4 Mehrfachverletzungen des Schultergürtels („Floating Shoulder“)

Ein weiterer wichtiger Faktor in der Entscheidungsfindung hin zur konservativen oder operativen Therapie ist eine (Mehrfach)-verletzung des „SSSC“ (Abbildung 7). Liegt eine isolierte Fraktur der Klavikula vor und besteht keine Dislokation oder Verletzung der CC-Bänder so kann eine konservative Therapie indiziert sein. Sind jedoch mindestens 2 Verletzungen im Bereich des SSSC (bestehend aus Klavikula, AC-Gelenk, Akromion, Klavikula, CC-Bänder, Scapula, Glenoid, Proc. coracoideus) ist in den meisten Fällen die operative Indikation zu stellen. Durch Schädigung mehrerer diesen Komplex stabilisierender Strukturen, kommt es per Definition zu einer „Floating Shoulder“ [73, 74].

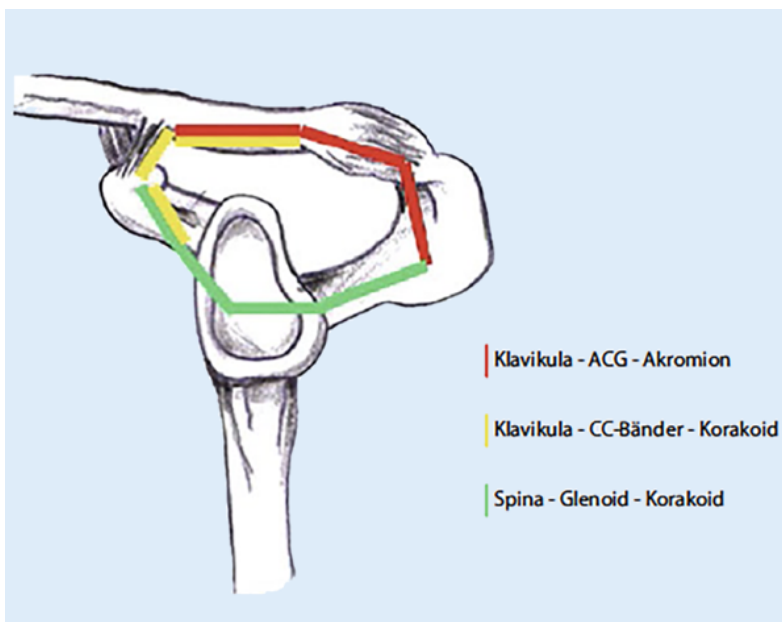


Abb. 7: Die Integrität des „Superior Shoulder Suspensory Complex“ ist für die Stabilität der Schulter ein zentraler Faktor [16] (Springer Verlag)

In der Literatur finden sich hierzu in der Vergangenheit Arbeiten die ein konservatives Vorgehen postulieren [75, 76]. Rezente Ergebnisse geben jedoch Hinweis auf bessere

funktionelle Ergebnisse nach operativem Vorgehen, zu mindestens einer Struktur (Klavikula) [77, 78].

In der Literatur finden sich eine Vielzahl von Techniken, welche heutzutage nur selten oder keine Anwendung mehr finden. Die zuvor genannte Kirschner-Draht Osteosynthese wurde aufgrund mitunter letaler Komplikationen verlassen [55].

Zur operativen Therapie eignen sich jedoch verschiedene Plattentypen (Hakenplatten, Kompressionsplatten, Rekonstruktionsplatten, winkelstabile Platten etc.). Die Hakenplattenosteosynthese war bei lateralen Klavikulafrakturen und AC-Gelenksverletzungen in der Vergangenheit die Standardtherapie [57]. Liegt keine Verletzung des AC-Gelenkes vor, wird jedoch bei dieser operativen Therapie potentiell ein additiver Schaden im Bereich des AC-Gelenks gesetzt, weshalb diese Technik in der heutigen Zeit nebst möglicher postulierter Schäden an der Rotatorenmanschette zusehends verlassen wird [79]. Die iatrogene Schädigung des AC-Gelenks kann überdies im Verlauf zur Ausbildung einer schmerzhaften AC-Gelenksarthrose führen, welche ebenfalls häufig operativ saniert wird [80].

Anatomisch präformierte Platten haben sich in den letzten Jahren zunehmend durchgesetzt da hier, wie der Name bereits vorgibt, die Krümmung der Klavikula nachgeahmt ist und somit nur, insofern nötig, geringe Modifikationen der Platte notwendig sind. Die winkelstabile Plattenosteosynthese zeigt sich überdies gegenüber älteren Plattenosteosynthesetechniken im Hinblick auf die Rate an Plattenbrüchen überlegen [81]. Diverse Plattensysteme bieten eine variable Ausrichtung (bis ca. 15%) der lateralen Schraubenlöcher, wodurch eine verbesserte Fixation in den meist kleinen lateralen Frakturfragmenten möglich ist. Die operative Adressierung der CC-Bänder wird durch hierfür extra vorgesehene Plattenlöcher ermöglicht (Abbildung 8). Durch die Insertion von starken Fadensystemen (z.B.: Fiberwire®, Arthrex oder ähnlichen Fäden), die einem Flaschenzugsystem ähneln, kann hier somit die korrekte physiologische Höhe bzw. die Adaptation der Klavikula an den Proc. coracoideus ermöglicht werden.

2. Hintergrund der Arbeit

Ziel dieser Arbeit war die Erhebung des postoperativ klinisch-funktionellen und radiologischen Ergebnisses nach operativer Versorgung instabiler bzw. dislozierter lateraler Klavikulafrakturen. Die Literatur zeigt bislang keine Unterscheidung der beiden Dog-Bone™ Techniken. Aufgrund der berichteten Irritation durch die Technik der ersten Generation wurde hierauf Bezug genommen und etwaige Unterschiede in der Anzahl von Komplikationen sollen aufgezeigt werden. Es wurden aus diesem Grund das klinische (Bewegungsumfang, Schmerzen) sowie funktionelle Ergebnis (Funktions-Scores) sowie radiologisch die Frakturkonsolidierung ermittelt.

Der „return-to-sports“ (Sportlevel vor und nach OP sowie Zeitraum bis zur Rückkehr zum Sport) wurden überdies erfragt. Es erfolgte eine „Pilotuntersuchung“ von 20 konsekutiven Patienten da ein genereller RTS in die Literatur hierzu bislang nur wenig Information liefert. Hierfür wurde ein additiver RTS Fragebogen herangezogen (Addendum 1).

Es erfolgte vorab eine Literaturrecherche welche jedoch keinen zufriedenstellenden Fragebogen im Hinblick auf die Klavikula respektive die Schulter hervor brachte. Das Gros der RTS Fragebögen in der Literatur zielt auf die untere Extremität ab und die gewünschten Items (Einschränkung im Alltag prä oder postoperativ im Bereich der oberen Extremität, Intensität und Dauer der Sportarten) konnten nicht mit der Fragestellung dieser Arbeit in Einklang gebracht werden. Aus diesem Grund wurde ein RTS Fragebogen (siehe Anhang) speziell für die Nachuntersuchung der oberen Extremität durch die Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar erstellt. Bislang gibt es nur wenige Berichte über den RTS in der Literatur nach operativer Versorgung von instabilen lateralen Klavikulafrakturen in der Literatur. Ferner wurde hier kein Augenmerk auf die beiden genannten Techniken gelegt. Die Dauer sowie Intensität des RTS sowie auch die ausgeübten Sportarten prä und postoperativ sollten ermittelt und entsprechend verglichen werden.

Das Routine-Follow up ist wie folgt definiert: direkt postoperativ sowie anschließend 6, 12, 26 und 52 Wochen postoperativ. Im Falle einer gewünschten Materialentfernung durch den Patienten / die Patientin wurde der Zeitraum von der Operation bis zur Materialentfernung dokumentiert und die Dauer der Routine-Follow ups entsprechend verlängert.

Die Irritation durch die zu verknotende DogBone Technik zeigte im klinischen Alltag gehäuft Irritationen weshalb dies als Null-Hypothese der Arbeit gewählt wurde. Im speziellen sollte eine mögliche Überlegenheit der Ergebnisse der beiden angewandten Systeme (DogBone TM vs. Knotless-Dog-Bone TM) bezüglich postoperativer Einschränkungen ermittelt werden. Die Ziele der Arbeit sind in den folgenden Nullhypothesen festgehalten.

3. Fragestellung

Definitionsgemäß besteht bei instabilen lateralen Klavikulafrakturen die Indikation zur operativen Therapie. Bei nur gering dislozierten Frakturen besteht prinzipiell die Möglichkeit einer konservativen Therapie. Auch bei Frakturen der Klassifikation Jäger & Breitner Typ I oder IIb ist gemäß der Autoren eine Operation nicht zwingend erforderlich, da die Fraktur als stabil angesehen wird. Bei vorliegender Dislokation ist jedoch mit einem schlechteren Outcome gegebenenfalls sogar mit der Entwicklung einer Pseudarthrose zu rechnen, weshalb auch bei einer Dislokation von mehr als 5 mm gemäß neuerer Studienlage die Indikation zur operativen Versorgung gestellt werden sollte. Zur Versorgung der lateralen Klavikulafrakturen existieren zahlreiche Techniken, die über die Jahre weiterentwickelt wurden. Als Goldstandard ist heutzutage die arthroskopisch unterstützte Technik zu nennen unter Verwendung des Dog Bone mit Seilzugtechnik. Bei dieser Dog Bone Technik gilt in vielen Zentren die „Knoten-Version“ als Standard. In nur wenigen Zentren mit Expertise zur Versorgung der oberen Extremität wird auch die „knotenfreie“ Dog Bone Technik angewandt. In Anlehnung an die beiden Versionen der Dog Bone Technik wurde folgende Hypothese aufgestellt:

H₀: Die knotenlose Dog Bone Technik ist dem verknotetem Dog Bone Verfahren bezüglich postoperativer Komplikationen (Irritation) überlegen.

Wie allgemein bekannt, beginnt die passiv assistierte Beübung nach arthroskopisch unterstützter Versorgung einer lateralen Klavikulafraktur direkt postoperativ. In der Regel sind es junge sportliche Patienten, die eine laterale Klavikulafraktur erleiden und möglichst bald zu ihren gewohnten Sport- und Freizeitaktivitäten ohne Leistungseinbußen zurückkehren wollen. Die gängige Literatur bietet gerade zu dieser Thematik wie „Return to sports“ und dem Level der sportlichen Aktivitäten im Vergleich zu vor der Operation nur wenig Informationen.

Entsprechend wurde hierzu die zweite Hypothese aufgestellt:

H₁: Die arthroskopisch assistierte Versorgung führt 1 Jahr postoperativ zu keiner signifikanten Reduktion der Sportfähigkeit.

4. Methodik und Material

Die Freigabe für die Durchführung dieser Arbeit wurde durch die zuständige Ethikkommission der Technischen Universität München eingeholt (Nr. 350/15s).

4.1 Patientenkollektiv

Alle Patienten, die während dem 1.1.2014 bis 30.6.2018 an der Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie des Klinikums rechts der Isar, Technische Universität München an einer instabilen oder dislozierten lateralen Klavikulafraktur operativ versorgt wurden, wurden eingeschlossen. Die Patienten wurden anhand des Diagnose Codes (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, ICD-10: S42.03) sowie des hausinternen Operationscodes (SAP, Walldorf, Deutschland) ermittelt. Die Operations-Datenbank wurde nach dem ICD-System und anschließend nach dem Operationscode durchsucht. Einschlusskriterien waren Patienten > 18 Jahren mit isolierter instabiler lateraler Klavikulafraktur. Eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme lag von jedem Patienten vor. Als Ausschlusskriterien wurden Patientenalter unter 18 Jahren, polytraumatisierte Patienten sowie Patienten mit gesetzlichem Vormund, Schwangere und delinquente Patienten definiert. Nach erfolgter Operation wurden die Patienten zu den geplanten Kontrolluntersuchungen nach 6, 12, 26 und 52 Wochen geladen. Im weiteren Verlauf erfolgte eine weitere Vorstellung der Patienten bei Wunsch auf Osteosynthesematerialentfernung nach abgeschlossener Frakturheilung. Die Materialentfernung wurde lediglich bei Beschwerden (z.B.: Irritation) und auf ausdrücklichen Patientenwunsch durchgeführt. Die standardmäßige Entfernung des Osteosynthesematerials wird durch die S1-Leitlinie nicht gestützt und als fakultativ angesehen, was sich auch mit Erfahrung aus der täglichen klinischen Praxis deckt [82]. Im Rahmen der regelmäßigen Nachkontrollen erfolgte die klinisch-funktionelle und radiologische Beurteilung. In der klinischen Untersuchung wurden die Wunde sowie die Funktion der betroffenen Extremität beurteilt. Die Beurteilung der Frakturheilung erfolgte während der Nachkontrollen

zum einen klinisch als auch durch den beurteilenden Oberarzt sowie den nicht bei der Untersuchung und somit verblindeten anwesenden Radiologen.

Um die zweite Hypothese beantworten zu können, wurden alle Patienten zu ihrer sportlichen Aktivität prä- und postoperativ befragt. Dies schloss sowohl die Sportart als auch das Level der Aktivität sowie die Dauer und Intensität ein (RTS- Fragebogen, Addendum 1)

Diese 20 Patienten wurden mittels Subgruppenanalyse bezüglich des RTS analysiert. Die Zeit bis zum RTS sowie die Qualität und Quantität der Einschränkungen der Ausübung der jeweiligen Sportarten wurden festgehalten.

Alle Patienten wurden schriftlich zur freiwilligen Teilnahme an der Studie eingeladen. Es wurden in dieser Arbeit alle Patienten eingeschlossen die eine unterschriebene Einwilligung zur Teilnahme an der Studie sowie ein vollständiges postoperatives Follow-up aufwiesen.

4.2 Operative Technik

Die in dieser Arbeit gezeigte Technik ist ein arthroskopisch assistiertes Verfahren, bei welchem durch eine cranio-caudale Bohrung durch die laterale Klavikula sowie den darunter befindlichen Proc. coracoideus und das Einbringen eines Flaschenzug-Systems (Fiberwire ©-Faden) eine Reposition der Klavikula nach caudal erfolgt [28]. Additiv erfolgt die Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese zur Stabilisierung der Fraktur. Die so wieder adaptierten CC-Ligamente heilen so durch Approximation aus. Die Arthroskopie dient hierbei zum einen der Detektion etwaiger Begleitverletzungen, welche im selben Eingriff adressiert werden können, sowie der Präparation der Basis des Processus coracoideus von caudal.

4.3 „DogBone™“ und „Knotless DogBone™“

Die erste Generation der Dog-Bone™ Technik (Abbildung 8) zur Versorgung der coracoclaviculären-Bänder wurde mittels eines FiberWire® Fadens verknotet. Aufgrund der notwendigen mehrfachen Knotensetzung, um eine Lockerung zu vermeiden, wurde ein Besetzen des Fadens mit mindestens 7 Knoten durch den Hersteller (White Paper Arthrex) proklamiert.

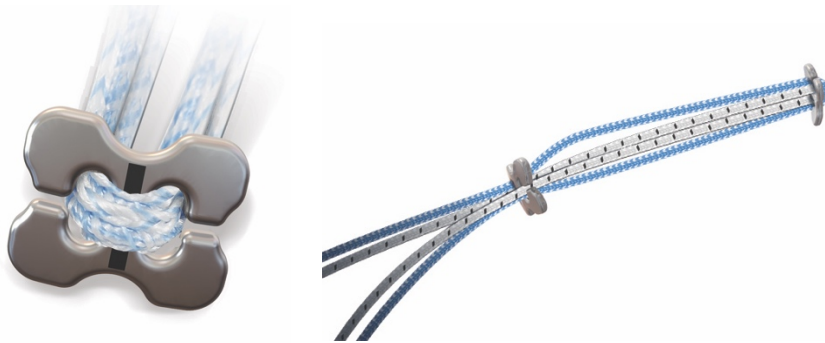


Abb.8: DogBone™ - Button inkl. armiertem Fiberwire®-Faden (Arthrex GmbH)

Die nächste Generation der lateralen Klavikulafraktur inkl. Dog-Bone™-Button Technik wurde mittels eines speziell dafür vorgesehenen Lochs in der winkelstabilen Platte versehen (Abbildung 9).

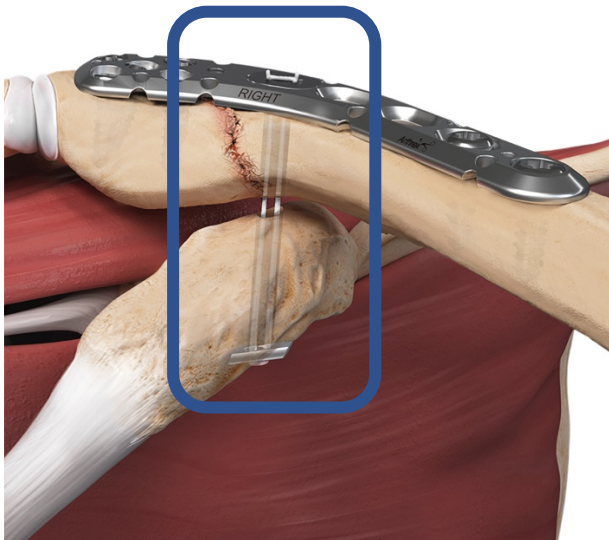


Abb. 9: „Knotless“-Dog-Bone™-System inkl. winkelstabiler Platte (Arthrex GmbH)

Hierbei findet weiterhin ein Fiberwire® Faden Anwendung, jedoch wird dieser einem Flaschenzug-System ähnelnd in der Platte verankert und es ist kein Verknoten mehr notwendig. Dazu wird der Faden von caudal nach cranial in ein dafür vorgesehenes Plättchen eingefädelt und anschließend in das dafür vorgesehene Plattenloch inseriert. Diese Vertiefung sorgt für einen planen Abschluss an der Platte und durch die mehrfachen nach cranial gerichteten abwechselnd durchgeführten Züge am Faden wird das System fixiert. Die beiden Fäden werden abschließend direkt an der Platte abgeschnitten. Dadurch soll eine Irritation durch das Fadensystem verhindert werden.

4.4 Exemplarisches operatives Vorgehen

Patienten werden nach Intubationsnarkose in einer Beach-Chair Position gelagert.

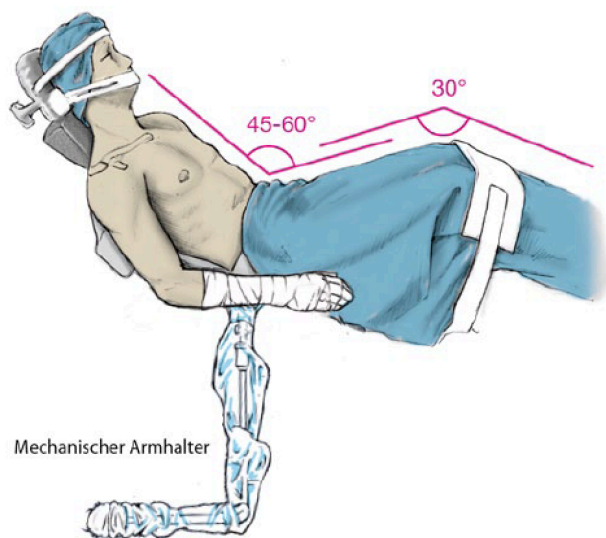


Abb. 10: Beach-Chair Lagerung zur operativen Versorgung einer instabilen lateralen Klavikulafraktur (Atlas Sportorthopädie, Springer Verlag)

Als perioperative Antibiotikatherapie wird eine einmalige Gabe von Cefuroxim 1,5g intravenös (i.v.) ca. 20 Minuten vor Hautschnitt appliziert. Der Kopf wird in einer Kopfschale gelagert und leicht kontralateral zur Fraktur geneigt um die Bohrung durch Klavikula und Proc. coracoideus zu ermöglichen. Bei der Lagerung auf eine spannungsfreie Lateralisierung des

Kopfes zu achten, um Schäden an der Halswirbelsäule bzw. neurovaskulären Strukturen zu vermeiden. Der Arm der nicht betroffenen Seite wird, weich gepolstert, auf eine Armstütze ausgelagert. Der Arm der zu operierenden Seite wird in einem mechanischen Armhalter (z.B.: Trimano, Maquet) befestigt oder auf eine rigid fixierte Armstütze gelagert (Abbildung 10). Durch den mobilen mechanischen Armhalter können verschiedene Rotationspositionen des Arms eingestellt und kontrolliert gehalten werden, um so eine optimale Reposition der Klavikula zu erzielen. Die Kopfstütze wird abschließend erneut überprüft, um eine stabile Fixation des Kopfes für die gesamte Operationsdauer zu gewährleisten.

Die betroffene Seite wird anschließend vier Mal steril abgewaschen und steril abgedeckt. Der Arm wird, wenn gewünscht, in der mobilen Armstütze befestigt.

Als nächster Schritt erfolgt das Anzeichnen der anatomischen Landmarken im Bereich der Schulter und Klavikula (Verlauf der Klavikula, AC-Gelenk, Scapula und Humeruskopf). Eine erneute Hautdesinfektion der Haut erfolgt vor dem Hautschnitt. Eine horizontale Hautinzision über dem Verlauf der lateralen Klavikula ist gefolgt von der weiteren Präparation auf die Fraktur hin. Dazu erfolgt die Spaltung des Platysmas und der Faszie. Hier ist speziell auf die Schonung der quer im Operationsgebiet verlaufenden Nn. supraclaviculares zu achten, um ein postoperatives Taubheitsgefühl zu vermeiden. Die Fraktur wird dargestellt und von eingeschlagenem Periost befreit. Etwaige Knochensplitter werden eingepasst und Frakturhämatom wird mittels scharfen Löffels entfernt, die Fraktur wird anschließend anatomisch reponiert. Die temporäre Fixation der Fraktur als auch des Hochstandes der lateralen Klavikula kann mittels eines von lateral eingebrachten 2.0 mm Kirschner-Drahtes gesichert werden. Die Höhe der lateralen Klavikula in Bezug auf das Acromion und somit die Wiederherstellung des AC-Gelenkes wird unter Bildwandlerkontrolle bestätigt. Es wird nun eine anatomisch vorgeformte laterale Klavikulaplatte eingebracht und entsprechend zuerst mittels Kortikalisschrauben an den Schaft fixiert. Im Weiteren erfolgt das Besetzen der Platte mit winkelstabilen Schrauben. Die Fraktur wird so stabilisiert und es wird darauf geachtet ein

Bohrloch für die Insertion des DogBone™ Systems direkt über dem Proc. coracoideus frei zu belassen.

Nun wird palpatorisch die korrekte Lage der Arthroskopie-Portale ermittelt. Hierzu erfolgt zuerst die Anlage eines dorsalen Portals und Eingehen mittels eines Wechselstabes für die Optik. Diese wird nach Hautinzision von dorsal in Richtung des glenohumeralen Gelenkes eingebracht. Dann wird ein standardmäßiger diagnostischer Rundgang im Glenohumeralgelenk mit dem Fokus der Detektion von etwaigen Begleitverletzungen durchgeführt. Dieser kann in unterschiedlicher Weise erfolgen, eine gewisse Routine sollte jedoch stets beibehalten werden, um alle notwendigen Strukturen beurteilen und dokumentieren zu können. Es erfolgt nun die Anlage eines weiteren Portals standardmäßig antero-superior für die später notwendigen Instrumente bzw. den Tasthaken. Hierfür wird eine Nadel cranial der Sehne des M.subscapularis eingebracht. Die Lage wird arthroskopisch kontrolliert und es erfolgt eine Hautinzision inkl. anschließendem stumpfen Eingehen. Der Ansatz der langen Bizepssehne im Bereich des Tuberculum supraglenoidale ist die erste Struktur, die beurteilt wird. Die Testung bezüglich Festigkeit erfolgt mittels des Tasthakens. Nach Inspektion des Pulley Systems inkl. des coracohumeralen Ligaments, superioren glenohumeralen Ligament (SGHL) und der Supraspinatussehne (SSP) wird das ventrale Labrum als nächstes auf feste Adhärenz am Glenoid überprüft. Der Knorpelstatus des Glenoids und des Humeruskopfes wird beurteilt und dokumentiert. Hier darf die physiologisch vorliegende „bare area“ mit Ausdünnung des Knorpels im Bereich des Glenoids sowie auch des posterioren Humeruskopfes nicht fehlinterpretiert werden. Nun wird das Rotatorenintervall inkl. Rotatorenmanschette sowie anschließend die glenohumeralen Ligamente (mittleres (MGHL) und beide Anteile des inferioren glenohumeralen (IGHL) Ligament) inspiziert. Der inferiore Recessus wird auf etwaige freie Gelenkkörper untersucht. Abschließend wird der hintere Anteil des Gelenks inkl. Sehne des M.infraspinatus und posteriorem Labrum beurteilt. Als nächster Schritt wird über das antero-superiore Portal der Bereich unter dem Proc. coracoideus mit Elektrokauter

präpariert und die Basis des selbigen dargestellt. Anschließend wird das „Retro-Construction-Zielinstrumentarium“ (Arthrex) eingebracht (Abbildung 11).

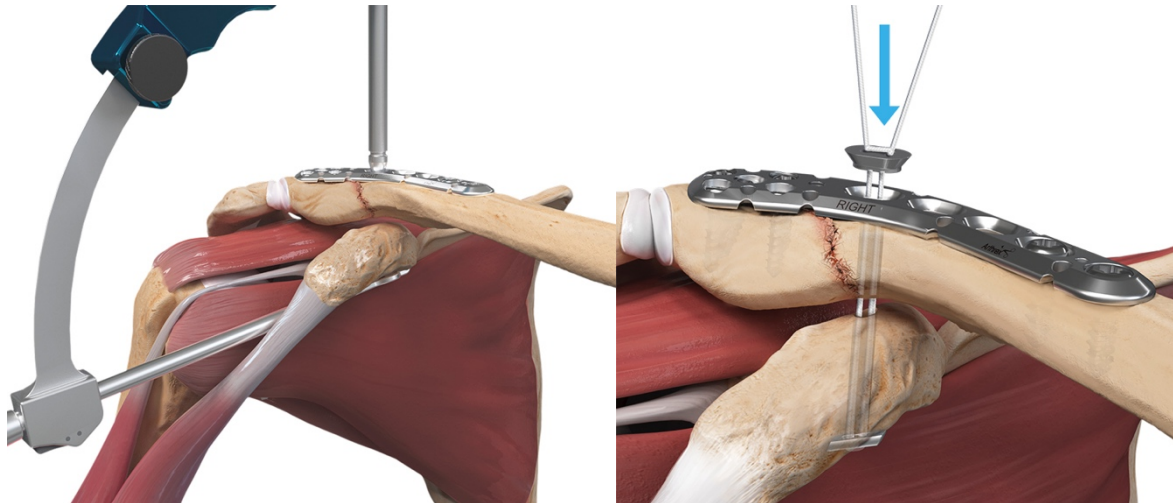


Abb. 11: Korrekte Positionierung des Zielgerätes für die Bohrung durch Klavikula und Proc. coracoideus (links) sowie anschließendes einbringen des DogBone™-Buttons von caudal und cranial (rechts) (Arthrex GmbH)

Ähnliches Instrumentarium wird auch in der Kreuzbandchirurgie des Kniegelenkes verwendet, um die Ausrichtung der Bohrung sicherzustellen. Das Zielinstrumentarium wird über das antero-superiore Portal in das Glenohumeralgelenk eingebracht. Nach korrekter Positionierung erfolgt die Bohrung mittels eines 4.0 mm Bohrers in cranio-caudaler Ausrichtung durch die laterale Klavikula und den Proc. coracoideus. Die Seele des kanülierten Bohrers wird nach erfolgreicher Bohrung entfernt. Ein „Suture-Lasso“ (Arthrex) wird nun zum „shutteln“ (durchfädeln) des distalen DogBones™ eingebracht. Mit Hilfe einer arthroskopischen Zange wird nun von antero-superior der distale DogBone™ inkl. doppelt armierter Fäden (z.B.: Fibertape, Arthrex) eingebracht und die Fäden nach cranial durch die erfolgten Bohrungen ausgeleitet. Die ausgeleiteten Fäden werden im cranialen Anteil durch das Plattenloch gezogen und es wird ein zweiter DogBone von cranial aufgebracht und die Fäden durch selbigen gezogen und verknotet. Hierfür werden 7 Halbschläge benötigt, um eine sichere Fixation zu

gewährleisten. Durch dieses häufige Verknoten erfolgt eine „Dochtbildung“ des relativ steifen Fadens. Dies kann im Verlauf, auch nach erfolgtem Verschluss der trapezoidalen Faszie zu Beschwerden führen, da der Faden im subcutanen Gewebe zu Irritation führen kann. Aus diesem Grund wurde die knotenlose Technik entwickelt (Abbildung 11). Bei der knotenlosen DogBone-Technik wird ein Plättchen von cranial in die Platte eingelegt und nach erfolgtem Durchfädeln des Fibertapes wird diese anschließend im Sinne eines Flaschenzugsystems in der Platte verblockt und benötigt somit kein weiteres Verknoten. Die Klavikula wird durch dieses Konstrukt nach distal reponiert. Hier wird eine gewisse „Überkorrektur“ akzeptiert, da durch Bewegungen der Schulter ein geringgradiger Korrekturverlust von wenigen Millimeter zu erwarten ist.

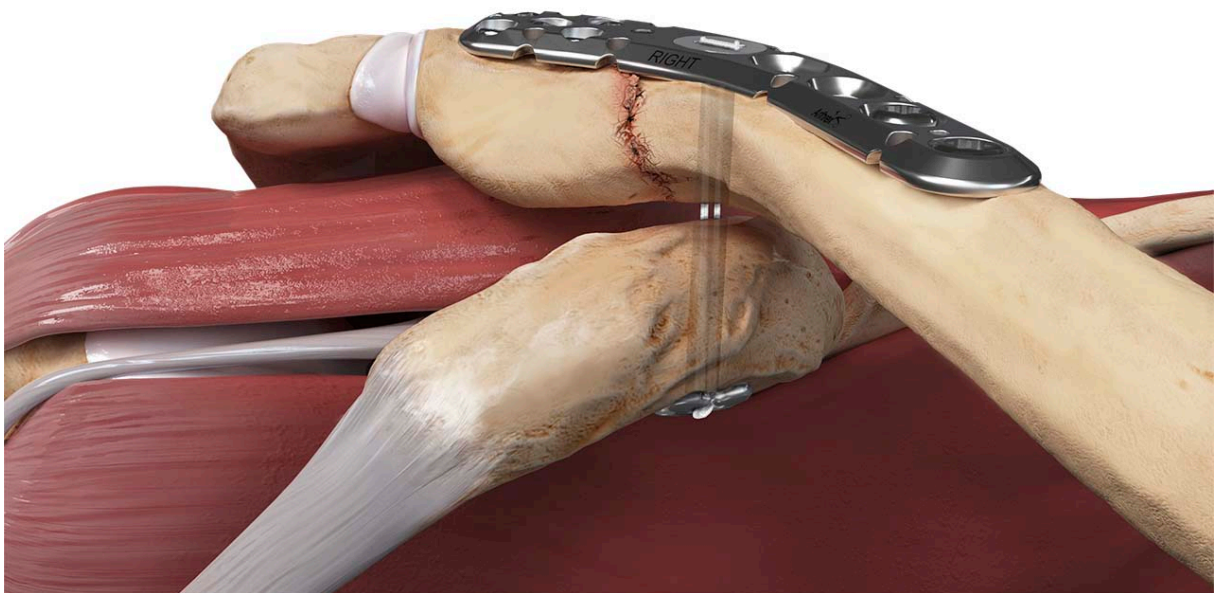


Abb 12: Die finale Darstellung nach Versorgung einer instabilen lateralen Klavikulafraktur inkl. CC-Augmentation mittels Dog-Bone™-Systems (Arthrex GmbH).

Nach Röntgenkontrolle in zwei Ebenen und schichtweisem Hautverschluss wird die Operation beendet. Beim schichtweisen Hautverschluss ist besonderes Augenmerk auf den korrekten Verschluss der trapezoidalen Faszie zu legen, um hier eine Irritation wie zuvor

beschrieben zu vermeiden. Die Anlage einer Armschlinge erfolgt direkt postoperativ. Das Bewegungsausmaß der betroffenen Schulter wird für 4-6 Wochen limitiert (Tabelle 1).

Physiotherapeutische Beübung kann bereits direkt nach der Operation erfolgen, um einer Bewegungseinschränkung der Schulter entgegenzuwirken.

4.5 Fallbeispiel der operativen Versorgung

Ein 37-jähriger männlicher Patient kam während des Downhill Fahren mit einem Mountainbike zu Sturz und wurde in der Notaufnahme vorstellig. Anamnestisch lag kein Kopfanprall und keine Bewusstlosigkeit vor. Der Patient gab einen hohen sportlichen Anspruch an und keine sonstigen Vorerkrankungen oder Allergien. In der klinischen Untersuchung zeigte sich neben multiplen Abschürfungen eine schmerzhafte linke Schulter. Die Bewegungsgrade waren bei der klinisch-funktionelle Untersuchung aufgrund der vorhandenen Schmerzen deutlich eingeschränkt. Bei der Palpation fand sich eine Krepitation im Bereich der lateralen Klavikula. Die Röntgenaufnahme des Thorax war unauffällig, wobei die Röntgenbilder der linken Schulter und der Klavikula eine laterale Klavikulafraktur (Jäger und Breitner Typ IIa) zeigte. Aufgrund des anamnestisch hohen sportlichen Anspruches erfolgte die Indikationsstellung zur operativen Versorgung des Patienten wie in Abbildung 13 dargestellt.

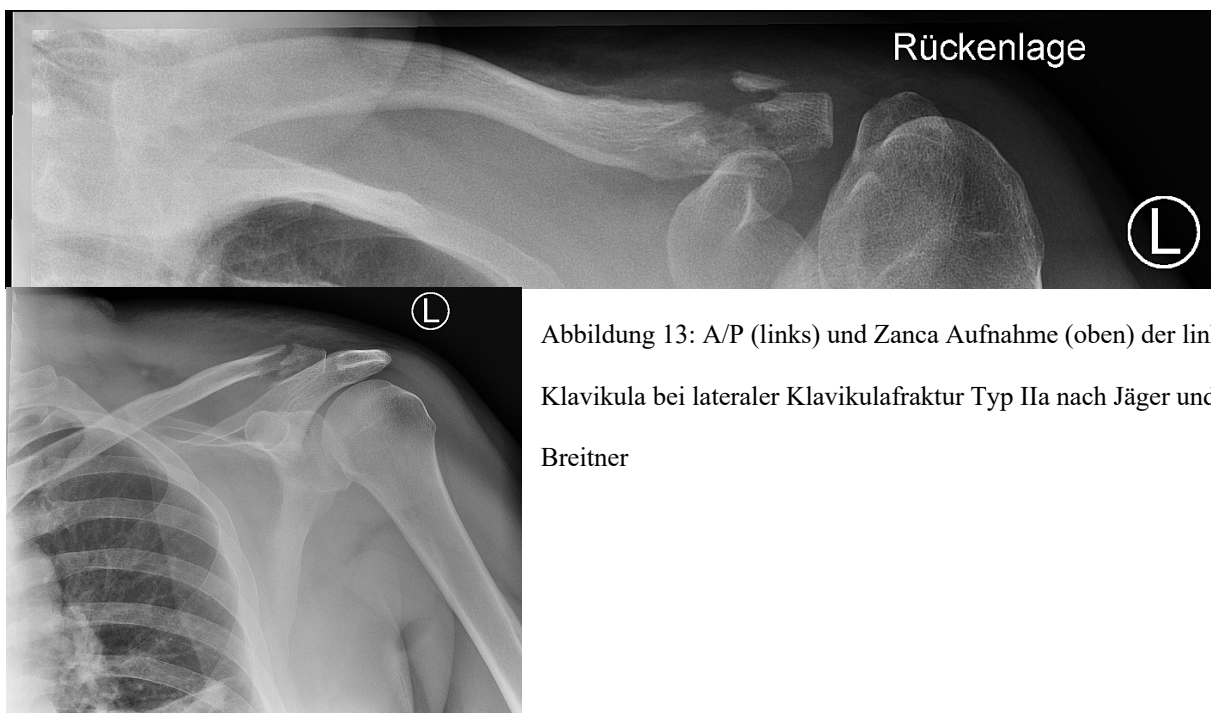


Abbildung 13: A/P (links) und Zanca Aufnahme (oben) der linken Klavikula bei lateraler Klavikulafraktur Typ IIa nach Jäger und Breitner

Die operative Versorgung erfolgte mittels Implantation einer präformierten, winkelstabilen Platte. Intraoperativ wurde eine instabile Situation der CC-Ligamente festgestellt, weshalb diese mittels knotenlosem Dog-Bone Verfahrens adressiert wurden.

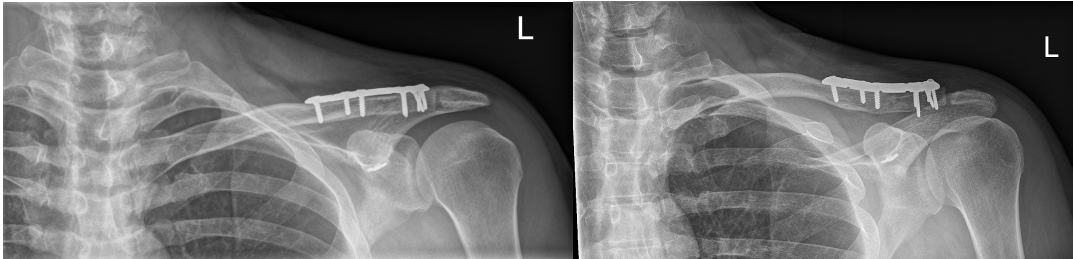


Abbildung 14: 3 Monate postoperative Röntgenuntersuchung der linken Klavikula in a/p und Zanca

Aufnahmetechnik mit bereits ersichtlich Konsolidierung des Frakturspaltes

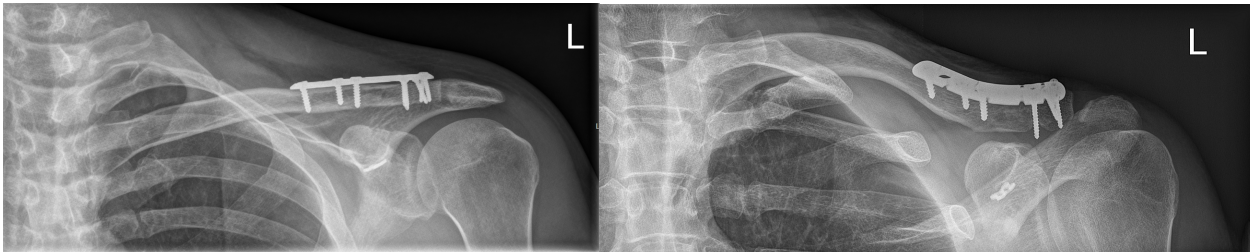


Abbildung 15: Verlaufskontrolle 6 Monate postoperativ mit bereits deutlicher Konsolidierung des Frakturspaltes

und einer weiterhin stabilen Situation sowie ohne Dislokation oder Bruch des eingebrachten Materials

4.6 Postoperatives Nachsorgeschema

Postoperativ erfolgt die Überprüfung der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität (pDMS) um etwaige perioperative Schädigungen umliegender Strukturen ehestmöglich zu erkennen. Die Anlage einer Armschlinge findet noch im Operationssaal statt, um die betroffene Seite zu entlasten. Im weiteren Verlauf erfolgt ab dem 1. postoperativen Tag unter Anleitung Physiotherapie gemäß dem in Tabelle 1 angeführten Schema. Die Fäden der Hautnaht werden ca. 12-14 Tage postoperativ entfernt und die geplanten Verlaufskontrollen (ambulant) erfolgen nach 6, 12, 26 und 52 Wochen. Ist eine Materialentfernung notwendig oder gewünscht erfolgt diese frühestens 18 Monate postoperativ.

ROM	Abduktion	Adduktion	Flexion.	Extension	Außenrotation	Innenrotation
1.+2. Woche	30°	0°	30°	0°	0°	80°
3.+4. Woche	45°	0°	45°	0°	80°	0°
5.+6. Woche	60°	0°	60°	0°	Frei	Frei
7. Woche +	Frei	Frei	Frei	Frei	Frei	Frei

Tabelle 1: Postoperatives Schema (passiv (orange) und aktiv-assistiert (grün) an der Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München (Stand 2021)

4.7 Outcome

Das klinisch-funktionelle Ergebnis wurde während der geplanten regelmäßigen Sprechstunden-Nachsorgeterminen überprüft. In der ersten Untersuchung 6 Wochen postoperativ wurde vorwiegend die bereits wiedererlangte ROM festgehalten, die bis zu diesem Zeitpunkt auf 60° Flexion und Abduktion begrenzt wurde (Tabelle 1). Zur Verbesserung der postoperativen Einschränkung sowie Assistenz der Patienten wurde regelhaft bis inkl. 3 Monate postoperativ Physiotherapie angeordnet. Zeigte sich nach dieser Zeit weiterhin eine Einschränkung der Freiheitsgrade wurde dieser Zeitraum entsprechend der vorliegenden Defizite verlängert. Während aller Nachsorgetermine wurden die Patienten bezüglich etwaiger Wundkomplikationen (Wundinfekt, Wunddehiszenz etc.) beurteilt. Ferner erfolgte die Beurteilung der Operationsregion auf Irritation oder Schmerzen. Hier wurde spezieller Fokus ab dem 6. postoperative Monat gelegt (Irritation durch das eingebrachte Material).

Die Untersuchung des Bewegungsumfanges des Schultergelenks erfolgte entsprechend der Neutral-Null-Methode (Abduktion, Anteversion/Flexion, Innenrotation und Außenrotation).

Zur Ermittlung des postoperativ klinisch, funktionellen Ergebnisses wurden die folgenden Scores ermittelt. Der American Shoulder and Elbow Score, Constant Score, Disability of Arm, Shoulder and Hand Score, Munich Shoulder Questionnaire sowie Shoulder Pain and Disability Index wurden im Rahmen der postoperativen Nachsorge ermittelt [83-87]. Bei den genannten Scores handelt es sich um bereits validierte Scores welche im Rahmen von Schulter und Handverletzungen routinemäßig Anwendung finden.

4.8 Return-to-sports Fragebogen

Der angewandte Fragebogen wurde speziell für die obere Extremität in der Klinik für Unfallchirurgie, Klinikum rechts der Isar entwickelt. Patienten werden bezüglich demographischer Daten sowie der sportlichen Aktivität vor einem Trauma befragt. Ferner werden Einschränkungen durch das Trauma respektive durch die Therapie (Operation) erfragt. Die durchgeführten Sportarten die im Fragebogen ausgewählt werden können (n=17) werden von einer offenen Frage „Sonstige“ begleitet um etwaige Sportarten die nicht abgebildet sind anführen zu können. Die Sportarten werden einmalig präoperativ sowie einmalig 1 Jahr postoperativ festgehalten. Im weiteren werden die Dauer, Intensität und Häufigkeit der durchgeführten Sportarten ermittelt. Eine weitere Frage bezüglich einer bereits vor dem Trauma bestehenden Einschränkung ist enthalten um diese von Einschränkungen durch das operative Verfahren unterscheiden zu können. Etwaige subjektive Kraftdefizite werden ebenfalls abgefragt. Diese werden im zukünftigen Verlauf mittels einer objektivierbaren Kraftmessung erweitert. Abschließend werden die Dauer bis zum RTS respektive die Dauer bis zum präoperativen Trainingszustand erfragt.

Die ersten 20 konsekutiven Patienten erhielten einen RTS-Fragebogen bei Einschluss in die Studie und schriftlicher Einwilligung zur 1 Jahr postoperativen Kontrolle.

4.9 Röntgenkontrolle

Zur Ermittlung der Frakturkonsolidierung respektive zur Beurteilung der Integrität des eingebrachten Osteosynthesematerials erfolgten standardmäßige Röntgenkontrollen 6, 12, 26 und 52 Wochen postoperativ. Im Falle von gewünschten Materialentfernungen wurde eine weitere Röntgenuntersuchung durchgeführt. Die Beurteilung erfolgte durch einen erfahrenen Schulterchirurgen sowie eines verblindeten Radiologen der Klinik.

4.10 Statistik

Die Bearbeitung der Daten sowie auch die statistische Auswertung erfolgte pseudonymisiert. Hierzu wurden die ermittelten Daten der Patienten mit einem Nummerncode versehen. Die Daten wurden, getrennt von der handschriftlichen Nummerncodes aufbewahrt sowie in einer Excel-Tabelle (Microsoft®, Microsoft Excel) dokumentiert und bearbeitet.

Eine deskriptive Statistik erfolgte zur Beschreibung von etwaigen Komplikationen, Geschlechtsspezifischen Unterschieden und Sportarten sowie derer Qualität und Quantität. Das Patientenalter wird im Durchschnitt \pm der Standardabweichung (SD) inkl. der Range (Altersverteilung) angegeben. Die statistische Auswertung der funktionellen Scores (ASES, Constant-Murley Score, DASH, MSQ, SPADI) erfolgte mittels SPSS 25 für Mac (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Der Vergleich von Mittelwerten erfolgte mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben im Hinblick auf Geschlechterverteilung und Alter in den abschließenden Nachkontrollen. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

5. Ergebnisse

5.1 Allgemeine Ergebnisse

Im Zeitraum zwischen Januar 2014 bis Juni 2018 wurden konsekutiv 56 Patienten mit instabiler bzw. dislozierter lateraler Klavikulafraktur mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese und arthroskopisch assistierter DogBone Technik versorgt und in diese Arbeit eingeschlossen. Polytraumatisierte Patienten oder bereits an der Klavikula voroperierte Patienten wurden gemäß der Kriterien ausgeschlossen. Die 56 Patienten (weiblich n=15, männlich n=39) hatten ein Durchschnittsalter von $44,9 \pm 13,2$ Jahren. Während des Nachuntersuchungszeitraumes verstarb 1 Patient wobei hier kein Zusammenhang zur operativen Versorgung bestand. Weitere 9 Patienten konnten nicht weiter kontaktiert werden weshalb sie von der statistischen Aufarbeitung ausgeschlossen wurden. Von einer telefonischen Nachuntersuchung wurde Abstand genommen, da der klinische Aspekt einen unabdingbaren Faktor dieser Arbeit darstellt. Insgesamt wurden somit für die statistische Aufarbeitung des postoperativen funktionellen Ergebnisses 46 Patienten eingeschlossen.

Die Subgruppenanalyse bezüglich des „return-to-sports“ der ersten 20 konsekutiven Patienten wird gesondert unter Punkt 5.2 dargestellt.

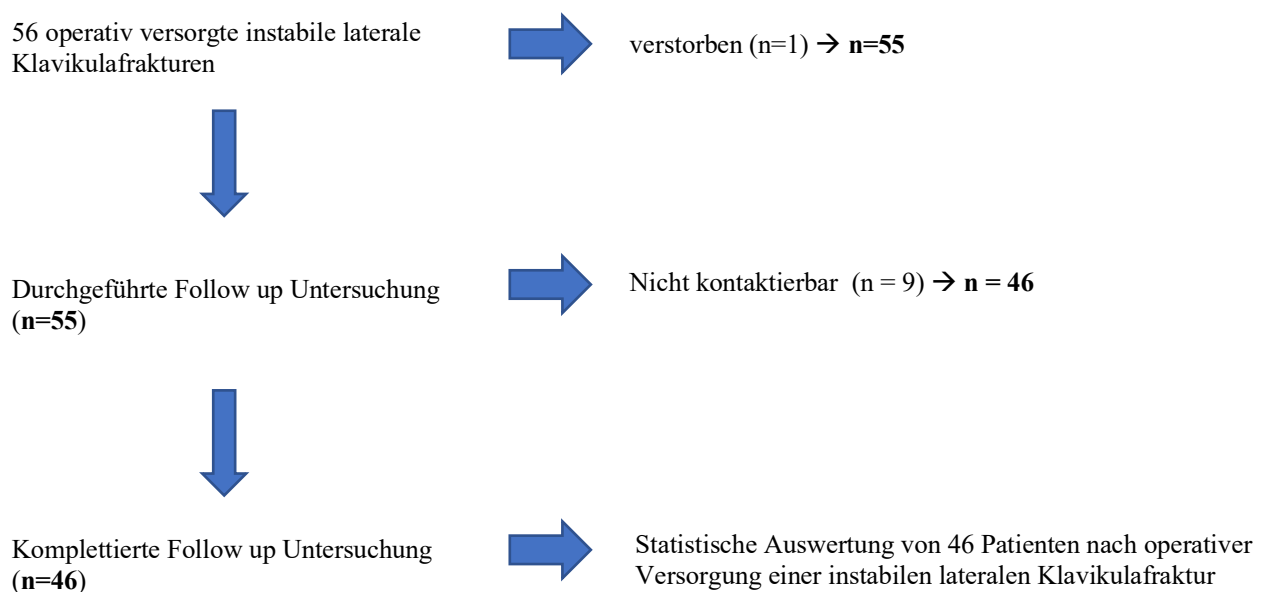


Diagramm 1: Flussdiagramm der Patienten entsprechend der Einschluss / Ausschlusskriterien.

5.1.1 Epidemiologie

46 Patienten mit einem Durchschnittsalter von $45,0 \pm 13,9$ (18,7 – 80,8) Jahren wurden für die statistische Auswertung herangezogen. Das durchschnittliche Patientenalter lag bei 34 männlichen Patienten bei $44,2 \pm 13,4$ (25,4 – 80,8) Jahren sowie 12 weiblichen Patienten bei $47,4 \pm 15,5$ (18,7 – 66,8) Jahren .

29 Patienten wurden mittels DogBone™ (verknotete Technik, Gruppe 1) operativ versorgt, 17 Patienten mittels knotenlosem DogBone™ System (=Gruppe 2). Das Durchschnittsalter der Gruppe 1 betrug $45,4 \pm 13,3$ (18,7 – 80,8) Jahre. Das in Gruppe 2 erhobene mittlere Alter lag bei $44,4 \pm 15,2$ (26,4 – 77,0) Jahren und somit knapp unter dem der Gruppe 1.

5.1.2 Frakturlokalisierung und Seitendominanz

Die Fraktur zeigte sich bei 18 Patienten rechts bzw. in 28 linksseitig. Die Seitendominanz zeigte 40 rechtshändige bzw. 6 linksdominante Patienten. In Gruppe 1 wurden bei 4 links bzw. 25 rechtsdominanten Patienten, 17 Frakturen links und 12 Frakturen rechtsseitig festgestellt. In Gruppe 2 waren 2 links bzw. 15 rechtsdominante Patienten sowie 11 linksseitige und 6 rechtsseitige Frakturen ermittelt worden.

5.1.3 Frakturanzahl und Lokalisation

Gemäß der Klassifikation nach Jäger und Breitner wurden 2 Typ I, 26 Typ IIa, 17 Typ IIb und 1 Typ III Frakturen operativ versorgt (Diagramm 3).

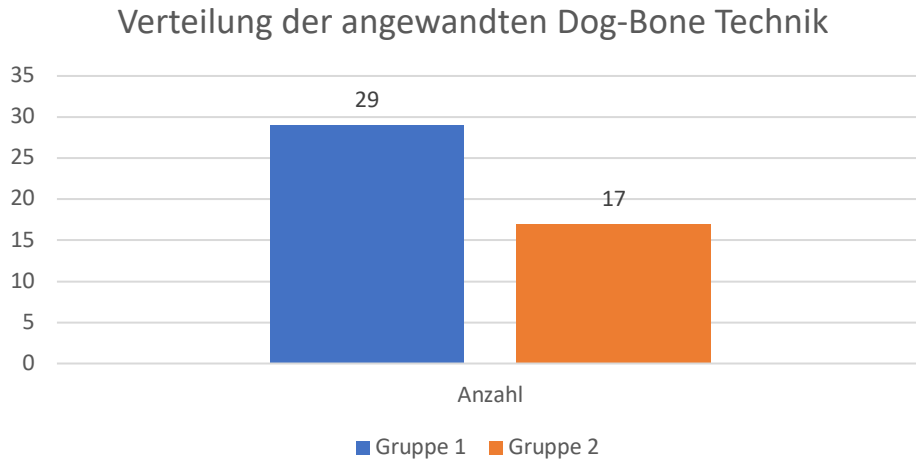


Diagramm 2: Verteilung der angewandten Operationstechnik (Gruppe 1 = verknoteter Dog-Bone™, Gruppe 2 = knotenlose DogBone™ Technik)

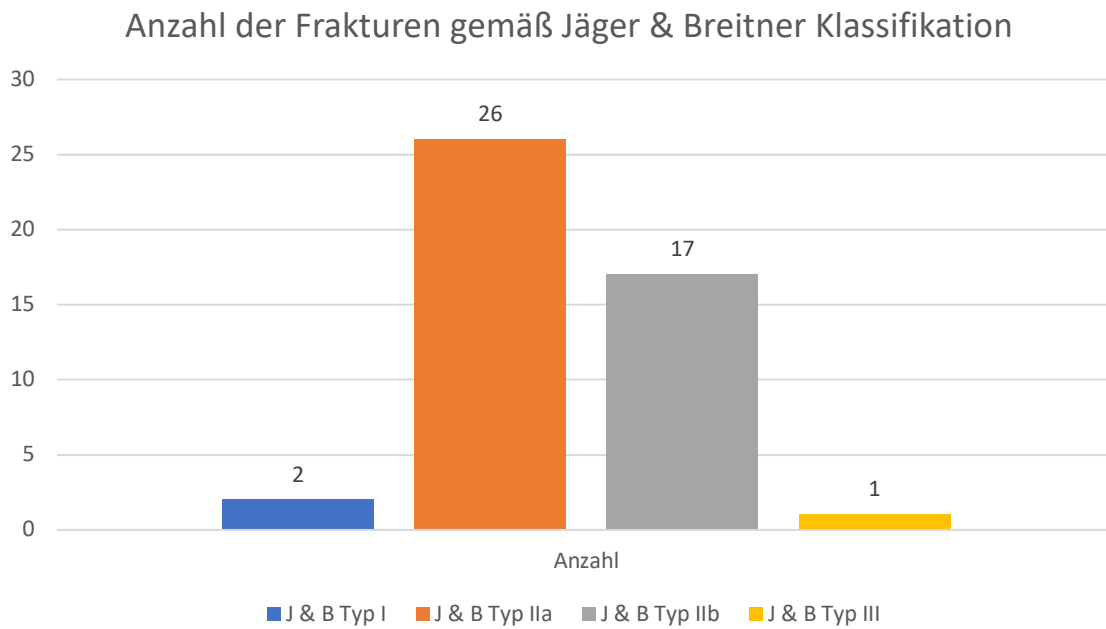


Diagramm 3: Anzahl der Frakturtypen gemäß Jäger und Breitner Klassifikation

5.1.4 Prozentuelle Teilnahme

Von insgesamt 56 operativ versorgten Patienten konnte eine vollständige klinisch-funktionelle sowie radiologische Verlaufskontrolle bei 46 Patienten (82,1%) durchgeführt werden. Die prozentuelle Beteiligung an den Follow up Untersuchungen betrug in Gruppe 1 85,3% (29/34) sowie in Gruppe 2 77,3% (17/22). Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug $39,3 \pm 17,5$ (13,8 – 71,6) Monate.

5.1.5 Funktionelles Ergebnis

Das funktionelle postoperative Ergebnis wurde mit Hilfe der folgenden Scores nach abgeschlossenen Kontrolluntersuchungen von mindestens einem Jahr ermittelt. Die Mittelwerte der funktionellen Scores aus beiden Gruppen ergaben: ASES $94,7 \pm 9,8$, Constant Score $85,1 \pm 8,1$, DASH $5,5 \pm 8,4$, MSQ $90,9 \pm 7,2$, SPADI $96,1 \pm 5,7$. Die ermittelten Daten weisen somit ein exzellentes Ergebnis für den ASES, MSQ und SPADI aus. Constant Score und DASH wiesen gute Ergebnisse auf.

Die funktionellen Scores der beiden Gruppen wurden auf etwaige signifikanten Unterschiede überprüft. Hier konnte in keinem der Scores ein signifikantes Ergebnis zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 ermittelt werden (Tabelle 2).

	Gruppe 1	Gruppe2	Signifikanzniveau ($p < 0.05$)
ASES	$94,71 \pm 8,1$	$94,69 \pm 5,6$,160 (n.s.)
Constant Score	$84,89 \pm 8,8$	$85,52 \pm 6,9$,422 (n.s.)
DASH	$5,44 \pm 9,5$	$5,58 \pm 6,2$,360 (n.s.)
MSQ	$91,10 \pm 8,1$	$90,58 \pm 5,6$,466 (n.s.)
SPADI	$90,06 \pm 6,5$	$90,05 \pm 4,0$,178 (n.s.)

Tabelle 2: Mittelwerte der funktionellen Scores im Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2 inkl.

Standardabweichung und Signifikanzniveau

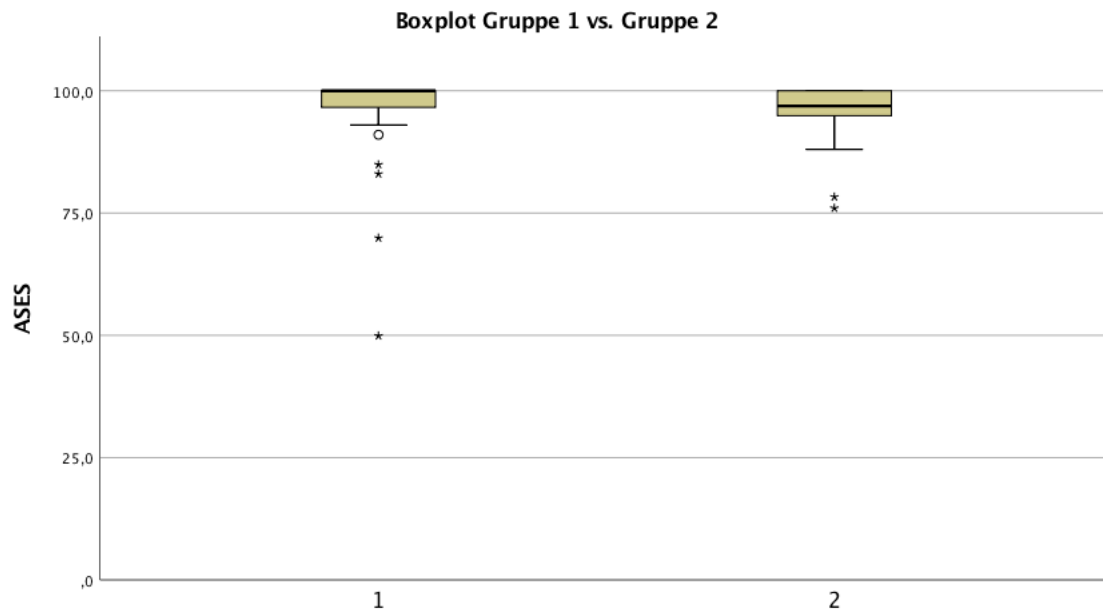


Diagramm 4: Boxplot des ASES Scores im Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2

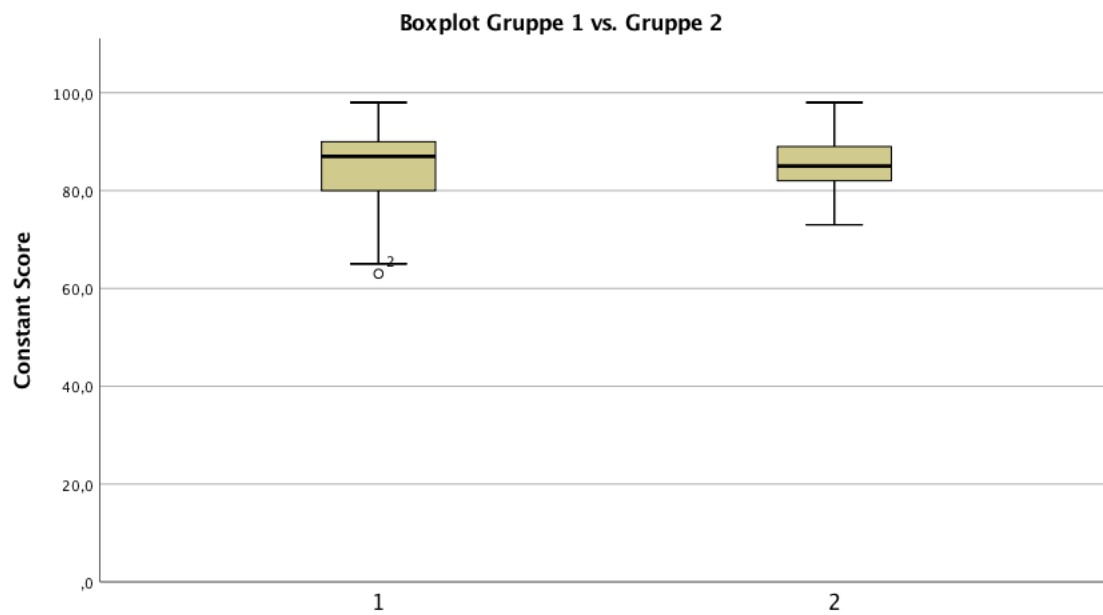


Diagramm 5: Boxplot des Constant-Murley Scores im Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2

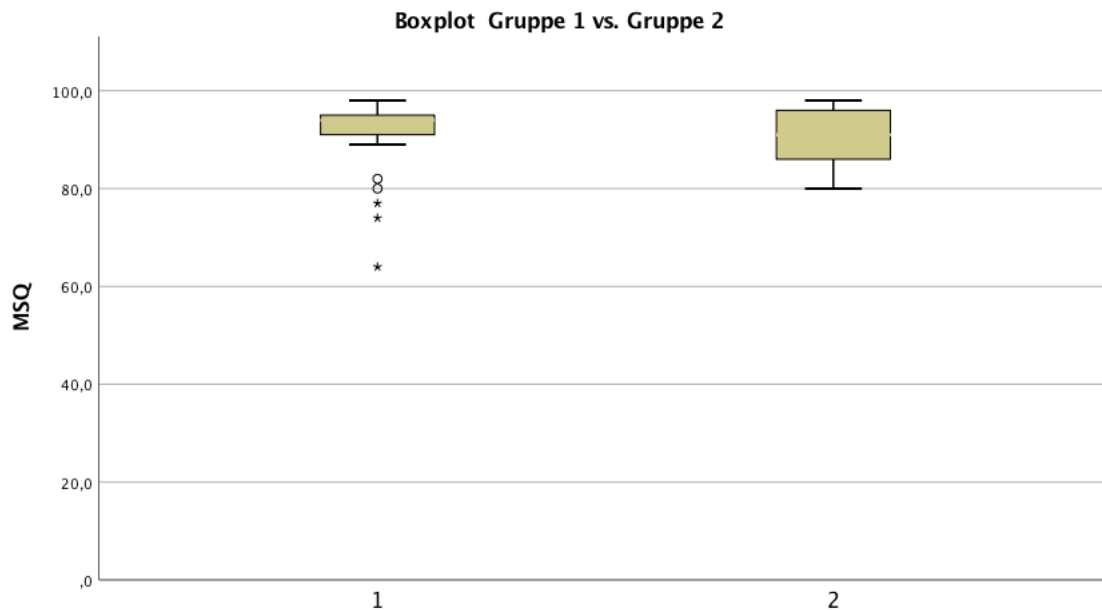


Diagramm 6: Boxplot des Munich Shoulder Questionnaire im Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2

5.1.6 Postoperative Einschränkung

39 / 46 (84,8%) Patienten gaben 1 Jahr postoperativ keine Einschränkung im Alltag sowie auch keine Schmerzen an. 20 / 46 (43,5%) Patienten gaben an unter einer Irritation im Bereich der Klavikula zu leiden. Eine Einschränkung im Alltag bzw. der Bewegungsfreiheit wurde aufgrund der Irritation angegeben. Die Einschränkungen im Alltag waren Limitation beim Tragen eines Rucksackes oder einer Handtasche über der Schulter bzw. eine Einschränkung bei sportlichen Aktivitäten oder Überkopftätigkeiten im Alltag.

19 / 29 (65,6%) Patienten der Gruppe 1 berichteten hierbei über eine Irritation durch den verknoteten Fiberwire-Faden bzw. der Platte in der Routineuntersuchungen bis 1 Jahr postoperativ. Im Vergleich dazu zeigten sich 16 /17 Patienten der Gruppe 2 hierbei ohne Irritation und somit nur 1 Patient mit Irritation (1 / 17, 5,9%). Hieraus ergibt sich ein signifikanter Unterschied ($p=,004$) zwischen den beiden verglichenen Techniken.

Die H_0 wurde somit angenommen da sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der postoperative Irritation der beiden Technik zeigt. Die Irritation trat überwiegend bei sportlich

aktiven Patienten auf welche vorwiegend jedoch im Alltag Beschwerden angaben. Hier waren Sportarten die die obere Extremität respektive die untere Extremität betreffen jedoch gleichermaßen vertreten und es zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Das Alter per se hatte ebenfalls keinen signifikanten Einfluss. Die deutliche niedrigere Rate an Irritationen in Gruppe 2 (1 / 17, 5,9%) lässt somit darauf schließen, dass weniger die Platte per se der Faktor für die Irritation, sondern vielmehr der eingebrachte DogBone Button inkl. des verknoteten Fadens dafür verantwortlich war.

5.1.7 Osteosynthesematerialentfernung

In 20/ 46 Patienten (43,5%) erfolgte eine Osteosynthesematerialentfernung nach vollständiger knöcherner Konsolidierung nach einem durchschnittlichen Zeitraum von $18,8 \pm 10,6$ Monaten. In Gruppe 1 wurden 14 / 29 (48,3%) sowie in Gruppe 2 6 / 17 (35,3%) Materialentfernungen durchgeführt. Hier zeigte sich lediglich eine Tendenz, jedoch keine statistische Signifikanz ($p=0,122$) zu einer häufigeren Materialentfernung in Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2.

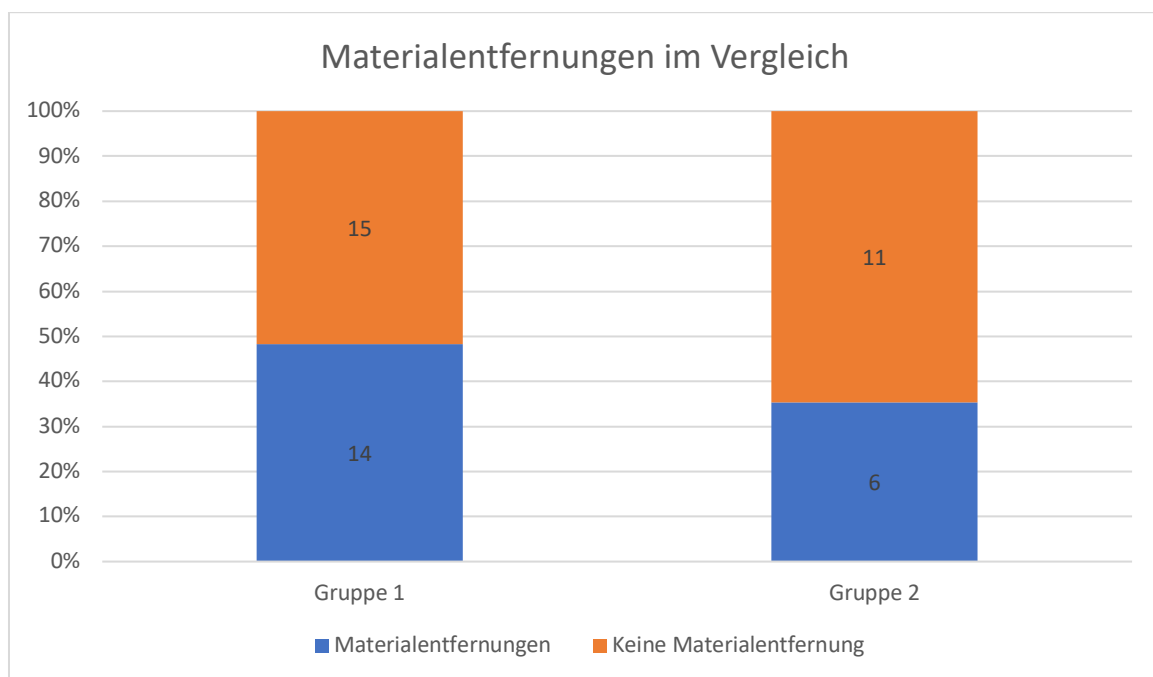


Diagramm 7: Anzahl der durchgeführten Materialentfernungen in Gruppe 1 und 2

In 10 der 20 zuvor genannten Patienten, die über eine Irritation berichteten, erfolgte die Materialentfernung im Mittel nach 20,4 (9,3 – 58,2) Monaten. Alle 10 Patienten wurden mittels Dog-Bone (verknotet, Gruppe 1) versorgt. Die restlichen 9 Patienten gaben sonstige Gründe für eine Osteosynthesematerialentfernung an. Eine Analyse der sonstigen Gründe ergab das ein Großteil der Patienten kein Fremdmaterial in sich tragen möchten und gerade jüngere Patienten bei erneutem Sturz in der Zukunft Sorge haben hier eine schwerere Verletzung zu erleiden. Die besonders frühzeitige Materialentfernung nach 9 Monaten wurde aufgrund einer massiven Irritation in einer zierlichen Patientin durchgeführt da die Platte hier bereits durch die Haut ersichtlich war und bereits bei kleinsten Tätigkeiten irritierte.

5.1.8 Sport

33 / 46 (71,7%) übten präoperativ regelmäßig Sport aus. Postoperativ gaben weiterhin 33 / 46 (71,7%) der Patienten an Sport auszuüben. Somit gab es eine optimale RTS-Rate von 100% aller sportlich aktiven Patienten.

Die H_1 wurde angenommen, da es zu keiner Reduktion der Sportarten durch die arthroskopisch unterstützte operative Versorgung kam. Auch die minimale Einschränkung der Innenrotation (8/10 Punkten im MSQ) hatte hier keine Auswirkung auf die ausgeübten Sportarten.

Insgesamt gaben 7 / 46 (15,2%) Patienten an 12 Monate postoperativ unter einer Einschränkung im Vergleich zum präoperativen sportlichen Aktivitätsniveau zu leiden. Es wurden die präoperativ durchgeführten mit den postoperativen Sportarten verglichen um etwaige Einschränkungen durch die erfolgte operative Versorgung darzustellen. Hierbei kam es zu einer Reduktion oder einer Verlagerung der präoperativ durchgeführten Sportarten wie in Tabelle 3 dargestellt. Eine signifikante Reduktion der Sportarten wurde nicht ermittelt.

Präoperative Sportart(en)	Postoperative Sportart(en)
Wandern, Fahrrad, Laufen	Wandern, Fahrrad, Laufen
Radfahren	Radfahren
Fußball, Radfahren, Skifahren, Schwimmen	Fußball, Radfahren, Skifahren, Schwimmen
Fahrrad, Laufen, Schwimmen	Fahrrad, Laufen, Schwimmen
Skifahren, Laufen, Kraftsport	Skifahren, Laufen, Bouldern
Motorradrennen, Rennrad, Kraft/ Fitness	Motorradrennen, Rennrad, Kraft / Fitness
Wandern, Bergsteigen , Skifahren, Schwimmen	Schwimmen, Skifahren, Joggen
Joggen, Radfahren, Boule	Joggen, Radfahren, Boule
Radfahren, Joggen, Fitness	Radfahren, Joggen, Fitness
Ski, Fußball, Rad	Ski, Fußball, Rad
Fitness, Skifahren	Fitness, Skifahren
Golf, Skifahren, Radfahren	Golf, Skifahren, Radfahren
Ski, Rad, Wandern	Rad, Wandern, Ski
Skifahren, Mountainbike, Bergwandern	Skifahren, Mountainbike, Bergwandern
Kraftsport, Joggen	Kraftsport, Joggen
Laufen, Fitness	Walking
Schwimmen, Skifahren, Joggen	Schwimmen, Skifahren, Joggen
Ski, Schwimmen, Rad	Ski, Schwimmen, Rad
Fitness	Fitness, Skifahren
Pilates, Yoga, Fahrradfahren	Pilates, Yoga, Fahrradfahren
Skifahren, Fitnessstudio, Bergwandern	Skifahren, Fitnessstudio, Bergwandern
Radfahren, Wandern, Laufen	Radfahren, Wandern, Laufen
Ski, Mountainbike	Ski, Mountainbike
Laufen, Snowboarden, Radfahren	Laufen, Snowboarden, Radfahren
Yoga, Gymnastik	Yoga, Gymnastik
Wandern, Radfahren	Wandern, Radfahren
Joggen, Biken, Kraftsport	Joggen, Biken, Kraftsport
Fußball , Snowboard, Joggen	Snowboard, Joggen, Surfen
Ski, Tennis, Segeln	Ski, Tennis, Segeln
Volleyball, Schwimmen, Tennis	Volleyball, Schwimmen, Tennis
Joggen, Radfahren, Wandern	Joggen, Radfahren, Wandern
Mountainbike, Snowboard, Fitness	Mountainbike, Snowboard, Fitness
Radfahren, Wandern Schwimmen	Radfahren, Wandern Schwimmen

Tabelle 3: Vergleich der prä und postoperativen Sportarten aller 33 sportlich aktiven Patienten

Der Großteil der Patienten (84,8%) gaben prä und postoperative dieselben Sportarten an.

Insgesamt kam es bei 3 / 33 (9,1%) zu einer Verlagerung der Sportarten und zwei

Reduktionen (6,1%). In einem Fall kam es zu Zunahme um 1 Sportart (+ Skifahren). 1 Patient

wechselte die Sportart Kraftsport zu Bouldern (Klettern). Der Kraftsport wurde vor dem Trauma zum Kraftaufbau für das geplante Bouldern durchgeführt. 1 Patientin gab an das Wandern und Bergsteigen aufgrund des Joggens aufgegeben zu haben. Somit kam es zu einer Verlagerung aufgrund des höheren Interesses an Joggen. 1 Patientin gab an das Joggen aufgegeben zu haben und nunmehr zu walken. Hier kam die Aufgabe des Fitnesssports hinzu. Dies war aufgrund einer weiteren Verletzung der unteren Extremität aufgetreten welche durch einen anderen Arzt abgeklärt und therapiert wurde weshalb hier keine weiteren Informationen vorliegen. 1 weiterer Patient, welcher vor dem Trauma Fußball gespielt hatte, übte nach dem Trauma nun Surfen aus. Diese hatte vorwiegend mit der lokalen Situation (Umzug nach Trauma) zu tun.

5.2 Return to sports

5.2.1 Epidemiologie

Die durchgeführte RTS Befragung erfolgte an den ersten 20 konsekutiven Patienten bis 1 Jahr postoperativ. Die funktionellen Scores wurden 1 Jahr postoperativ erhoben und werden in den allgemeinen Resultaten angeführt. Auch die postoperativen Sportarten wurden einmalig 1 Jahr postoperativ ermittelt. Bis zu diesem Zeitpunkt erfolgt die Ermittlung der Dauer bis zum RTS. Das Durchschnittsalter betrug $46,4 \pm 11,4$ (21 – 67) Jahre. 15 männliche Patienten wiesen ein mittleres Alter von $43,5 \pm 9,0$ Jahren und 5 weiblichen Patienten $47,3 \pm 18,7$ auf. Das durchschnittliche Gewicht betrug 74,9kg (45-97 kg) bei einer Durchschnittsgröße von 1,77m (BMI = 23,9; Männer $77,7 \pm 10,8$ Frauen $66,8 \pm 16,0$). Die Fraktur war in 8 Fällen rechts lokalisiert und in 12 auf der linken Seite. Bezüglich der Dominanz zeigten sich 17 Rechtshänder sowie 3 Linkshänder. 17 Patienten (85%) wurden mittels verknotetem DogBone (Gruppe 1) sowie 3 Patienten (15%) mittels knotenlosem Verfahren (Gruppe 2) versorgt. Es wurden bis 1 Jahr postoperativ keine operativen Komplikationen (Wundheilungsstörung, Infekt etc.) ermittelt. Ferner wurden keine Materialdislokationen oder Plattenbrüche beobachtet.

5.2.2 Allgemeine postoperative Einschränkung

Hier wurden die Einschränkungen präoperativ und postoperativ erfragt, wobei hier nur 1 Patient bereits eine Einschränkung vor der Operation angab. Im postoperativen Verlauf zeigte sich nach 3 -6 Monate bei insgesamt 13 Patienten noch eine Einschränkung welche auf 4 verbleibende Patienten reduziert werden konnte. Die Einschränkung wurde bei 4 Patienten auf den Knoten bzw. das einliegende Osteosynthesematerial zurückgeführt.

5.2.3 Subjektives Kraftdefizit

Ein subjektives postoperatives Kraftdefizit wurde von insgesamt 5 / 20 Patienten 1 Jahr postoperativ angegeben. Hierunter wurden die alltägliche Belastung die auch präoperativ durchgeführt wurde erfragt. Diese waren Probleme einen Ball über Kopf zu werfen (n=1), Heben und Tragen von schweren (>5kg) Gewichten (n=2) sowie bei der Durchführung von Klimmzügen (n=2).

5.2.4 Range of Motion

Die größte Einschränkung der ROM wurde bei Innenrotation ersichtlich. 9 Patienten gaben in dieser Bewegungsrichtung eine leichtgradige Einschränkung an (8/10 im MSQ).

Anteversion/Flexion, Abduktion und Außenrotation waren diesbezüglich unauffällig (jeweils 10/10 Punkten im MSQ).

5.2.5 Dauer des return-to-sport

Die durchschnittliche Zeit bis zum RTS betrug insgesamt 4,6 (3-9) Monate. 11 Patienten kehrten nach 3 Monaten, 8 Patienten nach 6 Monaten und 1 Patient nach 9 Monaten auf das präoperative Level zum Sport zurück (Tabelle 4).

Die Rückkehr zeigte keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Geschlechterverteilung ($p=,612$). Im Hinblick auf das Alter zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied auf die Zeit bis zum RTS ($p=,736$)

Patient	Dauer in Monaten	Geschlecht	Alter
1	3	m	48
2	6	w	59
3	3	w	67
4	3	m	50
5	6	m	47
6	3	m	27
7	6	m	40
8	3	m	61
9	3	m	40
10	6	m	42
11	3	m	55
12	6	w	21
13	6	m	39
14	3	m	59
15	3	m	46
16	6	m	33
17	3	w	44
18	9	m	48
19	6	w	55
20	3	m	46

Tabelle 4: Dauer, Geschlecht sowie Alter der Patienten zum Zeitpunkt des RTS

Hauptsportarten präoperativ	Häufigkeit pro Woche Intensität (0-5) Trainingsdauer		
Radfahren, Joggen, Wandern	1	3	>60min
Schwimmen, Dauerlauf, Federball	2-4	0	>30min
Radfahren, Wandern, Schwimmen	2-4	0	>30min
Fussball, Radfahren, Skifahren	2-4	2	>120 min
Radfahren, Schwimmen, Joggen	2-4	2	>30min
Snowboard, Mountainbike, Joggen	1	0	>30min
Joggen, Biken, Kraftsport	2-4	4	>60min
Joggen, Radfahren, Boule	2-4	1	<30min
Fußball, Joggen, Snowboard	1	3	>30min
Motorsport, Radfahren, Joggen	2-4	4	>120 min
Ski, Tennis, Segeln	1	0	>120 min
Volleyball, Schwimmen, Tennis	1	1	>60min
Joggen, Radfahren, Wandern	2-4	3	>60min
Radfahren, Joggen, Fitness	1	0	> 30 min
Radfahren, Wandern, Schwimmen	1	1	>60min
Skifahren, Fitness, Fussball	2-4	3	>60min
Ski, Mountainbike, Tauchen	1	2	>120 min
Ski, Golf, Klettern	1	3	>60min
Schwimmen, Radfahren, Joggen	>4	0	>60min
Mountainbike, Snowboard, Gym	1	4	>60min

Tabelle 5: Häufigkeit, Intensität und Dauer der präoperativ ausgeübten Sportarten der RTS- Subgruppe

5.2.6 Quantität und Qualität der Sportarten

10 Patienten gaben an 1 x / Woche, 9 Patienten 2-4 x / Woche sowie 1 Patient > 4 x / Woche Sport betrieben zu haben (Tabelle 5 und 6).

Die Dauer der präoperativen sportlichen Aktivität betrug bei 1 Patienten < 30min, bei 6 Patienten > 30 min. 9 Patienten gaben an > 60 min und 4 Patienten > 120 min pro Einheit Sport zu treiben. Auf einer Skala von 0-5 wurde der sportliche Aktivitätslevel (0 = leichte Aktivität ohne große Anstrengung bis 5 Profisport) erhoben. 6 Patienten gaben Level 0, 3 Patienten Level 1, 3 Patienten Level 2, 5 Patienten Level 3, 3 Patienten Level 4 und kein Patienten Level 5 an.

Die Häufigkeit der durchgeführten Sportarten zeigte sich 17 Patienten unverändert, drei Patienten steigerten diese postoperativ von 1 auf 2-4 Einheiten.

Die Intensität der durchgeführten Sportarten ergab eine Zunahme bzw. Abnahme in jeweils 3 Fällen.

Hauptsportarten postoperativ	Häufigkeit pro Woche	Intensität (0-5)	Trainingsdauer
Joggen, Schwimmen	1	0	>30min
Nordic Walking	2-4	0	>60min
Radfahren	2-4	0	>30min
Fussball, Radfahren, Skifahren	2-4	2	>120 min
Radfahren, Schwimmen, Joggen	2-4	2	>30min
Ski, Mountainbike, Joggen	1	0	>30min
Joggen, Biken, Kraftsport	2-4	3	>60min
Joggen, Radfahren, Boule	2-4	3	>60min
Joggen, Snowboard, Surfen	1	3	>30min
Motorsport, Radfahren, Joggen	2-4	4	>120 min

Ski, Tennis, Segeln	1	0	>120 min
Volleyball, Schwimmen, Tennis	2-4	3	>60min
Joggen, Radfahren, Wandern	2-4	3	>60min
Radfahren, Joggen, Fitness	2-4	1	<60
Radfahren, Wandern, Schwimmen	2-4	2	>30min
Skifahren, Fitness, Fussball	2-4	3	>60min
Ski, Mountainbike, Tauchen	1	2	>120 min
Ski, Golf, Klettern	1	3	>60min
Schwimmen, Radfahren, Joggen	>4	0	>60min
Mountainbike, Snowboard, Gym	1	4	>60min

Tabelle 6: Häufigkeit, Intensität und Dauer der postoperative ausgeübten Sportarten der RTS- Subgruppe

Auch die Dauer der durchgeführten sportlichen Aktivitäten zeigte sich im Vergleich vor und nach OP bei 15 Patienten annähernd gleichwertig wobei 2 Probanden weniger (-30min) und 3 Patienten länger (+30min) trainierten.

5.2.7 Irritation durch Material

11 / 17 (64,7%) der Patienten aus Gruppe 1 gaben Schmerzen im Bereich des verknoteten Dog-Bone™ Fadens subkutan an sowie beklagten 4 / 20 (20%) Patienten eine Einschränkung ihrer postoperativen sportlichen Aktivität. Die subjektiv geäußerten Einschränkung bestanden in „Knirschen“ in der Schulter bei Wurfbewegungen (n=1), Irritation/Schmerz beim Werfen/Schlagen von Bällen (n=1), Schmerzen beim Heben / Tragen von Gewichten über 5kg (n=1) sowie Schmerzen bei Klimmzügen (n=1).

5.2.8 Änderung des sportlichen Verhaltens

In 16 Fällen kam es zu keiner Veränderungen der sportlichen Aktivitäten 1 Jahr postoperativ.

1 Patient gab an derzeit nicht mehr Rad zu fahren (inklusive Reduktion der Intensität von 3 auf 0).

1 weiterer Patient änderte sein sportliches Verhalten drastisch von Schwimmen, Dauerlauf und Federball auf Nordic Walking (inklusive Reduktion der Dauer von >60 auf >30min). Die Gründe waren nicht auf die operative Therapie zurückzuführen gemäß des Patienten.

1 weiterer Patient gab an statt zu Joggen nun zu Surfen (keine Reduktion der Dauer oder Intensität) und 1 weitere Patientin gab an nicht mehr Wandern oder Schwimmen zu gehen (keine Reduktion der Dauer oder Intensität).

5.2.9 Psychologischer Aspekt des eingebrachten Osteosynthesematerials

Die Detailanalyse des MSQ bezüglich der psychologischen Komponente ergab das 16 / 20 (80%) Patienten „Grübeln bzw. Sorgen bezüglich der Schulter“ angaben und dies als zusätzlichen Grund für eine Einschränkung sahen. Lediglich 4 /20 (20%) Patienten gaben hier keine Einschränkung an.

6. Diskussion

Trotz steigender Inzidenzzahlen von Klavikulafrakturen (zwischen 2,6 und 10% aller Klavikulafrakturen) hat sich die operative Versorgung in den letzten beiden Dekaden exorbitant um bis zu 705% gesteigert [6, 17, 18, 20, 23]. Dies hat zu einem mit den weiterentwickelten Operationstechniken inkl. optimierter Materialien aber auch mit dem Zuwachs an Wissen bezüglich Anatomie und Biomechanik der Klavikula zu tun. Lange Zeit war ein konservatives Vorgehen die allgemeingültige Therapieform der Klavikulafraktur [16, 88-90]. Bereits 1963 allerdings, beschreibt Charles Neer einen „problembehafteten Verlauf nach konservativer Therapie bei lateralen Klavikulafrakturen“ [13]. In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts hat sich hieraus auch die „Neer“ Klassifikation entwickelt sowie in den 80er Jahren die Jäger und Breitner Klassifikation die heute im deutschsprachigen Raum weit verbreitet ist [27, 50]. Diese beiden Klassifikationen bieten ein klares Schema welches, auch aus der klinischen Erfahrung heraus, die, in den allermeisten Fällen, optimale Therapieform für Patienten mit lateralen Klavikulafrakturen darstellt. Die Indikationsstellung hat sich aufgrund der in den letzten beiden Dekaden deutlich gebesserten Studienlage mittlerweile auf ein guter evidenzbasierter Niveau etabliert [88]. Die Indikationsstellung hat sich in den letzten 20 Jahren weiter verändert. Nicht zuletzt aufgrund weiterer Klassifikationssysteme wie etwa die von Craig et al. welche weitere Unterscheidungen im Frakturmuster sowie den Grad der Dislokation anerkannten und diese in die Therapiefindung einschlossen [42, 91]. Eine Kollaboration der „Moon Shoulder Group“ aus dem Jahr 2015 untersuchte die Intra und Interobserver Übereinstimmung in der Klassifizierung sowie der Therapiefindung der lateralen Klavikulafraktur. Hier wurden die Typen IIa und IIb der Neer sowie Jäger und Breitner Klassifikation als jeweils instabil gewertet weshalb diese eine operativen Therapie zugeführt werden sollten [92]. Aufbauend auf diesen neuen Erkenntnissen wurden Patienten die eine instabile bzw. dislozierte laterale Klavikulafraktur erlitten in dieser Arbeit bezüglich ihres funktionellen Outcomes sowie des RTS nachuntersucht.

6.1. Einschluss / Ausschlusskriterien

Die in diese Arbeit eingeschlossenen Patienten (n=56) wurden aufgrund einer instabilen lateralen Klavikulafraktur operativ versorgt. Insgesamt 46 von 56 (82,1%) Patienten konnten nach vollständig absolvierten Nachkontrollen und der erfolgten schriftlichen Einwilligung zur Mitwirkung und Veröffentlichung der Studie nachuntersucht werden. Polytraumatisierte Patienten sowie Patienten mit einer Mehrfachverletzung des Schultergürtels wurden ausgeschlossen, um eine heterogene Kohorte für die Nachuntersuchung sowie den statistischen Vergleich zu erreichen. Durch vorliegende Mehrfachverletzungen der Schulter bzw. des SSSC wäre kein valider Vergleich möglich gewesen, da beispielsweise eine „Stiff Shoulder“ bei proximaler Humerusfraktur auftreten kann. Dies wiederum geht mit einer deutlichen Bewegungseinschränkung einher und würde das funktionellen Ergebnis ungünstig beeinflussen [93, 94]. Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit nur isolierte instabile laterale Klavikulafrakturen eingeschlossen und nachuntersucht.

6.2 Allgemeine Ergebnisse

Das mittlere Alter der eingeschlossenen Patienten lag mit $45,0 \pm 13,9$ (18,7 – 80,8) Jahren über den Ergebnissen einer Meta-Analyse von Stegeman et al. aus 2013, welche ein durchschnittliches Alter von 38 Jahren (17-86) ermittelten [95].

Der Vergleich der beiden Techniken (verknötet vs. knotenlos) wurde bislang (Stand Februar 2021, PubMed) in der Literatur nicht untersucht. Die in regelmäßigen Nachkontrollen von lateralen Klavikulafrakturen aufgetretenen lokalen Beschwerden konnten bis dato nicht gänzlich einer Entität (Platte oder Faden) zugeschrieben werden. Aus diesem Grund wurde die Nullhypothese H_0 aufgestellt um dieser Frage nachzugehen.

Hinsichtlich der Frakturlokalisation (Neer / Jäger und Breitner Klassifikation) hat sich in der Vergangenheit klar abgezeichnet, welche Frakturen einer operativen Versorgung zugeführt werden sollten. Es wurden jedoch in dieser Arbeit auch Verletzungen operativ versorgt die

per Definition nicht zwingend einer chirurgischen Therapie bedürfen [57, 95-97]. Es hat sich jedoch gezeigt, dass nicht nur die Verletzung der CC-Bänder sondern vor allem auch Dislokation der Fragmente und der funktionelle Anspruch der Patienten einen wichtigen Indikationsfaktor darstellen, was auch durch diese Arbeit gezeigt werden konnte [91]. Nicht nur Typ IIa Frakturen nach Jäger und Breitner bzw. Typ IIb nach Neer sind gemäß neuerer Klassifikationen als instabil zu werten sondern der gesamte Typ II [91]. Ein diesbezüglicher Konsens ist aus der Literatur nicht ersichtlich und wird der Therapieentscheid wird weiterhin kontrovers diskutiert wobei die Tendenz hin zur operativen Versorgung geht [91, 92, 98]. Die Ergebnisse der gezeigten Studie von Cho et al. deckt sich jedoch mit den eigenen klinischen Erfahrungen weshalb auch andere Frakturentitäten operativ therapiert wurden da nicht ausschließlich die Lokalisation der Fraktur sondern auch der Grad der Abweichung (>5mm) und der funktionelle bzw. sportliche Anspruch der Patienten einfließen sollte [91].

6.3 Konservative vs. Operative Therapie der lateralen Klavikulafraktur

Ob nun eine laterale Klavikulafraktur als stabil oder instabil zu werten ist, geht bereits aus den beiden genannten Klassifikationen hervor. Die Neer IIb sowie Jäger und Breitner IIa Fraktur sind jeweils instabile Frakturen die aufgrund einer Mitbeteiligung des coracoclaviculären Bandapparates einer operativen Therapie zugeführt werden sollten [13, 99]. Neuere Studien gehen weiter und erklären beide Typ II Frakturen (Typ IIa und Typ IIb) nach Jäger und Breitner sowie nach Neer als instabil [91, 100]. Weitere klare Indikationen wurden im Laufe der Jahre in der Literatur festgehalten und beinhalten offene Frakturen, Pseudarthrosen, frustrane konservative Therapieverfahren u.a.m. [26, 97, 101, 102]. In diese Arbeit wurden keine der zuvor genannten Indikationen (offene Frakturen etc.) eingeschlossen um ein möglichst homogenes Patientenkontingent zu vergleichen. Die Literatur weist eine Vielzahl verschiedener operativer Versorgungstechniken auf. Zehn dieser Techniken wurden in einem systematischen Review 2018 beschrieben und bezüglich ihres Outcomes verglichen [103].

Hier zeigte sich die in dieser Arbeit dargestellte arthroskopisch assistierte Versorgung bezüglich des funktionellen Ergebnisses im Constant-Murley Score im Vergleich zur Hakenplattenversorgung und der Versorgung mittels Fadencerclagen signifikant überlegen [103]. Die notwendige Versorgung instabiler bzw. dislozierter lateraler Klavikulafrakturen ist eine Domäne der operativen Therapie und wurde in der Literatur mit schlechteren funktionellen Outcomes beschrieben wenn konservativ therapiert wurde [104]. In Kontrast dazu wurden verschiedene konservative Methoden untereinander verglichen wobei sich diese Studien hauptsächlich auf Klavikulaschaftfrakturen beziehen [65, 68, 104-106]. Die Ergebnisse der konservativen Therapie in älteren Patienten respektive Patienten mit wenig funktionellem Anspruch zeigen jedoch ansprechende Ergebnisse weshalb nicht in allen Fällen eine Operation indiziert ist [98]. Extrinsische (Unfallbezogene) und intrinsische (Patientenbezogene) Faktoren für Pseudarthrosen nach konservativer Therapie wurden 2015 durch Liu et al. dargestellt [106]. Diese Ergebnisse unterstreichen die bereits bekannten Faktoren wie Rauchen (OR 3.76), Trümmerfrakturen (OR 1.75) und Dislokationsgrad (OR 1.17) welche durch die Arbeitsgruppe um Robinson im Jahr 2013 erarbeitet wurden [89]. Die zusätzlich in dieser Arbeit versorgten Frakturen ergeben sich aus einer Dislokation der Frakturfragmente welche, wie zuvor dargestellt, mit einer erhöhten Komplikationsrate sowie einem schlechteren funktionellem Outcome vergesellschaftet sind [26, 98]. Weit lateral gelegene Frakturen in Patienten mit einem geringen funktionellen Anspruch wurden in unserem Setting häufig einer konservativen Therapie zugeführt da kleine laterale Fragmente meist nur schwer oder unvollständig mittels Plattenosteosynthese zu fassen sind was sich mit den Ergebnissen der Literatur deckt [26, 29].

Die in dieser Arbeit verwendete Platte bietet lateral 5 winkelstabile Plattenlöcher in welchem die Schrauben mit einem Winkel bis zu 15° eingebracht werden können. Heute sind diese „Neuerungen“ bereits Standard jedoch war dies vermutlich mitunter ein Grund für die früher häufig schlechten operativen Ergebnisse [81, 107].

Im klinischen Alltag muss mit dem Patienten ausführlich über die möglichen Therapieverfahren gesprochen werden um den speziellen Anforderungen der Patienten nachzukommen. Liegt beispielsweise der Wunsch eines schnellen RTS vor oder ist eine schnelle Rückkehr zur Arbeit notwendig hat sich aus der Erfahrung die operative Versorgung als sicheres und probates Mittel gezeigt da in der Literatur bis zu 33,3% Pseudarthrosen im Falle einer konservativen Therapie beschrieben werden [97]. Als weiteren Vorteil dieser arthroskopisch assistierten Technik gilt es die Adressierung von Begleitverletzungen zu erwähnen. In einer Vorarbeit konnte gezeigt werden, dass bis zu 46,4% Begleitverletzungen (Rotatorenmanschettenrupturen, Verletzungen der langen Bizepssehne etc.) bei lateralen Klavikulafrakturen vorlagen von welchen wiederum 28,6% einer operativen Versorgung bedurften [40].

6.4 Mehrfachverletzungen des Schultergürtels („Floating shoulder“)

Ein zentraler Bestandteil der Integrität des Schultergürtels ist das Zusammenwirken der in Abbildung 7 beschriebenen Strukturen (Klavikula, AC-Gelenk, Akromion, CC-Bänder, Scapula, Glenoid, Proc. coracoideus). Liegt eine isolierte Klavikulafraktur vor so ist die operative Versorgung von der Verkürzung, der Deviation sowie den individuellen Faktoren des Patienten / der Patientin abhängig. Im Falle einer Mehrfachverletzung des Schultergürtels (SSSC) wurden diese Verletzungen in der Vergangenheit häufig konservativ therapiert [76]. Im Verlauf zeigte sich jedoch aufgrund der instabilen Situation häufig ein schlechteres funktionelles Outcome der Patienten mit Bewegungseinschränkung und / oder Schmerzen wie auch Pailhes et al. in einem 11 Jahres Follow up berichten [108]. In dieser Arbeit wurden polytraumatisierte Patienten, sowie solche mit Mehrfachverletzungen des Schultergürtels (z.B.: Klavikulafraktur oder Acromionfraktur) ausgeschlossen um eine möglichst heterogene Kohorte nachuntersuchen zu können. Streng genommen ist diese Aussage kritisch zu sehen, da die Verletzung der Klavikula sowie auch der CC-Bänder im Sinne der SSSC-

Theorie bereits eine Mehrfachverletzung darstellen würde. Da dies für sich bereits eine instabile Situation darstellt ist die Operationsindikation bereits hieraus abzuleiten.

6.5 Monetäre Situation der Versorgung

Ein weiterer Aspekt der Therapiewahl ist erfahrungsgemäß die monetäre Situation. Diese sollte jedoch nicht „auf Kosten des Patienten“ erfolgen. Die konservative Therapie kann in den meisten Fällen mittels einer Armschlinge oder ähnlicher Ruhigstellung erfolgen und ist somit relativ gesehen weniger Kostenaufwendig im Vergleich zur Operation [66]. Die operative Therapie per se ist hier im Vergleich deutlich kostenintensiver (OP-Nutzung, Pflegepersonal, Anästhesie etc.). Werden für die Operation nun aufwendiges Instrumentarium oder Materialien verwendet erhöht sich dieses Entgelt entsprechend. Dies bestätigt auch ein rezenter systematischer Review welcher sich mit diesem Thema auseinandersetzt. Hier werden durchschnittlich 10.230 USD für die operative Therapie und 7.923 USD für die konservative Therapie veranschlagt [109]. Daten aus Europa zeigen hier ein noch klareres Bild und ergaben EUR 367 für die konservative sowie EUR 3.296 für die operative Therapie [110]. (Kosten)- Effektivität ist in der heutigen Zeit ein wichtiger Faktor, sollte jedoch wenn überhaupt nur als nachrangiges Argument angeführt werden.

Kritisch diskutieren lässt sich an dieser Stelle allerdings die Nutzung der verschiedenen Techniken da auch hier Unterschiede vorliegen.

Die günstigste Versorgungsvariante lateraler Klavikulafrakturen mittels Kirschner-Drähten wurde in der Vergangenheit häufig durchgeführt da es sich um ein kostengünstiges Verfahren handelt. Hierbei haben sich jedoch teils gravierende Komplikationen (Migration der K-Drähte) gezeigt weshalb diese Technik aus unserer Sicht nicht mehr standesgemäß ist [55, 111]. Die durchschnittliche Komplikationsrate (bis 20%) dieser Versorgung zeigt sich inferior im Vergleich mit der in dieser Arbeit gezeigten Technik [97]. Auch die Versorgung mittels Hakenplattenosteosynthese zeigt deutlich schlechtere Ergebnisse (Komplikationsrate bis

40,7%) verglichen mit der coracoclaviculären Stabilisierung (4,8%) [97]. Die Hakenplatte ist neben der Versorgung mittels Kirschner Drähten bereits seit langer Zeit ein häufig angewandtes und erprobtes Verfahren mit akzeptablen bis sehr guten Ergebnissen [57, 59, 70]. Ein systematisches Review aus 2013 zeigt jedoch eine bis zu 11-fach erhöhte Komplikationsrate der Hakenplatte verglichen mit der intramedullären Versorgung [95]. Die angeführte intramedulläre Versorgung an der lateralen Klavikula wird am Klinikum rechts der Isar aufgrund der biomechanisch inferioren Rotationsstabilität verglichen mit der Plattenosteosynthese nicht angewandt [69, 112].

Die Hakenplatte wird am Klinikum aus verschiedenen Gründen nicht mehr angewandt. Zum einen ist eine obligate erneute Operation notwendig um die nur temporär gedachte Platte wieder zu entfernen [70]. Eine erneut notwendige Operation würde somit zu geplanten doppelten Kosten führen und ist somit insgesamt einer arthroskopisch assistierten Technik ebenfalls unterlegen. Zu weiteren Komplikationen der Hakenplatte werden postoperative Schultersteife (bis zu 22,9%) respektive subacromiale Erosionen beschrieben (17,1%) [57]. Intraartikuläre Läsionen können ebenfalls nicht adressiert werden weshalb aus Sicht des Autors die arthroskopische Versorgung mittels coracoclaviculärer Refixation die derzeit optimale Therapie für die Versorgung instabiler laterale Klavikulafrakturen inkl. etwaiger Begleitverletzung darstellt.

6.6 Biomechanische Aspekte der operativen Therapie

Von einem biomechanischem Standpunkt betrachtet zeigen die verschiedenen derzeitigen Operationstechniken ähnliche Stabilität bezüglich des „load-to-failure“ [113]. Rieser et al zeigten 2013, die in dieser Arbeit durchgeführte Technik, jedoch als stabilste Variante [114]. Der durchgeführte Vergleich bezog sich jedoch nicht im Vergleich auf Hakenplattenosteosynthese oder ähnliche Verfahren weshalb diese biomechanische Studie bezüglich der Vergleichbarkeit nicht aussagekräftig erscheint. Auch Alae et al. konnten 2017

in ihrer biomechanischen Arbeit keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Stabilität aufzeigen wobei auch hier kein Vergleich mit der Hakenplatte erfolgte [115]. Ähnliche Ergebnisse präsentierten auch Garlich et al. (2020). Deren Vergleich zwischen Hakenplattenosteosynthese, orthogonal angebrachter Doppel-Plattenosteosynthese (DP) und superiorer Plattenosteosynthese inkl. coracoclaviculärer Refixation ergab bezüglich der anterioren Rigidität die höchste Stabilität in der DP-Technik [116].

6.7 Irritation durch Material

Die als nachteilig zu wertenden Beschwerden der älteren DogBone™ Technik mit Irritation durch die „Dochtbildung“ des Fadens im subfaszialen/subkutanen Gewebe führte zur Hypothesenbildung dieser Arbeit. Die notwendige Knotenapplikation von mindestens 7 Halbschlägen ist biomechanisch belegt (White Paper Arthrex) und ein weniger häufiges Knüpfen könnte zu einer Lockerung und somit Versagen des Konstruktes führen. Von einer solchen Irritation waren insgesamt 19 Patienten betroffen die mittels der ersten DogBone™ Generation (Gruppe 1) sowie 1 Patient der mittels des knotenlosen Systems (Gruppe 2) versorgt wurden. Es konnte somit ein signifikanter Unterschied ($p=,004$) bezüglich der Irritation nachgewiesen werden. Die Nullhypothese (H_0) wurde angenommen und die knotenlose Technik ist der verknoteten Technik bezüglich der Irritation überlegen. Die Differenzierung zwischen Irritation durch Platte respektive dem eingebrachten DogBone™ Button (und des Fadens) ist weiterhin nicht gänzlich zu bewerkstelligen. Allerdings deuten die Daten darauf hin, dass aufgrund der hohen Irritationsrate in Gruppe 1 (verknotete Technik) und nur 1 Irritation in Gruppe 2 (Knotenlose Technik) die Irritation hauptsächlich auf den Faden zurückzuführen ist. Aus diesem Grund ist die neuere Technik mit dem knotenlosen Verfahren der älteren Technik gegenüber zu favorisieren. Die Unterscheidung ob die eingebrachte Platte respektive der Fiberwire-Faden für die Irritation verantwortlich ist kann somit nicht mit letzter Sicherheit beantwortet werden. Die Daten bezüglich der

gewünschten Materialentfernungsrate legen jedoch den Schluss nahe, dass die verknotete Technik diesbezüglich verantwortlich ist.

6.8 Osteosynthesematerialentfernung

Die Re-Frakturrate nach operativer Versorgung und Materialentfernung wird in der Literatur mit bis zu 7,2% angegeben [117]. Große Registerstudien bzw. prospektiv vergleichende Studien fehlen allerdings bis dato. Ein systematischer Review von Robertson et al. zeigte jedoch nach konservativer Therapie Re-Frakturaten von 0 bis zu 57% wobei sich der Großteil der Frakturen hier auf den Klavikulaschaft (mittleres 1/3) bezog [118].

In einer vorangehenden Arbeit aus dieser Arbeitsgruppe wurde die Dauer bis zur Konsolidierung inkl. dem funktionellen Outcome von Patienten nach operativer Versorgung von Klavikulaschaftfrakturen ermittelt. Hier konnte eine notwendige Dauer von mindestens $16 \pm 6,1$ Monaten ermittelt werden um das Risiko einer möglichen Re-Fraktur zu reduzieren [63]. Basierend auf diesen Daten und aus der klinischen Erfahrung werden Patienten im Klinikum rechts der Isar darüber aufgeklärt das eingebrachte Osteosynthesematerial frühestens 18 Monate postoperativ entfernen zu lassen. Im Falle des Wunsches des Patienten das Osteosynthesematerial frühzeitig entfernen zu lassen wurde dies im Sinne einer frühelektiven Materialentfernung auf Patientenwunsch durchgeführt.

Insgesamt erfolgte die Osteosynthesematerialentfernung in 20 Patienten wobei der häufigste Grund für den Wunsch der Entfernung die Irritation war ($n=10$). Die Dauer bis zur Entfernung betrug $18,8 \pm 10,6$ Monate. Es wurden keine Komplikationen wie Re-Frakturen oder Infektionen ermittelt und auch keine Materialentfernung aus diesen Gründen durchgeführt. Aufgrund der relativ kleinen Kohorte in welcher diese Dauer ermittelt wurde, wurden Patienten nach Materialentfernung angehalten keine Kontaktsportarten für ein Minimum von 6 Wochen auszuüben. Die Zahl der Materialentfernungen im Bereich des Klavikulaschaftes (mittleres 1/3) wird auch in der Literatur hoch angegeben jedoch mitunter

aufgrund von Infektionen oder Materialbrüchen u.a. Gründen [119]. Bezüglich der lateralen Klavikula hingegen ist diese Zahl geringer [96] und es gilt zwischen Komplikation und Wunsch des Patienten zu unterscheiden. Aus diesem Grund wurde im MSQ in dieser Arbeit auch speziell auf ein Subitem geachtet („Grübeln über eingebrachtes Osteosynthesematerial“) welches sich aus der klinischen Erfahrung heraus häufig als Grund oder Mitgrund für eine Materialentfernung zeigt. Die ermittelte Anzahl an Materialentfernungen (14 / 29 (48,3%) in Gruppe 1 sowie 6 / 17 (35,3%) in Gruppe 2) im Vergleich ergab keine statistisch signifikanten Ergebnisse im Vergleich beider Gruppen. Kritisch hinterfragt bleibt somit weiterhin der Schluss offen, ob die neuere Technik bezüglich der Materialentfernungsrate der älteren (verknötete Technik) überlegen ist. Dies kann mit den erhobenen Daten nicht mit Sicherheit bestätigt werden. Aufgrund der jedoch deutlich höheren Irritationsrate in Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2 ist jedoch davon auszugehen, dass diese aufgrund des verknöteten Fadens auftrat und dies mittels der neueren Technik somit verhindert werden kann. Eine Einschränkung aufgrund von Grübeln bzw. Sorgen um die operativ versorgte Schulter (MSQ Item 30) gaben insgesamt 16 Patienten an was sich auch mit bereits erfolgten Voruntersuchungen deckt [63]. Dieser Faktor zeigt sich vermehrt bei Patienten die eine Materialentfernung wünschen. Eine vermehrt eingeschränkte sportliche Aktivität konnte für diesen Faktor sowie in diesen Patienten nicht ermittelt werden. Auch wenn keine Irritation oder Schmerzen vorliegen wird das Gefühl einen „Fremdkörper“ in sich zu tragen häufig als störend empfunden. Die Irritation durch den eingebrachten Dog-Bone™ Button bzw. des verknöteten Fadens oder der Platte kann aus der klinischen Erfahrung heraus nur schwer unterschieden werden. Eine Analyse bezüglich der durch Irritation gewünschten Materialentfernungen wurde oben dargestellt. Aufgrund der geringeren Anzahl an Patienten die eine Materialentfernung wünschten in Gruppe 2 (knotenlose Technik) lässt jedoch den Rückschluss nahe, dass diese Technik der verknöteten Technik ebenfalls überlegen ist. Ob es hierunter zu einer signifikanten Senkung von Materialentfernungen kommen kann wird

derzeit in einer weiteren Studie ermittelt. Im Vergleich zeigt sich auch ein deutlicher Unterschied mit Bezug auf den Wunsch von Materialentfernung was die USA und Europa betrifft. Lediglich 2/19 (10,5%) Patienten wünschten gemäß der Studie von Fleming et al eine Materialentfernung wohingegen 20/46 (43,5%) in dieser durchgeführten Arbeit eine Materialentfernung wünschten [120].

6.9 Funktionelles Outcome und Sport nach lateraler Klavikulafraktur

In der Literatur finden sich bis dato nur verhältnismäßig wenige Einträge bezüglich des RTS nach Klavikulafrakturen verglichen mit ihrer Prävalenz (Stand PubMed Februar 2021: n=62) [121, 122]. Ziel dieser Arbeit war es einen Überblick zu gewinnen wie hoch der Prozentsatz an sportlich aktiven Patienten prä und postoperativ war. Aufgrund der nur wenige Studien bemessenden Literatur im Hinblick auf den RTS nach lateraler Klavikulafraktur (Stand PubMed Februar 2021; n=5) und operativer Versorgung selbiger, wurde ein Schenkel der eingeschlossenen Patienten dieser Arbeit mittels eines RTS- Fragebogen interviewt.

Nur wenige Studien in der Literatur differenzieren ferner exakt bezüglich der durchgeführten Technik und auch bezüglich des angewandten RTS- Fragebogens [121]. Die Suche nach operativer Versorgung von instabilen lateralen Klavikulafrakturen und RTS ergab nur zwei Studien wobei eine ein Systematischer Review bei Klavikulaschaftfrakturen darstellt [120, 121]. In dieser genannten Arbeit wurde ein durchschnittliches Follow up von 25 Monaten in 19 Patienten ermittelt. Der RTS und das funktionelle Outcome (Oxford Shoulder Score) wurden monatlich evaluiert. Ferner erfolgten Telefoninterviews nach 7 und 25 Monate postoperativ. Die Autoren gaben eine vollständige knöcherne Konsolidierung nach durchschnittlich 4 Monaten an [120]. Die häufigen funktionellen Nachkontrollen mittels Oxford Shoulder Score oder ähnlichen Scores ist bei professionell Sporttreibenden ein wichtiger Faktor um einen möglichst frühzeitigen RTS zu ermöglichen. Keiner der in diese Studie eingeschlossenen Patienten war Profiathlet weshalb die Scores einmalig 1 Jahr

postoperativ erhoben wurden, da hier von einer vollständigen Ausheilung der Fraktur auszugehen ist und die muskuläre Situation bereits wieder der vor Trauma entsprechen sollte. Die funktionellen Scores der durchgeführten Studie ergaben gute bis exzellente Ergebnisse nach operativer Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese und arthroskopisch assistierter coracoclaviculärer Refixation. Es wurden bereits lange etablierte Scores wie der ASES [84], Constant-Murley Score [87], DASH [85] und SPADI [86] sowie der MSQ [83] herangezogen um etwaige Einschränkungen oder Defizite darzustellen.

Die funktionellen Scores aller 46 Patienten ergab zusammengefasst ein sehr erfreuliches Bild. Der ASES Score ergab ein exzellentes Ergebnis mit einem Gesamtscore von $94,7 \pm 9,8$.

Verglichen mit Daten der Hakenplattenosteosynthese aus der Literatur welche ein zufriedenstellendes Ergebnis lieferten, zeigt sich die durchgeführte Technik somit deutlich überlegen [57]. Der Constant Score, wies mit $85,1 \pm 8,1$ ein gutes Ergebnis auf. Sautet et al konnten mit derselben Technik einen vergleichbar hohen Score erzielen, dies jedoch in einer kleinen Kohorte von 14 Patienten [96]. Der DASH ergab im Mittel einen Wert von $5,5 \pm 8,4$ und zeigte somit wenig Einschränkungen im Alltag verglichen zu einer vorangehenden Arbeit aus dieser Arbeitsgruppe auch mit besseren Abschneiden zu damaligen Ergebnissen ($7,6 \pm 7,3$) [31]. Dasselbe gilt für den MSQ der mit durchschnittlich $90,9 \pm 7,2$ ein sehr gutes Ergebnis darstellt (im Vergleich zu $87,0 \pm 7,4$) und den SPADI welcher mit $96,1 \pm 5,7$ ein exzellentes Ergebnis und eine Verbesserung zur einer früheren Kohorte aufwies $91,1 \pm 11,3$ [31].

Es wurden alle 46 Patienten bezüglich der sportlichen Aktivität prä und postoperativ interviewt. 33 Patienten gaben prä sowie auch postoperativ an sportlich aktiv gewesen zu sein. Insgesamt 7 / 46 (15,2%) Patienten gaben an 12 Monate postoperativ unter einer leichten Einschränkung im Vergleich zum präoperativen sportlichen Aktivitätsniveau zu haben. Eine Einschränkung 1 Jahr postoperativ, speziell bei noch einliegendem Material respektive sehr

aktiven Patienten, kann zu diesen Ergebnissen führen. Entsprechend der Auswertung zeigte sich, dass alle 3 / 7 Patienten einen Aktivitätslevel (gemäß RTS-Fragebogen) von 2 oder höher angaben. Die 4 restlichen Patienten gaben 0 (n=1) oder 1 (n=3) an. Die Skalierung im RTS- Fragebogen mit 0 = Freizeitsport bis 5 = Profisport ermöglichte eine gute Abschätzung welche Intensität vorlag. Für eine exaktere Auswertung wäre eine genauere Abgrenzung mit spezieller Nennung der häufig durchgeführten Intensitäten und Sportarten notwendig. Dies ist jedoch im Breitensport von untergeordneter Rolle weshalb diese Limitation nicht substantiell ist. Somit kann festgehalten werden das sich durch die OP per se keine Einschränkung des Sport / Aktivitätslevels ergibt und es eher zu einer Verlagerung der ausgeübten Sportart(-en) kommt. Die Einzelauswertung ergab in 1 Patienten eine postoperative Reduktion der vor der Operation durchgeführten Sportarten sowie eine Änderung der Sportarten in 3 weiteren Fällen.

Die H_1 wurde somit angenommen, da es zu keiner signifikanten Reduktion der Sportarten durch die arthroskopisch unterstützte operative Versorgung kam.

Der Vergleich der prä und postoperativ durchgeführten Sportarten wurde 1 Jahr postoperativ erhoben. Nach dieser Zeit ist im allgemeinen mit einer konsolidierten knöchernen Situation zu rechnen sowie sollten alltägliche Tätigkeiten, ohne vorliegender Komplikationen, ohne Einschränkung ausgeführt werden können [96, 123]. Die Patienten wurden angehalten die drei häufigsten Sportarten prä und postoperativ zu benennen. Bezüglich der präoperativ ausgeübten Sportarten zeigten sich keine signifikante Abnahme im Hinblick auf die Anzahl als auch auf die faktisch ausgeübten Sportarten.

Patienten die eine Sportart zum Zeitpunkt der Befragung aufgegeben hatten wurden bezüglich einer möglichen Einschränkung aufgrund der erfolgten Operation befragt. Hier gab ein Patient eine Reduktion im Fahrradfahren an aufgrund der Erschütterung welche ihm zu schaffen mache. In diesem Fall wurde eine Materialentfernung durchgeführt es konnte jedoch keine

weiteres Follow up zur Beurteilung einer Verbesserung erfolgen (Umzug des Patienten). Die Abnahme respektive die Veränderung der Sportarten waren nicht in allen Fällen auf eine Irritation oder Schmerzen zurückzuführen sondern auf veränderte Gewohnheiten. 1 Patient gab an postoperativ schwimmen als besonders hilfreich empfunden zu haben weshalb diese Sportart additiv hinzukam. Schwimmen an sich benötigt bekanntermaßen eine große Bewegungsfreiheit im Schultergelenk. In diesem Fall trat jedoch keine Irritation beim Schwimmen auf.

Da es sich bei keinem Patienten um einen professionellen Athleten handelte ist die Aktivität 1 Jahr postoperativ möglicherweise verfrüht abgefragt jedoch sollte nach diesem Zeitraum eine annähernd vergleichbare präoperative Situation bestehen.

6.10 Return to sports

Die RTS Befragung erfolgte an 20 konsekutiven Patienten und wurde unabhängig der angewandten Technik (verknötet vs. knotenlos) durchgeführt.

Das Gros der in der Medizin angewandten RTS Fragebögen beziehen sich auf die untere Extremität. Nach erfolgter Literaturrecherche wurde kein Fragebogen gefunden welcher den speziell gewünschten Inhalt wiedergab, weshalb ein eigener Fragebogen für diese Arbeit herangezogen wurde. Dieser Fragebogen besteht aus 24 Items und bildet die Einschränkung der oberen Extremität für die erfolgte Nachuntersuchung optimal ab (Addendum 1).

Der RTS ist ein zunehmend wichtiger Faktor welcher abhängig von der durchgeführten Therapie (konservativ vs. operativ) aber auch, im Falle einer Operation, der angewandten Technik ist. In einer Analyse von 32 National Football Spielern (USA) welche konservativ bezüglich ihrer Klavikulafraktur therapiert wurden zeigt sich ein 96,9% RTS innerhalb von $244,6 \pm 119,6$ Tagen [124]. 8 der Athleten kehrten in derselben Saison wieder zurück zum Sport. Eine Reduktion der Quantität an Spielen nach konservativer Therapie konnte lediglich bei Wide-Receivern ermittelt werden. Der durchschnittliche RTS erfolgte in dieser Arbeit

dargestellten operativen Versorgung nach 4,6 Monaten (3-9 Monate, entspricht durchschnittlich 138 Tagen) was einer kürzeren Zeit entspricht verglichen mit den zuvor genannten Ergebnissen nach konservativer Therapie. Bezüglich des funktionellen Outcomes konnten Jack et al. jedoch keine Unterschiede ermitteln [124]. Ähnliche Ergebnisse zeigte auch ein Review von Robertson et al bezüglich Klavikulaschaftfrakturen. Hier wurde ein durchschnittlicher RTS von 21,5 (12-78) Wochen für die konservative 9,4 (2-24) Wochen nach operativer Versorgung ermittelt [118]. Die zuvor diskutierte Arbeit von Fleming et al. zeigte vergleichbare Ergebnisse bezüglich des RTS sowie des funktionellen Outcomes im Vergleich zu hier dargestellten Ergebnissen [120]. Die kürzere Dauer bis zur Rückkehr zum Sport ist vorwiegend für professionelle Athleten von großer Bedeutung da diese ihren Lebensunterhalt dadurch bestreiten [118, 121]. Im Vergleich dazu war keiner der in dieser Arbeit eingeschlossenen Patienten ein professioneller Athlet es konnten jedoch vergleichbare RTS Raten sowie vergleichbare funktionelle Ergebnisse erzielt werden.

Hinsichtlich der Dauer der ausgeübten Sportarten kam es zu keiner signifikanten Reduktion. 15 Patienten gaben annähernd gleiche Quantitäten an wobei 2 Probanden weniger (-30min) und 3 Patienten länger (+30min) trainierten. Die Reduktion ergab sich in den genannten Fällen aus einer längeren Sportpause und die Zugewinne der Dauer auf längere Trainingseinheiten um wieder auf ein äquivalentes Niveau wie präoperativ zu kommen. Die Häufigkeit der durchgeführten Sportarten zeigte sich 17 Patienten unverändert, drei Patienten steigerten diese postoperativ von 1 auf 2-4 Einheiten. Die Intensität der durchgeführten Sportarten ergab eine Zu sowie Abnahme in jeweils 3 Fällen und somit ebenfalls keine signifikante Veränderung des präoperativ durchgeführten Sportlevels. Die in der Literatur angeführten Studien zeigen häufig Endresultate jedoch keinen Verlauf und auch keine exakten Auswertungen bezüglich der Reduktion bzw. in welchem Ausmaß diese tragend werden [121].

Der RTS zeigte bei allen 33 Patienten die präoperativ sportlich aktiv waren einen optimalen Wert von 100%. Dies inkludiert auch die 20 konsekutiven Patienten die mittels des RTS-Fragebogens interviewt wurden. Diese Zahlen korrelieren mit der einschlägigen Literatur in welcher ebenfalls hohe Raten (>90%) des RTS erhoben wurden [120, 121].

Aufgrund der Auswertung 1 Jahr postoperativ ist nicht auszuschließen das eine Wiederaufnahme von zwischenzeitlich aufgegeben Sportarten wieder erfolgt ist. Ferner ist aus der klinischen Erfahrung heraus anzunehmen, dass speziell junge Patienten im weiteren Verlauf eine Materialentfernung wünschen und im Anschluss eine Wiederaufnahme von sistierten Sportarten wieder möglich ist.

7. Limitationen

Limitation dieser Arbeit ist die relativ geringe Anzahl der eingeschlossenen Patienten. Ferner ist eine Unterscheidung der Irritation des eingebrachten Materials (Platte) vom Fadenmaterial nicht restlos zu klären. Der RTS wurde bei 20 konsekutiven Patienten als Pilot-Projekt durchgeführt. Hier wäre eine höhere Patientenzahl für zukünftige Studien wünschenswert. Die ungleichmäßige Verteilung der Patienten in Gruppe 1 und Gruppe 2 ist auf die ausführlichere Nachuntersuchung (RTS Fragebogen) zurückzuführen. Eine homogenere Verteilung der Patienten wäre notwendig. Die weitere Nachuntersuchung 2 Jahre postoperativ respektive nach Materialentfernung hätte eine mögliche weitere Verbesserung gezeigt weshalb diese Limitationen für zukünftige Studien in unserer Arbeitsgruppe vermerkt wurden. Die subjektive Kraftminderung wird zukünftig durch eine objektivierbare Messung ersetzt. Da jedoch eine Untersuchung der Kraft nach stattgehabtem Trauma (Fraktur) mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits mit einer Kraftminderung einhergeht ist diese Messung für diese Untersuchung vernachlässigbar.

8. Conclusio

Die durchgeführte Analyse ergab gute bis exzellente postoperative klinisch und funktionelle Resultate nach winkelstabiler Plattenosteosynthese und arthroskopisch assistierter coracoclaviculärer Refixation. Es ergab sich nur eine marginale Einschränkung im Bewegungsausmaß (Innenrotation) welche am ehesten auf die arthroskopische Komponente der Präparation des Proc. coracoideus zurückgeführt wird. Im Vergleich zu Ergebnissen aus früheren Studien dieser Arbeitsgruppe kann eine gewisse Lernkurve der hier dargestellten Technik ausgemacht werden.

Ferner konnte eine 100% Rate des RTS bei 33 operativ versorgten Patienten ermittelt werden. Insgesamt betrieben alle Patienten die präoperative Sport ausübten auch postoperativ Sport. Das knotenlose Verfahren zeigte durchschnittlich ein besseres Ergebnis bezüglich der Patientenzufriedenheit (Schmerz, Irritation, Einschränkung im Alltag) als die verknotete Technik weshalb diese zu favorisieren ist.

9. Referenzen

- [1] P. de Souza Junior *et al.*, "Clavicle in Carnivorans: A Forgotten Bone," *Anat Rec (Hoboken)*, Oct 21 2019.
- [2] M. Schünke, E. Schulte, U. Schumacher, M. Voll, and K. Wesker, *Prometheus - LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*, 5., vollständig überarbeitete Auflage ed. pp. 1 Online-Ressource.
- [3] J. A. Ogden, G. J. Conlogue, and M. L. Bronson, "Radiology of postnatal skeletal development. III. The clavicle," *Skeletal Radiol*, vol. 4, no. 4, pp. 196-203, 1979.
- [4] P. R. King, S. Scheepers, and A. Ikram, "Anatomy of the clavicle and its medullary canal: a computed tomography study," *Eur J Orthop Surg Traumatol*, vol. 24, no. 1, pp. 37-42, Jan 2014.
- [5] A. Rehm, P. Promod, and A. Ogilvy-Stuart, "Neonatal birth fractures: a retrospective tertiary maternity hospital review," *J Obstet Gynaecol*, pp. 1-6, Sep 3 2019.
- [6] T. T. Huttunen, A. P. Launonen, H. E. Berg, V. Lepola, L. Fellander-Tsai, and V. M. Mattila, "Trends in the Incidence of Clavicle Fractures and Surgical Repair in Sweden: 2001-2012," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 98, no. 21, pp. 1837-1842, Nov 2 2016.
- [7] E. Karahanoglu *et al.*, "Risk factors for clavicle fracture concurrent with brachial plexus injury," *Arch Gynecol Obstet*, vol. 293, no. 4, pp. 783-7, Apr 2016.
- [8] T. W. Todd, D'Ericco Joseph Jr., "The clavicular epiphyses," *Am J Anat*, 1928.
- [9] I. Marzi and S. Rose, S. Verlag, Ed. *Kindertraumatologie*, 3. Auflage ed. Springer Verlag, 2016, p. 570 Seiten.
- [10] P. H. McCarthy and A. K. Wood, "Anatomic and radiologic observations of the clavicle of adult dogs," *Am J Vet Res*, vol. 49, no. 6, pp. 956-9, Jun 1988.
- [11] R. Krishnan, N. Bjorsell, E. M. Gutierrez-Farewik, and C. Smith, "A survey of human shoulder functional kinematic representations," *Med Biol Eng Comput*, vol. 57, no. 2, pp. 339-367, Feb 2019.
- [12] D. Haering, M. Raison, and M. Begon, "Measurement and description of three-dimensional shoulder range of motion with degrees of freedom interactions," *J Biomech Eng*, vol. 136, no. 8, Aug 2014.
- [13] C. S. Neer, 2nd, "Fracture of the distal clavicle with detachment of the coracoclavicular ligaments in adults," *J Trauma*, vol. 3, pp. 99-110, Mar 1963.
- [14] M. A. Zumstein *et al.*, "New quantitative radiographic parameters for vertical and horizontal instability in acromioclavicular joint dislocations," *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, vol. 26, no. 1, pp. 125-135, Jan 2018.

- [15] Y. S. Yoo *et al.*, "A biomechanical analysis of the native coracoclavicular ligaments and their influence on a new reconstruction using a coracoid tunnel and free tendon graft," *Arthroscopy*, vol. 26, no. 9, pp. 1153-61, Sep 2010.
- [16] M. Wurm, M. Beirer, P. Biberthaler, and C. Kirchhoff, "[Clavicular fractures : Diagnostics, management and treatment]," *Unfallchirurg*, vol. 121, no. 12, pp. 983-998, Dec 2018. Klavikulafrakturen : Diagnostik, Management und Therapie.
- [17] F. Postacchini, S. Gumina, P. De Santis, and F. Albo, "Epidemiology of clavicle fractures," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 11, no. 5, pp. 452-6, Sep-Oct 2002.
- [18] A. Nordqvist and C. Petersson, "The incidence of fractures of the clavicle," *Clin Orthop Relat Res*, no. 300, pp. 127-32, Mar 1994.
- [19] C. Kihlstrom, M. Moller, K. Lonn, and O. Wolf, "Clavicle fractures: epidemiology, classification and treatment of 2 422 fractures in the Swedish Fracture Register; an observational study," *BMC Musculoskelet Disord*, vol. 18, no. 1, p. 82, Feb 15 2017.
- [20] C. M. Robinson, "Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification," *J Bone Joint Surg Br*, vol. 80, no. 3, pp. 476-84, May 1998.
- [21] T. Throckmorton and J. E. Kuhn, "Fractures of the medial end of the clavicle," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 16, no. 1, pp. 49-54, Jan-Feb 2007.
- [22] M. Herteleer, T. Winckelmans, H. Hoekstra, and S. Nijs, "Epidemiology of clavicle fractures in a level 1 trauma center in Belgium," *Eur J Trauma Emerg Surg*, Oct 13 2017.
- [23] J. Nowak, H. Mallmin, and S. Larsson, "The aetiology and epidemiology of clavicular fractures. A prospective study during a two-year period in Uppsala, Sweden," *Injury*, vol. 31, no. 5, pp. 353-8, Jun 2000.
- [24] G. Schiffer, C. Faymonville, E. Skouras, J. Andermahr, and A. Jubel, "Midclavicular fracture: not just a trivial injury: current treatment options," *Dtsch Arztebl Int*, vol. 107, no. 41, pp. 711-7, Oct 2010.
- [25] A. Salipas, L. A. Kimmel, E. R. Edwards, S. Rakhra, and A. K. Moaveni, "Natural history of medial clavicle fractures," *Injury*, vol. 47, no. 10, pp. 2235-2239, Oct 2016.
- [26] B. Ockert, E. Wiedemann, and F. Haasters, "[Distal clavicle fractures. Classifications and management]," *Unfallchirurg*, vol. 118, no. 5, pp. 397-406, May 2015. Laterale Klavikulafraktur. Klassifikationen und Therapieoptionen.
- [27] M. Jager and S. Breitner, "[Therapy related classification of lateral clavicular fracture]," *Unfallheilkunde*, vol. 87, no. 11, pp. 467-73, Nov 1984. Therapiebezogene Klassifikation der lateralen Claviculafraktur.

- [28] G. Seppel, A. Lenich, and A. B. Imhoff, "[Distal clavicle fracture]," *Oper Orthop Traumatol*, vol. 26, no. 3, pp. 254-62, Jun 2014. Die laterale Klavikulafraktur.
- [29] B. Schliemann, Breiter S., Theisen C., et al., "Die laterale Klavikulafraktur – Grundlagen, OP-Indikationen, Versorgungstechniken," *Obere Extremität*, vol. 03/2014, 2014.
- [30] J. C. Yoo, N. H. Choi, S. Y. Kim, and T. K. Lim, "Distal clavicle tunnel widening after coracoclavicular ligament reconstruction with semitendinous tendon: a case report," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 15, no. 2, pp. 256-9, Mar-Apr 2006.
- [31] M. Beirer *et al.*, "Clinical and radiological outcome following treatment of displaced lateral clavicle fractures using a locking compression plate with lateral extension: a prospective study," *BMC Musculoskelet Disord*, vol. 15, p. 380, Nov 19 2014.
- [32] C. A. Rockwood and D. P. Green, *Rockwood and Green's fractures in adults / edited by Charles A. Rockwood, Jr. ... [et al.] ; with 58 contributors*, 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1996.
- [33] M. Schünke, E. Schulte, U. Schumacher, M. Voll, and K. Wesker, *Prometheus Lernatlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*, 5., vollständig überarbeitete Auflage ed. pp. 1 Online-Ressource.
- [34] O. M. Alexander, "Radiography of the acromioclavicular articulation," *Med Radiogr Photogr*, vol. 30, no. 2, pp. 34-9, 1954.
- [35] P. Zanca, "Shoulder pain: involvement of the acromioclavicular joint. (Analysis of 1,000 cases)," *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*, vol. 112, no. 3, pp. 493-506, Jul 1971.
- [36] O. M. Alexander, "Dislocation of the acromioclavicular joint," *Radiography*, vol. 15, no. 179, pp. 260, illust, Nov 1949.
- [37] P. Boileau, O. Gastaud, A. Wilson, C. Trojani, and N. Bronsard, "All-Arthroscopic Reconstruction of Severe Chronic Acromioclavicular Joint Dislocations," *Arthroscopy*, vol. 35, no. 5, pp. 1324-1335, May 2019.
- [38] C. Kirchhoff, I. J. Banke, M. Beirer, A. B. Imhoff, and P. Biberthaler, "[Operative management of clavicular non-union : Iliac crest bone graft and anatomic locking compression plate]," *Oper Orthop Traumatol*, vol. 25, no. 5, pp. 483-98, Oct 2013. Operative Therapie der Klavikulapseudarthrose : Beckenkammaugmentation und anatomische winkelstabile Platte.
- [39] M. Faruch Bilfeld, F. Lapegue, H. Chiavassa Gandois, M. A. Bayol, N. Bonneville, and N. Sans, "Ultrasound of the coracoclavicular ligaments in the acute phase of an

- acromioclavicular disjunction: Comparison of radiographic, ultrasound and MRI findings," *Eur Radiol*, vol. 27, no. 2, pp. 483-490, Feb 2017.
- [40] M. Beirer *et al.*, "Concomitant intra-articular glenohumeral injuries in displaced fractures of the lateral clavicle," *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, vol. 25, no. 10, pp. 3237-3241, Oct 2017.
- [41] S. Pauly, N. Kraus, S. Greiner, and M. Scheibel, "Prevalence and pattern of glenohumeral injuries among acute high-grade acromioclavicular joint instabilities," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 22, no. 6, pp. 760-6, Jun 2013.
- [42] C. A. Rockwood, D. P. Green, and R. W. Bucholz, *Rockwood and Green's fractures in adults*, 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- [43] T. Brandel, "[A modified leather bandage for therapy of dislocated clavicle fractures]," *Munch Med Wochenschr*, vol. 101, p. 1916, Oct 23 1959.
- [44] F. L. Allman, Jr., "Fractures and ligamentous injuries of the clavicle and its articulation," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 49, no. 4, pp. 774-84, Jun 1967.
- [45] T. Lisai, "[Couteaud's method in the treatment of fractures of the clavicle]," *G Med Mil*, vol. 109, pp. 465-80, Sep-Oct 1959.
- [46] T. W. Cook, "Reduction and external fixation of fracture of the clavicle in recumbency," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 36-A, no. 4, pp. 878-9, Jul 1954.
- [47] J. S. Batchelor, "Splint for fractured clavicle and acromioclavicular dislocation," *Lancet*, vol. 2, no. 6480, p. 690, Nov 8 1947.
- [48] L. De Negri, "[Treatment of fracture of the clavicle with Bohler's splint]," *Pathologica*, vol. 46, no. 723-724, pp. 359-65, Nov-Dec 1954. *Trattamento delle fratture della clavicola con ferula di Bohler.*
- [49] H. A. Royster, "The Barrel-Staff Splint in Fracture of the Clavicle," *Ann Surg*, vol. 70, no. 4, pp. 474-5, Oct 1919.
- [50] C. S. Neer, 2nd, "Fractures of the distal third of the clavicle," *Clin Orthop Relat Res*, vol. 58, pp. 43-50, May-Jun 1968.
- [51] C. S. Neer, 2nd, "Nonunion of the clavicle," *J Am Med Assoc*, vol. 172, pp. 1006-11, Mar 5 1960.
- [52] L. Fregnani, "[Percutaneous nailing in the treatment of lateral fractures of the clavicle]," *Chir Organi Mov*, vol. 56, no. 5, pp. 376-82, 1968. *L'infibulamento percutaneo nel trattamento delle fratture laterali di clavicola.*

- [53] G. Macheras, K. T. Kateros, O. D. Savvidou, J. Sofianos, E. A. Fawzy, and P. J. Papageopoulos, "Coracoclavicular screw fixation for unstable distal clavicle fractures," *Orthopedics*, vol. 28, no. 7, pp. 693-6, Jul 2005.
- [54] J. E. Scadden and R. Richards, "Intramedullary fixation of Neer type 2 fractures of the distal clavicle with an AO/ASIF screw," *Injury*, vol. 36, no. 10, pp. 1172-5, Oct 2005.
- [55] F. A. Lyons and C. A. Rockwood, Jr., "Migration of pins used in operations on the shoulder," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 72, no. 8, pp. 1262-7, Sep 1990.
- [56] K. Schmittinger and A. Sikorski, "[Experiences with the Balsler plate in dislocations of the acromioclavicular joint and lateral fractures of the clavicle]," *Aktuelle Traumatol*, vol. 13, no. 5, pp. 190-3, Oct 1983. Erfahrungen mit der Balsler-Platte bei Sprengung des Akromioklavikulargelenkes und lateralen Klavikulafrakturen.
- [57] W. Lee, C. H. Choi, Y. R. Choi, K. H. Lim, and Y. M. Chun, "Clavicle hook plate fixation for distal-third clavicle fracture (Neer type II): comparison of clinical and radiologic outcomes between Neer types IIA and IIB," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 26, no. 7, pp. 1210-1215, Jul 2017.
- [58] H. W. Yan *et al.*, "Clinical efficacies of coracoclavicular ligament reconstruction using suture anchor versus hook plate in the treatment of distal clavicle fracture," *Orthop Traumatol Surg Res*, vol. 103, no. 8, pp. 1287-1293, Dec 2017.
- [59] A. D. Tambe, P. Motkur, A. Qamar, S. Drew, and S. M. Turner, "Fractures of the distal third of the clavicle treated by hook plating," *Int Orthop*, vol. 30, no. 1, pp. 7-10, Feb 2006.
- [60] A. Eschler, G. Gradl, P. Gierer, T. Mittlmeier, and M. Beck, "Hook plate fixation for acromioclavicular joint separations restores coracoclavicular distance more accurately than PDS augmentation, however presents with a high rate of acromial osteolysis," *Arch Orthop Trauma Surg*, vol. 132, no. 1, pp. 33-9, Jan 2012.
- [61] K. Beitzel *et al.*, "Current concepts in the treatment of acromioclavicular joint dislocations," *Arthroscopy*, vol. 29, no. 2, pp. 387-97, Feb 2013.
- [62] C. J. Petersson, "Resection of the lateral end of the clavicle. A 3 to 30-year follow-up," *Acta Orthop Scand*, vol. 54, no. 6, pp. 904-7, Dec 1983.
- [63] M. Wurm *et al.*, "Does implant removal of superior clavicle plate osteosynthesis affect the functional outcome: a prospective trial," *Arch Orthop Trauma Surg*, Nov 1 2020.
- [64] J. M. Bornebusch L., Maier D., Izadpanah K., Südkamp N., "Konservative und operative Therapie der Klavikulaschaftfrakturen," *Trauma und Berufskrankheit*, vol. 14, no. Supplement 1, pp. 3-11, 2011.

- [65] A. Ersen, A. C. Atalar, F. Birisik, Y. Saglam, and M. Demirhan, "Comparison of simple arm sling and figure of eight clavicular bandage for midshaft clavicular fractures: a randomised controlled study," *Bone Joint J*, vol. 97-B, no. 11, pp. 1562-5, Nov 2015.
- [66] K. Andersen, P. O. Jensen, and J. Lauritzen, "Treatment of clavicular fractures. Figure-of-eight bandage versus a simple sling," *Acta Orthop Scand*, vol. 58, no. 1, pp. 71-4, Feb 1987.
- [67] H. F. Fuglesang, G. B. Flugsrud, P. H. Randsborg, K. Stavem, and S. E. Utvag, "Radiological and functional outcomes 2.7 years following conservatively treated completely displaced midshaft clavicle fractures," *Arch Orthop Trauma Surg*, vol. 136, no. 1, pp. 17-25, Jan 2016.
- [68] S. A. Altamimi, M. D. McKee, and S. Canadian Orthopaedic Trauma, "Nonoperative treatment compared with plate fixation of displaced midshaft clavicular fractures. Surgical technique," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 90 Suppl 2 Pt 1, pp. 1-8, Mar 2008.
- [69] Y. M. Jeon, B. S. Ko, and J. W. Park, "Distal clavicle fracture treated with a titanium elastic nail (TEN)," *Trauma Case Rep*, vol. 19, pp. 11-14, Feb 2019.
- [70] E. K. Folwaczny, D. Yakisan, and K. M. Sturmer, "[The Balser plate with ligament suture. A dependable method of stabilizing the acromioclavicular joint]," *Unfallchirurg*, vol. 103, no. 9, pp. 731-40, Sep 2000. Die Balser-Platte mit Bandnaht. Eine zuverlässige Stabilisierungsmethode des Akromioklavikulargelenks.
- [71] P. Broos, D. Stoffelen, K. Van de Sijpe, and I. Fourneau, "[Surgical management of complete Tossy III acromioclavicular joint dislocation with the Bosworth screw or the Wolter plate. A critical evaluation]," *Unfallchirurgie*, vol. 23, no. 4, pp. 153-9; discussion 160, Aug 1997. Operative Versorgung der vollständigen AC-Luxation Tossy III mit der Bosworth-Schraube oder der Wolter-Platte. Eine Kritische Betrachtung.
- [72] S. Lazarides and G. Zafirooulos, "Conservative treatment of fractures at the middle third of the clavicle: the relevance of shortening and clinical outcome," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 15, no. 2, pp. 191-4, Mar-Apr 2006.
- [73] C. Pasapula, V. Mandalia, and N. Aslam, "The floating shoulder," *Acta Orthop Belg*, vol. 70, no. 5, pp. 393-400, Oct 2004.
- [74] A. van Noort and C. van der Werken, "The floating shoulder," *Injury*, vol. 37, no. 3, pp. 218-27, Mar 2006.
- [75] L. Labler, A. Platz, D. Weishaupt, and O. Trentz, "Clinical and functional results after floating shoulder injuries," *J Trauma*, vol. 57, no. 3, pp. 595-602, Sep 2004.

- [76] S. G. Edwards, A. P. Whittle, and G. W. Wood, 2nd, "Nonoperative treatment of ipsilateral fractures of the scapula and clavicle," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 82, no. 6, pp. 774-80, Jun 2000.
- [77] A. K. Gilde, M. F. Hoffmann, D. L. Sietsema, and C. B. Jones, "Functional outcomes of operative fixation of clavicle fractures in patients with floating shoulder girdle injuries," *J Orthop Traumatol*, vol. 16, no. 3, pp. 221-7, Sep 2015.
- [78] V. Yadav *et al.*, "A prospective study comparing conservative with operative treatment in patients with a 'floating shoulder' including assessment of the prognostic value of the glenopolar angle," *Bone Joint J*, vol. 95-B, no. 6, pp. 815-9, Jun 2013.
- [79] Y. Lopiz, P. Checa, C. Garcia-Fernandez, J. Valle, M. L. Vega, and F. Marco, "Complications with the clavicle hook plate after fixation of Neer type II clavicle fractures," *Int Orthop*, vol. 43, no. 7, pp. 1701-1708, Jul 2019.
- [80] W. Kaiser, G. Ziemer, and H. Heymann, "[Treatment of acromioclavicular dislocations with the Balsler hook plate and ligament suture]," *Chirurg*, vol. 55, no. 11, pp. 721-4, Nov 1984. Behandlung von acromioclavicularen Luxationen mit der Hakenplatte nach Balsler und Bandnaht.
- [81] M. A. Meeuwis, A. F. Pull Ter Gunne, M. H. Verhofstad, and F. H. van der Heijden, "Construct failure after open reduction and plate fixation of displaced midshaft clavicular fractures," *Injury*, vol. 48, no. 3, pp. 715-719, Mar 2017.
- [82] D. G. f. Unfallchirurgie. (2018). *Implantatentfernung nach Osteosynthese*. Available: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-004l_S1_Implantatentfernung-nach-Osteosynthese_2018-08.pdf
- [83] F. Schmidutz, M. Beirer, V. Braunstein, V. Bogner, E. Wiedemann, and P. Biberthaler, "The Munich Shoulder Questionnaire (MSQ): development and validation of an effective patient-reported tool for outcome measurement and patient safety in shoulder surgery," *Patient Saf Surg*, vol. 6, no. 1, p. 9, May 18 2012.
- [84] L. A. Michener, P. W. McClure, and B. J. Sennett, "American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Assessment Form, patient self-report section: reliability, validity, and responsiveness," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 11, no. 6, pp. 587-94, Nov-Dec 2002.
- [85] P. L. Hudak, P. C. Amadio, and C. Bombardier, "Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG)," *Am J Ind Med*, vol. 29, no. 6, pp. 602-8, Jun 1996.

- [86] K. E. Roach, E. Budiman-Mak, N. Songsiridej, and Y. Lertratanakul, "Development of a shoulder pain and disability index," *Arthritis Care Res*, vol. 4, no. 4, pp. 143-9, Dec 1991.
- [87] C. R. Constant and A. H. Murley, "A clinical method of functional assessment of the shoulder," *Clin Orthop Relat Res*, no. 214, pp. 160-4, Jan 1987.
- [88] J. Bohme, A. Bonk, G. O. Bacher, A. Wilharm, R. Hoffmann, and C. Josten, "[Current treatment concepts for mid-shaft fractures of the clavicle - results of a prospective multicentre study]," *Z Orthop Unfall*, vol. 149, no. 1, pp. 68-76, Jan 2011. Aktuelle Behandlungskonzepte der Klavikulaschaftfraktur - Ergebnisse einer prospektiven Multicenterstudie.
- [89] I. R. Murray, C. J. Foster, A. Eros, and C. M. Robinson, "Risk factors for nonunion after nonoperative treatment of displaced midshaft fractures of the clavicle," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 95, no. 13, pp. 1153-8, Jul 3 2013.
- [90] A. Nordqvist, C. Petersson, and I. Redlund-Johnell, "The natural course of lateral clavicle fracture. 15 (11-21) year follow-up of 110 cases," *Acta Orthop Scand*, vol. 64, no. 1, pp. 87-91, Feb 1993.
- [91] C. H. Cho *et al.*, "The Interrater and Intrarater Agreement of a Modified Neer Classification System and Associated Treatment Choice for Lateral Clavicle Fractures," *Am J Sports Med*, vol. 43, no. 10, pp. 2431-6, Oct 2015.
- [92] J. Y. Bishop, G. L. Jones, B. Lewis, A. Pedroza, and M. S. Group, "Intra- and interobserver agreement in the classification and treatment of distal third clavicle fractures," *Am J Sports Med*, vol. 43, no. 4, pp. 979-84, Apr 2015.
- [93] S. T. Lancaster, T. N. Grove, and D. A. Woods, "Management of post-traumatic stiffness of the shoulder following upper limb trauma with manipulation under anaesthetic," *Shoulder Elbow*, vol. 9, no. 4, pp. 258-265, Oct 2017.
- [94] E. Itoi and International Society of Arthroscopy Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine, *Shoulder stiffness : current concepts and concerns*. International Society of Arthroscopy
, 2015, pp. xi, 241 pages.
- [95] S. A. Stegeman, H. Nacak, K. H. Huvenaars, T. Stijnen, P. Krijnen, and I. B. Schipper, "Surgical treatment of Neer type-II fractures of the distal clavicle: a meta-analysis," *Acta Orthop*, vol. 84, no. 2, pp. 184-90, Apr 2013.
- [96] P. Sautet, A. Galland, S. Airaudi, J. N. Argenson, and R. Gravier, "Arthroscopy-assisted fixation of fracture of the distal part of the clavicle by subcoracoid suture and clavicle button," *Orthop Traumatol Surg Res*, vol. 104, no. 8, pp. 1237-1240, Dec 2018.

- [97] J. H. Oh, S. H. Kim, J. H. Lee, S. H. Shin, and H. S. Gong, "Treatment of distal clavicle fracture: a systematic review of treatment modalities in 425 fractures," *Arch Orthop Trauma Surg*, vol. 131, no. 4, pp. 525-33, Apr 2011.
- [98] C. M. Robinson and D. A. Cairns, "Primary nonoperative treatment of displaced lateral fractures of the clavicle," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 86-A, no. 4, pp. 778-82, Apr 2004.
- [99] C. R. Rowe, "An atlas of anatomy and treatment of midclavicular fractures," *Clin Orthop Relat Res*, vol. 58, pp. 29-42, May-Jun 1968.
- [100] D. W. Kim, D. H. Kim, B. S. Kim, and C. H. Cho, "Current Concepts for Classification and Treatment of Distal Clavicle Fractures," *Clin Orthop Surg*, vol. 12, no. 2, pp. 135-144, Jun 2020.
- [101] L. A. Khan, T. J. Bradnock, C. Scott, and C. M. Robinson, "Fractures of the clavicle," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 91, no. 2, pp. 447-60, Feb 2009.
- [102] O. A. van der Meijden, T. R. Gaskill, and P. J. Millett, "Treatment of clavicle fractures: current concepts review," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 21, no. 3, pp. 423-9, Mar 2012.
- [103] M. Boonard *et al.*, "Fixation method for treatment of unstable distal clavicle fracture: systematic review and network meta-analysis," *Eur J Orthop Surg Traumatol*, vol. 28, no. 6, pp. 1065-1078, Aug 2018.
- [104] D. J. Edwards, T. G. Kavanagh, and M. C. Flannery, "Fractures of the distal clavicle: a case for fixation," *Injury*, vol. 23, no. 1, pp. 44-6, 1992.
- [105] R. K. Dhakad, M. Panwar, and S. Gupta, "Plating versus conservative treatment in mid shaft fractures of clavicle: A comparative study," *J Clin Orthop Trauma*, vol. 7, no. Suppl 2, pp. 166-170, Oct-Dec 2016.
- [106] W. Liu, J. Xiao, F. Ji, Y. Xie, and Y. Hao, "Intrinsic and extrinsic risk factors for nonunion after nonoperative treatment of midshaft clavicle fractures," *Orthop Traumatol Surg Res*, vol. 101, no. 2, pp. 197-200, Apr 2015.
- [107] C. Robertson, P. Celestre, A. Mahar, and A. Schwartz, "Reconstruction plates for stabilization of mid-shaft clavicle fractures: differences between nonlocked and locked plates in two different positions," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 18, no. 2, pp. 204-9, Mar-Apr 2009.
- [108] R. G. Pailhes, N. Bonneville, J. Laffosse, J. Tricoire, E. Cavaignac, and P. Chiron, "Floating shoulders: Clinical and radiographic analysis at a mean follow-up of 11 years," *Int J Shoulder Surg*, vol. 7, no. 2, pp. 59-64, Apr 2013.

- [109] G. Kask, L. Raittio, V. M. Mattila, and A. P. Launonen, "Cost-Effectiveness of Operative Versus Non-Operative Treatment for Clavicle Fracture: a Systematic Literature Review," *Curr Rev Musculoskelet Med*, vol. 13, no. 4, pp. 391-399, Aug 2020.
- [110] M. Herteleer, A. De Jaegere, T. Winckelmans, H. Casteur, S. Nijs, and H. Hoekstra, "Healthcare utilization and related cost of midshaft clavicle fracture treatment in Belgium," *Eur J Trauma Emerg Surg*, Jan 27 2020.
- [111] P. Fransen, S. Bourgeois, and J. Rommens, "Kirschner wire migration causing spinal cord injury one year after internal fixation of a clavicle fracture," *Acta Orthop Belg*, vol. 73, no. 3, pp. 390-2, Jun 2007.
- [112] D. J. Wilson, W. F. Scully, K. S. Min, T. A. Harmon, J. K. Eichinger, and E. D. Arrington, "Biomechanical analysis of intramedullary vs. superior plate fixation of transverse midshaft clavicle fractures," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 25, no. 6, pp. 949-53, Jun 2016.
- [113] J. Y. Bishop, M. Roesch, B. Lewis, G. L. Jones, and A. S. Litsky, "A biomechanical comparison of distal clavicle fracture reconstructive techniques," *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, vol. 42, no. 3, pp. 114-8, Mar 2013.
- [114] G. R. Rieser, K. Edwards, G. C. Gould, R. J. Markert, T. Goswami, and L. J. Rubino, "Distal-third clavicle fracture fixation: a biomechanical evaluation of fixation," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 22, no. 6, pp. 848-55, Jun 2013.
- [115] F. Alaei *et al.*, "Lateral clavicle fracture with coracoclavicular ligament injury: a biomechanical study of 4 different repair techniques," *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, vol. 25, no. 7, pp. 2013-2019, Jul 2017.
- [116] J. Garlich *et al.*, "A Comparison of 3 Fixation Strategies in the Treatment of Neer Type IIB Distal Clavicle Fractures," *J Orthop Trauma*, vol. 34, no. 8, pp. e266-e271, Aug 2020.
- [117] S. W. Tsai *et al.*, "Risk factors for refracture after plate removal for midshaft clavicle fracture after bone union," *J Orthop Surg Res*, vol. 14, no. 1, p. 457, Dec 21 2019.
- [118] G. A. Robertson, A. M. Wood, and C. W. Oliver, "Displaced middle-third clavicle fracture management in sport: still a challenge in 2018. Should you call the surgeon to speed return to play?," *Br J Sports Med*, vol. 52, no. 6, pp. 348-349, Mar 2018.
- [119] M. H. Hulsmans *et al.*, "High Irritation and Removal Rates After Plate or Nail Fixation in Patients With Displaced Midshaft Clavicle Fractures," *Clin Orthop Relat Res*, vol. 475, no. 2, pp. 532-539, Feb 2017.

- [120] M. A. Fleming, R. Dachs, S. Maqungo, J. P. du Plessis, B. C. Vrettos, and S. J. Roche, "Angular stable fixation of displaced distal-third clavicle fractures with superior precontoured locking plates," *J Shoulder Elbow Surg*, vol. 24, no. 5, pp. 700-4, May 2015.
- [121] G. A. Robertson and A. M. Wood, "Return to sport following clavicle fractures: a systematic review," *Br Med Bull*, vol. 119, no. 1, pp. 111-28, Sep 2016.
- [122] M. Ranalletta *et al.*, "Minimally Invasive Double-Button Fixation of Displaced Lateral Clavicular Fractures in Athletes," *Am J Sports Med*, vol. 45, no. 2, pp. 462-467, Feb 2017.
- [123] R. Singh, R. Rambani, N. Kanakaris, and P. V. Giannoudis, "A 2-year experience, management and outcome of 200 clavicle fractures," *Injury*, vol. 43, no. 2, pp. 159-63, Feb 2012.
- [124] R. A. Jack, 2nd, K. R. Sochacki, S. M. Navarro, P. C. McCulloch, D. M. Lintner, and J. D. Harris, "Performance and Return to Sport After Nonoperative Treatment of Clavicle Fractures in National Football League Players," *Orthopedics*, vol. 40, no. 5, pp. e836-e843, Sep 1 2017.

10. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anatomie der Klavikula (Prometheus, Allgemeine Anatomie des und Bewegungssystem)

Abb. 2: Anatomie des Schultergelenks inkl. Darstellung des coracoclaviculären Bandapparates (Prometheus, Allgemeine Anatomie des und Bewegungssystem)

Abb. 3: Muskuläre Anatomie der Schulter und Klavikula (Prometheus, Allgemeine Anatomie des und Bewegungssystem)

Abb. 4: Panorama-Röntgenaufnahme mit Darstellung beider Klavikulae

Abb. 5: Neer sowie Jäger und Breitner (J+B) Klassifikation der lateralen Klavikulafraktur [26]

Abb. 6: „Rucksackverband“ (a) sowie Armschlinge (b) zur konservativen Therapie einer lateralen Klavikulafraktur

Abb. 7: Die Integrität des „Superior Shoulder Suspensory Complex“ ist für die Stabilität der Schulter ein zentraler Faktor (Springer Verlag)

Abb. 8: DogBone™ - Button inkl. armiertem Fiberwire©-Faden (Arthrex GmbH)

Abb. 9: „Knotless“-Dog-Bone™-System inkl. winkelstabiler Platte (Arthrex GmbH)

Abb. 10: Beach-Chair Lagerung zur operativen Versorgung einer instabilen lateralen Klavikulafraktur (Atlas Sportorthopädie, Springer Verlag)

Abb. 11: Korrekte Positionierung des Zielgerätes für die Bohrung durch Klavikula und Proc. coracoideus (links) sowie anschließendes einbringen des Dog-Bone™-Buttons von caudal und cranial (rechts) (Arthrex GmbH)

Abb. 12: Die finale Darstellung einer instabilen lateralen Klavikulafraktur inkl. CC-Augmentation mittels Dog-Bone™-Systems (Arthrex GmbH)

Abb. 13: A/P (links) und Zanca Aufnahme (oben) der linken Klavikula bei lateraler Klavikulafraktur Typ I nach Jäger und Breitner

Abb. 14: 3 Monate postoperative Röntgenuntersuchung der linken Klavikula in a/p und Zanca Aufnahmetechnik mit bereits ersichtlich Konsolidierung des Frakturspaltes

Abb. 15: Verlaufskontrolle 6 Monate postoperativ mit bereits deutlicher Konsolidierung des Frakturspaltes und einer weiterhin stabilen Situation sowie ohne Dislokation oder Bruch des eingebrachten Materials

11.Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Postoperatives Schema (passiv (orange) und aktiv-assistiert (grün) an der Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München (Stand 2021).

Tabelle 2: Mittelwerte der funktionelle Scores im Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2 inkl. Standardabweichung und Signifikanzniveau

Tabelle 3: Vergleich der prä und postoperativen Sportarten aller 33 sportlich aktiven Patienten

Tabelle 4: Dauer, Geschlecht sowie Alter der Patienten zum Zeitpunkt des RTS

Tabelle 5: Häufigkeit, Intensität und Dauer der präoperativ ausgeübten Sportarten der RTS-Subgruppe

Tabelle 6: Häufigkeit, Intensität und Dauer der postoperativ ausgeübten Sportarten der RTS-Subgruppe

12.Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Flussdiagramm der Patienten entsprechend der Einschluss / Ausschlusskriterien

Diagramm 2: Verteilung der angewandten Operationstechnik (Gruppe 1 = verknoteter Dog-Bone™, Gruppe 2 = knotenlose Dog-Bone™Technik)

Diagramm 3: Anzahl der Frakturtypen gemäß Jäger und Breitner Klassifikation

Diagramm 4: Boxplot des ASES Scores im Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2

Diagramm 5: Boxplot des Constant-Murley Scores im Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2

Diagramm 6: Boxplot des Munich Shoulder Questionnaire im Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2

Diagramm 7: Anzahl der durchgeführten Materialentfernungen in Gruppe 1 und 2

13.Danksagung

Ein großer Dank ergeht in erster Instanz an Univ. Prof. Dr. Peter Biberthaler welcher mir die Möglichkeit zur Ausführung dieser Arbeit gab und immer ein offenes Ohr für Fragen hat.

Ein weiterer großer Dank gilt PD Dr. Marc Beirer, welcher mir als Mentor nicht nur während dieser Arbeit stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden hat.

Herrn Prof. Dr. Chlodwig Kirchhoff als meinem Doktorvater bin ich zu größtem Dank verpflichtet. Neben der Überlassung dieses Themas hat er mich auf dem gesamten Weg der Arbeit in allen Belangen nicht nur erstklassig unterstützt sondern auch gefördert. Ich bedanke mich von Herzen für den amikalen Beistand und die großartige Betreuung.

Meinen Eltern, Erich und Notburga Wurm, bin ich zu größtem Dank verpflichtet. Durch ihre liebevolle Unterstützung wurde diese Arbeit erst möglich gemacht.

Der größte Dank gebührt meiner Freundin Dr. Natascha Schwarz die mich in jeder Lebensphase liebevoll und selbstlos unterstützt. Ohne ihr grenzenloses Verständnis wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Meiner Tochter Florentina möchte ich danken da sie es schafft mir stets ein Lächeln ins Gesicht zu zaubern.

Addendum: Return to Sports Fragebogen

Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie - Klinikum rechts der Isar München

Fragebogen zur sportlichen Aktivität nach operativer Plattenosteosynthese lateraler Klavikulafrakturen

1. Geben sie bitte ihr Alter, Gewicht, Größe und Geschlecht an:

Alter: Gewicht: Größe: Geschlecht:

2. Besteht bei ihnen eine Einschränkung bei sportlicher Aktivität?

Ja Nein

3. Wenn "Ja" dann welche?

4. Ist diese Einschränkung direkt mit ihrer Verletzung des Schlüsselbeins verbunden?

Ja Nein

5. Mussten sie nach ihrer Verletzung des Schlüsselbeins eine spezielle sportliche Aktivität aufgeben?

Ja Nein

6. Falls "Ja" dann welche?

7. Falls "Ja" warum?

8. Welche dieser Sportarten konnten sie vor ihrer Verletzung durchführen?

<input type="checkbox"/> Tennis	<input type="checkbox"/> Nordic Walking	<input type="checkbox"/> Klettern	<input type="checkbox"/> Reiten
<input type="checkbox"/> Handball	<input type="checkbox"/> Wandern	<input type="checkbox"/> Radfahren	<input type="checkbox"/> Kampfsportarten
<input type="checkbox"/> Basketball	<input type="checkbox"/> Joggen	<input type="checkbox"/> Rudern	<input type="checkbox"/> Weitere:
<input type="checkbox"/> Golf	<input type="checkbox"/> Ski	<input type="checkbox"/> Yoga	
<input type="checkbox"/> Volleyball	<input type="checkbox"/> Snowboard	<input type="checkbox"/> Schwimmen	

9. Welche dieser Sportarten konnten sie während ihrer Verletzung durchführen?

<input type="checkbox"/> Tennis	<input type="checkbox"/> Nordic Walking	<input type="checkbox"/> Klettern	<input type="checkbox"/> Reiten
<input type="checkbox"/> Handball	<input type="checkbox"/> Wandern	<input type="checkbox"/> Radfahren	<input type="checkbox"/> Kampfsportarten
<input type="checkbox"/> Basketball	<input type="checkbox"/> Joggen	<input type="checkbox"/> Rudern	<input type="checkbox"/> Weitere:
<input type="checkbox"/> Golf	<input type="checkbox"/> Ski	<input type="checkbox"/> Yoga	
<input type="checkbox"/> Volleyball	<input type="checkbox"/> Snowboard	<input type="checkbox"/> Schwimmen	

10. Welche dieser Sportarten konnten sie nach der operativen Versorgung ihrer Verletzung durchführen?

<input type="checkbox"/> Tennis	<input type="checkbox"/> Nordic Walking	<input type="checkbox"/> Klettern	<input type="checkbox"/> Reiten
<input type="checkbox"/> Handball	<input type="checkbox"/> Wandern	<input type="checkbox"/> Radfahren	<input type="checkbox"/> Kampfsportarten
<input type="checkbox"/> Basketball	<input type="checkbox"/> Joggen	<input type="checkbox"/> Rudern	<input type="checkbox"/> Weitere:
<input type="checkbox"/> Golf	<input type="checkbox"/> Ski	<input type="checkbox"/> Yoga	
<input type="checkbox"/> Volleyball	<input type="checkbox"/> Snowboard	<input type="checkbox"/> Schwimmen	

11. Nennen sie, wenn möglich, die drei Hauptsportarten die sie vor ihrer Operation gemacht haben?

12. Wie häufig sind sie diesen Sportarten pro Woche nachgegangen?

- 1 x pro Woche 2-4 x pro Woche >4 x pro Woche

13. Wie würden sie die Intensität ihres Trainings pro Trainingseinheit beschreiben?

- Freizeitsport 0 1 2 3 4 5 Leistungssport

14. Wie lange dauerte eine Trainingseinheit ?

- 30 Minuten 30-60 Minuten > 60 Minuten > 120 Minuten

15. Nennen sie, wenn möglich, die drei Hauptsportarten die sie nach ihrer Operation nun machen?

16. Wie häufig gehen sie diesen Sportarten pro Woche nach?

- 1 x pro Woche 2-4 x pro Woche >4 x pro Woche

17. Wie würden sie die Intensität ihres Trainings pro Trainingseinheit beschreiben?

- Freizeitsport 0 1 2 3 4 5 Leistungssport

18. Wie lange dauerte eine Trainingseinheit ?

- 30 Minuten 30-60 Minuten > 60 Minuten > 120 Minuten

19. Gab es vor der Operation bereits Einschränkungen im Bewegungsausmaß der oberen Extremität beim Sport?

- Ja Nein

20. Gab es nach der Operation Einschränkungen im Bewegungsausmaß der oberen Extremität beim Sport?

- Ja Nein

21. Welche Bewegung war nach der Operation schwieriger als zuvor?

22. Gab es nach der Operation ein Kraftdefizit der oberen Extremität beim Sport?

- Ja Nein

23. Wie schnell nach der Operation konnten sie an einer sportlichen Aktivität wieder teilnehmen?

- nach 3 Monaten nach 9 Monaten nach 24 Monaten
 nach 6 Monaten nach 12 Monaten gar nicht

24. Zu welchem Zeitpunkt nach der Operation haben sie ihren Trainingszustand wie vor der Operation wieder erreicht?

- nach 6 Monaten nach 12 Monaten gar nicht
 nach 9 Monaten nach 24 Monaten