

Aus der
Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
an der Universität Tübingen

**Klinische Ergebnisse nach konservativer und operativer
Therapie von Claviculafrakturen**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Müller, Maximilian**

2023

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. U. Stöckle
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. C. Thiel

Tag der Disputation: 01.02.2023

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	- 1 -
1.1 Theoretische Grundlagen	- 2 -
1.1.1 Anatomie und Funktion der Clavicula	- 2 -
1.1.2 Unfallmechanismus und Unfallursachen	- 5 -
1.1.3 Klassifikationen der Claviculafraktur	- 5 -
1.1.3.1 Allman-Klassifikation	- 6 -
1.1.3.2 AO/OTA-Klassifikation.....	- 7 -
1.1.4 Diagnostik	- 9 -
1.1.4.1 Klinische Untersuchung.....	- 9 -
1.1.4.2 Radiologische Diagnostik	- 10 -
1.1.5 Therapie	- 11 -
1.1.5.1 Konservative Therapie	- 11 -
1.1.5.2 Operative Therapie.....	- 12 -
1.2. Ziel der Untersuchungen	- 15 -
2. MATERIAL UND METHODEN.....	- 16 -
2.1 Patientenkollektiv	- 16 -
2.2 Nachuntersuchung	- 16 -
2.2.1 Klinische Untersuchung	- 17 -
2.2.1.1 Inspektion	- 17 -
2.2.1.2 Palpation	- 17 -
2.2.1.3 Bewegungsumfang.....	- 18 -
2.2.2 Fragebogen.....	- 19 -
2.2.3 Messinstrumente.....	- 19 -
2.2.3.1 EQ-5D-3L-Fragebogen.....	- 19 -
2.2.3.2 DASH-Score	- 21 -
2.2.3.3 REFA-Klassifizierung	- 21 -
2.2.3.4 Constant-Murley-Score (CMS).....	- 22 -
2.2.3.5 Visuelle Analogskala (VAS).....	- 27 -
2.3 Statistische Auswertung.....	- 28 -

3. ERGEBNISSE	- 29 -
3.1 Daten des nachuntersuchten Patientenkollektivs	- 29 -
3.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung	- 29 -
3.1.2 Body-Mass-Index (BMI)	- 29 -
3.1.3 Risikofaktoren	- 29 -
3.1.4 Berufliche Aktivität	- 30 -
3.1.5 Sportliche Aktivität	- 31 -
3.2 Unfall- und frakturbezogene Daten	- 32 -
3.2.1 Unfallmechanismus und Unfallursache	- 32 -
3.2.2 Seitenverteilung	- 33 -
3.2.3 Frakturklassifikation	- 33 -
3.2.4 Begleitverletzungen	- 33 -
3.3 Hospitalisierungsphase und operative Phase	- 34 -
3.3.1 Intervall zwischen Unfall und OP	- 34 -
3.3.2 Frakturart und Operationstechnik	- 34 -
3.3.3 Krankenhausverweildauer	- 35 -
3.3.4 Kostenträger	- 35 -
3.4 Postoperative Phase	- 35 -
3.4.1 Physiotherapie	- 35 -
3.4.2 Arbeitsunfähigkeitsdauer und beruflicher Wiedereinstieg	- 36 -
3.4.3 Materialverweildauer	- 36 -
3.5 Nachuntersuchung	- 36 -
3.5.1 Dauer der Nachuntersuchung	- 36 -
3.5.2 Klinische Untersuchung	- 37 -
3.6 Auswertung der Scores	- 38 -
3.6.1 EQ-5D-3L	- 38 -
3.6.2 DASH-Score	- 40 -
3.6.3 Visuelle Analogskala (VAS)	- 40 -
3.6.4 Constant-Murley-Score (CMS)	- 41 -
3.7 Mögliche Einflussfaktoren auf die Scores	- 42 -
3.7.1 Einfluss des Geschlechts auf die allgemeine Lebensqualität und die Schmerzwahrnehmung	- 42 -
3.7.2 Einfluss der Traumalokalisation, der Frakturklassifikation und der Frakturversorgung auf die allgemeine Lebensqualität und die Schmerzwahrnehmung	- 43 -

3.7.3	Einfluss des Kostenträgers auf die stationäre Liegezeit und die Arbeitsunfähigkeitsdauer	- 43 -
3.7.4	Einfluss des Alters auf die Frakturversorgung	- 44 -
4.	DISKUSSION.....	- 46 -
4.1	Diskussion der Methodik	- 47 -
4.2	Diskussion der Ergebnisse	- 49 -
4.2.1	Patientendaten	- 49 -
4.2.2	Funktionelles Ergebnis.....	- 52 -
4.2.3	Auswertung der Scores.....	- 53 -
4.2.4	Weitere Analysen	- 57 -
4.3	Schlussfolgerungen	- 59 -
5.	ZUSAMMENFASSUNG.....	- 62 -
6.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	- 64 -
7.	TABELLENVERZEICHNIS.....	- 65 -
8.	LITERATURVERZEICHNIS.....	- 66 -
9.	ERKLÄRUNG ZUM EIGENANTEIL.....	- 74 -
10.	ANHANG.....	- 75 -

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
AC-Gelenk	Acromioclaviculargelenk
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
Art.	Articulatio
BMI	Body-Mass-Index
CC	coracoclaviculär
CMS	Constant-Murley-Score
CT	Computer-Tomographie
DASH -Score	Disabilities of Arm, Shoulder and Hand-Score
DVSE	Deutsche Gesellschaft für Schulter- und Ellenbogenchirurgie
ESIN	Elastisch-stabile intramedulläre Nagelung
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
MRT	Magnetresonanz-Tomographie
OTA	Orthopaedic Trauma Association
REFA	Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung (heute: Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung)
SECEC	Europäische Gesellschaft für Schulter- und Ellenbogenchirurgie
TEN	Titanium elastic nail
V.	Vena
VAS	Visuelle Analogskala

1. Einleitung

Zur Bedeutung des Schlüsselbeinbruchs existieren unterschiedliche Einschätzungen. Publikumsmedien bringen gern den „Volksmund“ ins Spiel, der die Claviculafraktur primär als „Kinderverletzung“ einstuft: Sie „fallen aus dem Bett, von der Schaukel, spielen Fußball oder raufen miteinander“ (Schweinberger 2013). Innerhalb der Medizin gilt der Schlüsselbeinbruch bei den einen als „einer der harmlosesten Knochenbrüche“ (Seidel 2016), auch ist von „Bagatellverletzung“ die Rede (Schweinberger, 2013). Dem entgegen steht eine Sichtweise, welche die „bedeutende Rolle (der Clavicula) im Bewegungsablauf der Schulter“ (Schönbeck 2012) hervorhebt und mit der Verbindung der Arme mit dem Knochenstamm begründet. Mit einer Inzidenz von 64/100.000 und einem Anteil von ca. 44 % aller Schulterfrakturen zählt die Claviculafraktur zu einer der häufigsten Verletzung in der heutigen Zeit (Nordqvist und Petersson 1994; Beckmann 2011; Müller 2017; Bentley und Hosseinsadeh 2021). Die steigende Häufigkeit der Schlüsselbeinfrakturen von bis zu 10 % aller Skelettfrakturen spiegelt vor allem die vermehrte Ausübung von Risikosportarten oder Trendsportarten wider (Bentley und Hosseinzadeh 2022). Ob beim Surfen turmhoher Ozeanwellen, bei Highspeed-Abfahrten durch den Wald mit dem Mountainbike oder per Rennrad auf Asphalt, nicht zuletzt auf Skipisten und Unfällen jeglicher Art: Immer fährt ein hohes Risiko mit, das in Bruchverletzungen von Schulterpartien, u. a. der Clavicula enden kann (Postacchini et al. 2002; Koppe und Reilmann 2010). Die traditionelle Rezeption der Schlüsselbeinverletzung als harmlose Bagatelle bzw. als kindliches Phänomen bleibt somit hinter den Realitäten der gesellschaftlichen Gegenwart zurück und übersieht deren mitunter gravierenden Folgen für die Lebenssituation vor allem von betroffenen Erwachsenen.

Ziel dieser Arbeit ist es, funktionelle Ergebnisse nach operativer und konservativer Versorgung von Claviculafrakturen zu evaluieren und somit einen Beitrag zur bestmöglichen Therapiewahl zu leisten.

1.1 Theoretische Grundlagen

1.1.1 Anatomie und Funktion der Clavicula

Die Clavicula ist ein s-förmig geschwungener Röhrenknochen, welcher durchschnittlich eine Länge von 14-15 cm aufweist (Mathieu et al. 2014). Bereits in der 6. Woche der Embryonalentwicklung setzt die Verknöcherung der Clavicula ein. Somit gehört sie, neben der Mandibula und Teilen der Schädelkalotte, zu den entwicklungsgeschichtlich früh ossifizierenden skelettalen Elementen. Die Verknöcherung unterliegt der desmalen Osteogenese und beschreibt den Prozess, bei dem Osteoid-synthetisierende Osteoblasten über Mesenchym- und Vorläuferzellen entstehen (Wurzinger 2010).

Über das im medialen Drittel gelegene Articulatio (Art.) sternoclavicularis (Abb. 1) ist die Clavicula mit dem Manubrium sterni verbunden und stellt somit die einzige knöcherne Verbindung der oberen Extremität zum Rumpf dar (Bentley und Hosseinzadeh 2022). Funktionell weist das Gelenk die Eigenschaften eines Kugel- oder Sattelgelenks (Flexion und Extension, Ab- und Adduktion sowie Innen- und Außenrotation) mit eingeschränkten Freiheitsgraden auf. Von ventral und dorsal wird das Gelenk durch die Ligamenta sternoclavicularia anterius et posterius verstärkt, die die Dorsalbewegung (Retraktion) bzw. Ventralbewegung (Protraktion) der Clavicula begrenzen. Weiterhin besteht am medialen Ende der Clavicula über das Ligamentum (Lig.) interclaviculare eine Verbindung zur kontralateralen Clavicula und über das Ligamentum costoclaviculare zur 1. Rippe auf (Schünke et al. 2011).

Das mittlere Drittel der Clavicula weist neben dem Foramen nutricium, welches den Durchtritt der Arteria nutricia erlaubt und somit der Ernährung des Knochens dient, den Sulcus musculi subclavii auf. Durch den Ansatz des Musculus subclavius wird einer Kranialisierung der Clavicula entgegengewirkt und somit eine Stabilisierung im Sternoclaviculargelenk erreicht (Schünke et al. 2011).

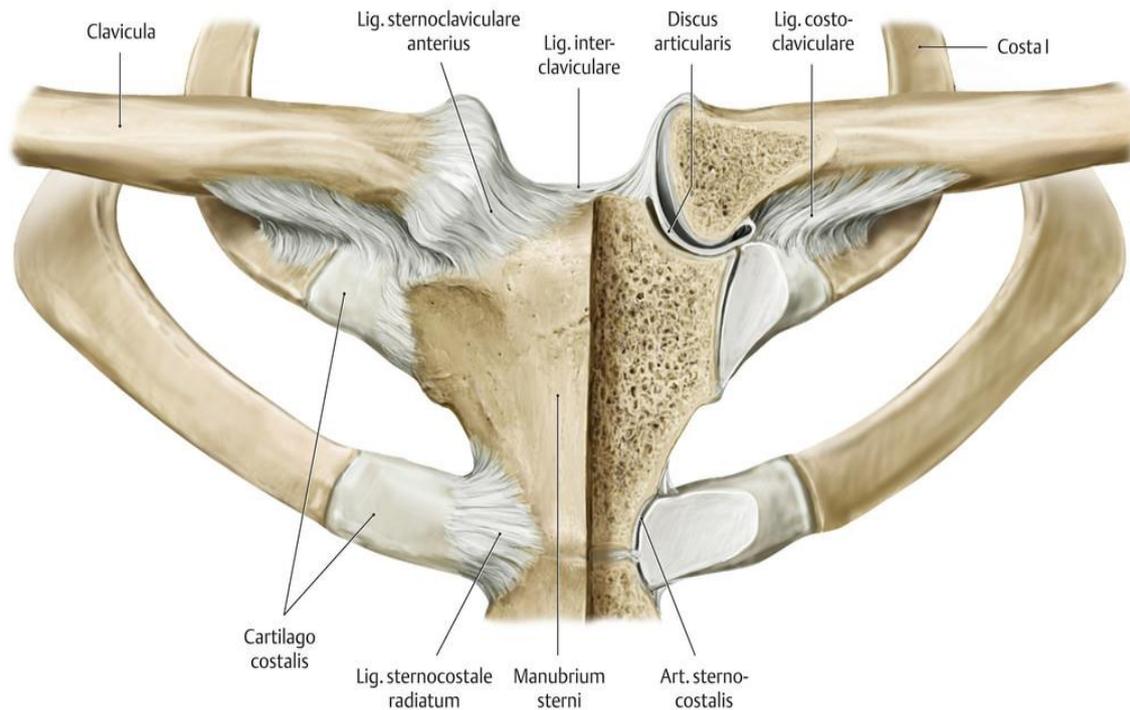


Abb. 1: Articulatio sternoclavicularis und Bandapparat (nach Schünke et al. 2011)

Das Art. acromioclavicularis (Abb. 2) bildet den Abschluss der Clavicula nach lateral und verbindet das Schlüsselbein mit dem Schulterblatt (Scapula). Das Gelenk stellt, ebenso wie das Art. sternoclavicularis, ein Kugelgelenk mit eingeschränkten Freiheitsgraden dar und wird von einem Discus articularis in seine nahezu planen Gelenkflächen unterteilt. Stabilisiert wird es hierbei vom Lig. acromioclaviculare. Das zweiteilige Lig. coracoclaviculare, bestehend aus der medialen Pars conoidea und der lateralen Pars trapezoidea, dient nicht nur als eine weitere Verbindung zwischen Clavicula und Scapula, sondern erweist sich zudem als eine Schutzfunktion vor Luxationen durch Einschränkung des Bewegungsumfangs (Koppe und Reilmann 2010).

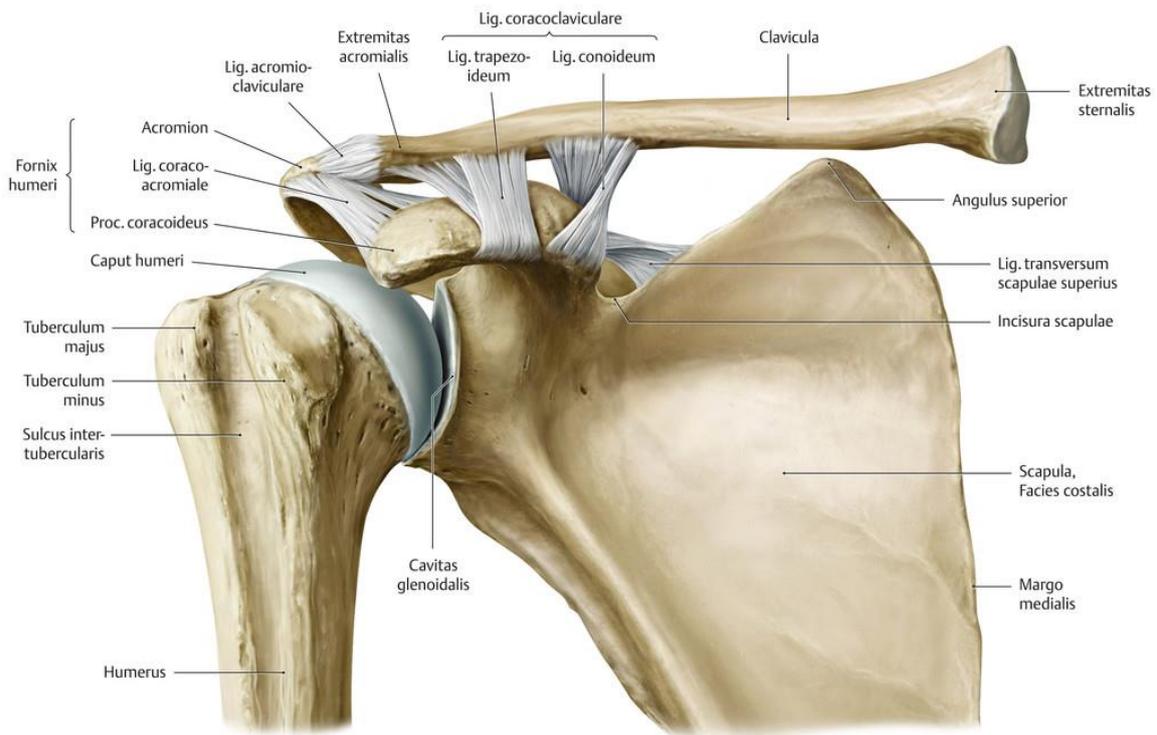


Abb. 2: Articulatio acromioclavicularis und Bandapparat (nach Schünke et al. 2011)

Als Ursprungs- sowie Ansatzort zahlreicher Muskeln kommt der Clavicula eine wichtige Funktion in der Bewegung des Schultergürtels sowie der zervikalen Halswirbelsäule zu. Fasern des Pars clavicularis des Musculus (M.) deltoideus finden ihren Ursprung am lateralen Drittel der Clavicula und ermöglichen die Anteversion, Adduktion und Innenrotation des Armes. Zudem setzt am lateralen Drittel Pars descendens sowie Pars transversa des M. trapezius an. Einerseits wird hierdurch die Rotation des Angulus inferior scapulae nach kranial gewährleistet und andererseits die Elevation der Scapula. Die Stabilisierung des Sternoclaviculargelenks stellt der M. subclavius, der ebenfalls am lateralen Drittel ansetzt, durch Zug der Clavicula nach kaudal sicher. Am medialen Drittel entspringen sowohl die Pars clavicularis des M. pectoralis major als auch der M. sternocleidomastoideus. Der M. pectoralis major trägt hierbei zur Anteversion, Adduktion und Innenrotation im Schultergelenk bei. Der M. sternocleidomastoideus hingegen bewirkt die Seitneigung/-rotation des Kopfes (Wurzinger 2010).

Neben der tragenden biomechanischen Rolle der Clavicula hinsichtlich der Bewegung des Schultergürtels und der Kommunikation zwischen Arm und Rumpf ergeben sich weitere wichtige Funktionen. Hierzu gehört vor allem die Schutzfunktion gegenüber nervalen, vaskulären und Organstrukturen, welche direkt unter der Clavicula verlaufen bzw. liegen. Hier seien Arteria (A.) und Vena (V.) subclavia, Plexus brachialis sowie die Lungenspitzen bzw. Pleurakuppen genannt (Drenkhahn und Zenker 1994; Klonz et al. 2002).

1.1.2 Unfallmechanismus und Unfallursachen

Claviculafrakturen werden meist durch traumatische Ereignisse verursacht. Dabei lassen sich direkte von indirekten Mechanismen unterscheiden. Betrachtet man die direkten Mechanismen, so stehen Gewalteinwirkungen auf die Clavicula, hervorgerufen durch einen Schlag, Stoß, Schuss oder Anprall im Vordergrund. Nach Stanley et al. (1988) stellen diese mit 94 % die häufigsten Mechanismen dar. Indirekte Traumata zum Beispiel durch einen Sturz auf den ausgestreckten Arm werden mit 6 % beschrieben und führen dann in der Regel zu einer Fraktur im peripheren Klavikuladrittel (Krüger-Franke et al. 2000).

Als Frakturursachen sind Sport- und Verkehrsunfälle insbesondere bei jüngeren Erwachsenen für eine Claviculafraktur verantwortlich. Bei Kindern und älteren Menschen hingegen zeigen sich Sturzgeschehen als führend (Stanley et al. 1988; Robinson 1998; Postacchini et al. 2002; Schönbeck 2012).

1.1.3 Klassifikationen der Claviculafraktur

Grundlage der Einteilung der Claviculafrakturen für die vorliegende Arbeit stellt die Allmann-Klassifikation dar. Es existieren jedoch zahlreiche weitere Klassifikationssysteme, die sich nach Lokalisation, Frakturtyp, Unfallmechanismus, Dislokationsart sowie begleitenden ligamentären Verletzungen richten. Im Folgenden werden die Allman-Klassifikation und die OTA (Orthopaedic Trauma Association) - Klassifikation näher betrachtet.

1.1.3.1 Allman-Klassifikation

Nach der Allman-Klassifikation (Allman 1967) wird die Clavicula in ein mediales, mittleres und laterales Drittel gegliedert und die Fraktur nach Lokalisation und Häufigkeit ihres Auftretens eingeteilt (Neer 1960; Bronz et al. 1981).

- Allman I: Frakturen des mittleren Drittels (80 %)
- Allman II: Frakturen des lateralen/distalen Drittels (15 %)
- Allman III: Frakturen des medialen/proximalen Drittels (5 %)

1968 erweiterte Neer diese Klassifikation, indem er der lateralen Claviculafraktur eine Sonderstellung einräumte (Neer 1968; Tab. 1). Eine weite Verbreitung findet die Klassifikation nach Neer noch heute im angloamerikanischen Sprachraum (Koppe und Reilmann 2010). Im europäischen Raum hingegen setzte sich die Klassifikation nach Jäger und Breitner durch (Jäger und Breitner 1984; Tab 2).

Tab. 1: Einteilung der Claviculafraktur nach Allman, modifiziert nach Neer (1968)

Gruppe	Fraktur
I	Fraktur des mittleren Drittels
II	Fraktur des lateralen Drittels
Typ I	Minimal oder nicht disloziert, interligamentär
Typ II	Dislozierte Fraktur medial der korakoklavikulären Bänder
Typ IIA	Beide Bänder (Ligg. conoideum und trapezoideum) bleiben mit dem distalen Fragment in Verbund
Typ IIB	Lig. conoideum oder Lig. trapezoideum ist gerissen
Typ III	Intraartikuläre Frakturen
Typ IV	Bänder intakt, mit dem Periost verbunden, Dislokation zum proximalen Fragment
Typ V	Trümmerfraktur
III	Frakturen des medialen Drittels
Typ I	Nicht oder nur minimal disloziert
Typ II	Disloziert
Typ III	Intraartikuläre Frakturen
Typ IV	Epiphysenfugenfraktur (nur bei Pat. < 25 Jahren)
Typ V	Trümmerfraktur

Tab 2: Einteilung der Claviculafraktur nach Jäger und Breitner (1984)

Gruppe	Fraktur	Begleitende Bandverletzungen
I	Fraktur des lateralen Claviculaendes, lateral des intakten Lig. coracoclaviculare	Ggf. Verletzung des Lig. acromioclaviculare.
II Typ IIa Typ IIb	Fraktur innerhalb des Lig. coracoclaviculare („interligamentäre Fraktur“)	Ruptur der Pars conoidea des Lig. coracoclaviculare Ruptur der Pars trapezoides des Lig. coracoclaviculare
III	Fraktur des lateralen Claviculadrittels, medial des intakten Lig. coracoclaviculare	Keine
IV	Tritt nur bei Kindern und Jugendlichen auf: „Pseudoluxation“, Luxation der lateralen Clavicula aus ihrem Periostschlauch	Laterale Clavicula mit intakten ligamentären Strukturen, ggf. Riss des cranialen claviculären Periostschlauches

1.1.3.2 AO/OTA-Klassifikation

In Anlehnung an die AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), auch Müller-Klassifikation genannt, resultierte im Jahre 1996 als Ergebnis eines Kompendiums die OTA (Orthopaedic Trauma Association) - Klassifikation, welche 2007 durch eine Studie neu veröffentlicht wurde (Orthopaedic Trauma Association 1996; Marsh et al. 2007; Tab. 3).

Tab. 3: Einteilung der Claviculafraktur nach der OTA-Klassifikation (nach Schmidt 2015):

Gruppe	Fraktur
<p>1. Lokalisation</p> <p>A.</p> <p>B.</p> <p>C.</p>	<p>Mittleres Drittel (Clavículaschaft) – 06</p> <p>Einfache Diaphysenfraktur (einfache Verletzungen, 2 Fragmente)</p> <ul style="list-style-type: none"> • spiralförmig (1) • schräg (2) • quer (3) <p>Diaphysenfraktur mit Keilfragment (Keilbrüche)</p> <ul style="list-style-type: none"> • spiralförmiger Keil (1) • Biegungskeil (2) • fragmentierter Keil (3) <p>Mehrfragmentäre Diaphysenfraktur (komplexe Frakturen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • reguläre Anordnung der Fragmente (1) • Segmentfraktur (2) • irreguläre Anordnung der Fragmente (3)
<p>2. Lokalisation</p>	<p>Mediales Drittel (mediales Claviculaende, Metaphyse) – 05-A</p> <ul style="list-style-type: none"> • extraartikuläre impaktierte Fraktur (1) • extraartikuläre dislozierte Fraktur (2) • extraartikuläre Multifragmentfraktur (3)
<p>3. Lokalisation</p> <p>A.</p> <p>B.</p>	<p>Laterales Drittel - 07</p> <p>Extraartikuläre Metaphyse</p> <ul style="list-style-type: none"> • impaktiert (1) • disloziert, coracoclaviculäres Band intakt (2) • multifragmentiert, coracoclaviculäres Band intakt (3) <p>Intraartikulär</p> <ul style="list-style-type: none"> • leichte Verschiebung, keine Dislokation (1) • disloziertes Keilfragment (2) • multifragmentiert mit Dislokation (3)

1.1.4 Diagnostik

Claviculafrakturen gehen häufig aus einem plötzlichen Ereignis hervor, welches die physische Leistungsfähigkeit des Patienten stark einschränkt (Stanley et al. 1988; Postacchini et al. 2002). Daher ist eine gründliche Anamnese von großer Bedeutung. Typische Mechanismen geben bereits beim ersten Arzt - Patient - Kontakt Aufschluss über eine mögliche Diagnose und erlauben präzise klinische sowie apparative Untersuchungen.

1.1.4.1 Klinische Untersuchung

In Abhängigkeit des Grades der Fraktur kann das Symptomspektrum weit gefächert sein. Typischerweise gehen Frakturen mit einer Schädigung des Weichteilgewebes einher. Daher stellen sich Patienten häufig mit einer Schwellung, Hautkontusionen und gegebenenfalls Hämatombildung im Bereich der Läsion vor (Allman 1967; Neer 1968). Schmerzen in Form von Ruheschmerzen, aber auch in Form von Belastungsschmerzen äußern sich häufig durch eine typische Schonhaltung des betroffenen Arms (adduzierter und innenrotierter Arm) (Koppe und Reilmann 2010; Shuster et al. 2003; Denard et al. 2005). Oft werden aufgrund der Schmerzsymptomatik aktive sowie passive Bewegungsausführungen nicht toleriert (Tauber et al. 2017). Geht die Fraktur mit einer Dislokation einher, können Stufenbildungen und Krepitationen besonders ausgeprägt sein (Müller 2017). Insbesondere bei der lateralen Claviculafraktur kann, als Hinweis auf eine vertikale Instabilität, das „Klaviertastenphänomen“ geprüft werden (Gerhardt et al. 2011). Hierbei wird durch kranialen Druck auf das laterale Claviculaende die in pathologischer Ausgangslage befindliche Clavicula reponiert. Unter Fixierung des Acromions mit einer Hand und Verschiebung der Clavicula in anteroposteriorer Richtung wird zudem die horizontale Instabilität überprüft (Gerhardt et al. 2011).

Wie bei allen Verletzungen der Extremitäten kann die Funktionalität der Schulter durch einen solchen Bruch massiv eingeschränkt sein. Da Claviculafrakturen häufig im Rahmen von Verkehrsunfällen sowie Stürzen auftreten, sollte neben der Prüfung der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität (pDMS) auch

der Ausschluss möglicher Begleitverletzungen erfolgen. Hierzu zählen Verletzungen der Subclavia-Gefäße, des Plexus brachialis sowie ein begleitender Hämato-/Pneumothorax (Müller 2017).

1.1.4.2 Radiologische Diagnostik

Während die körperliche Untersuchung häufig bereits ein typisches klinisches Bild ergibt, ist ein weiterer obligatorischer Bestandteil die radiologische Diagnostik. Als Standard gelten konventionelle Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen. Dabei erfolgen die Aufnahmen im klassischen anterior-posterioren und im tangentialen Strahlengang. Bei der tangentialen Aufnahme wird der Zentralstrahl 45° von kaudal nach kranial gerichtet (Moritz und Beitzel 2011). Vor allem bei jungen Erwachsenen sollte ein besonderes Augenmerk auf die Epiphysenfugen gelegt werden, da diese erst ab dem 25. Lebensjahr verknöchern (Beckmann et al. 2011). Zudem wird im Konsensusbericht des Wissenschaftlichen Arbeitskreises der Sektion Kindertraumatologie beim Kind bis zum 10. Lebensjahr der radiologische Nachweis einer Claviculafraktur nur in einer Ebene empfohlen, da sich aus einem veränderten Dislokationsgrad in der anderen Ebene keine therapeutische Konsequenz ergeben würde (Dresing et al. 2021).

Nicht nur zur Diagnosestellung, sondern auch zur Therapieplanung und in der Verlaufskontrolle spielt die Röntgenuntersuchung eine wichtige Rolle (Shuster et al. 2003). Im Rahmen der Diagnostik polytraumatisierter Patienten können Claviculafrakturen auch mittels CT (Computer-Tomographie) morphologisch nachgewiesen werden (Horst et al. 2015). Mittlerweile wird auch der Einsatz der Ultrasonographie zur Diagnostik von Claviculafrakturen diskutiert (Ackermann 2022). In einer Studie an Patienten in der Notaufnahme lag die Sensitivität der Detektion einer Claviculafraktur mittels Ultraschalls bei 92,86 %, die Spezifität bei 98,25 % (Karacebey und Sanri 2021). Vorteile gegenüber der konventionellen Röntgendiagnostik sind insbesondere bei vulnerablen Patienten neben dem Schutz vor Strahlenbelastung auch die kürzere Untersuchungszeit und schnellere Diagnosesicherung (Karacebey und Sanri 2021; Ackermann 2022).

1.1.5 Therapie

Die Behandlung von Claviculafrakturen wird kontrovers diskutiert. Traditionell wurden vor allem Claviculafrakturen des mittleren Drittels konservativ mit einem Rucksackverband behandelt (Klonz et al. 2002; Jubel et al. 2005). Aufgrund der stetigen Verbesserung der operativen Methoden wird dieses Dogma jedoch mehr und mehr verlassen (van der Meijden et al. 2012). Eine klare Diagnostik und die behandlungsorientierte Klassifikation der Fraktur sind daher unerlässlich für eine Therapieentscheidung (Koppe und Reilmann 2010). Die suffiziente Behandlung einer Claviculafraktur zielt letztlich darauf ab, die maximale Beweglichkeit des Schultergelenks und des gesamten Schultergürtels wiederherzustellen (Schönbeck 2012). Die Behandlung einer Schlüsselbeinfraktur sollte individuell entschieden werden und sich nach den Erwartungen des Patienten und seinem Aktivitätslevel unter Berücksichtigung sozialer Faktoren (Erwerbstätigkeit, Nikotinabusus) richten (Napora et al. 2018).

1.1.5.1 Konservative Therapie

Bei der konservativen Therapie der Claviculafraktur kommt es nach ungefähr 4 - 6 Wochen, bei Kindern wegen ihrer guten periostalen Regeneration meist schon nach 3 bis 6 Wochen in 90 - 95% der Fälle zu einer kompletten, unproblematischen Heilung des Knochens (Klonz et al. 2002; Bentley und Hosseinzadeh 2022). Die folgenden Indikationen dienen hierbei als Entscheidungshilfe zur Wahl eines konservativen Behandlungsansatzes (van der Meijden et al. 2012; Matthes und Müller-Mai u 2015; Ockert et al. 2015):

- Intakte Weichteile
- Intakte Durchblutung, Motorik und Sensibilität
- Geringer funktioneller Anspruch des Patienten
- Verkürzung oder Dislokation weniger als 1,5 - 2 cm

Die Ruhigstellung erfolgt durch Anlage eines Rucksackverbandes. Das mediale Fragment wird entgegen des M. sternocleidomastoideus nach unten gezogen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Durchblutung sowie Sensibilität nicht beeinträchtigt werden. Nach Aussage einiger Autoren stehen mit der Anlage

des Rucksackverbandes die Ruhigstellung sowie die Schmerzlinderung im Vordergrund, wobei der Einfluss auf die Reposition dabei von untergeordnetem Stellenwert ist (Klonz et al. 2002, Jubel et al. 2005). Ein Vorteil dieser therapeutischen Maßnahme liegt in der bleibenden Beweglichkeit der Hände und teils der Arme sowie auch eine geringe Beeinflussung der Schulterbeweglichkeit (Connolly et al. 1981; Petrčić 1983; Klonz et al. 2002; Bentley und Hosseinzadeh 2022). Weitere, nicht operative Verfahren stellen die Anlage einer Armschlinge, eines Gilchrist-, Velpeau -Verbandes oder eines Verbandes nach Desault dar (Allman 1967; Blömer et al. 1977; Petrčić 1983; Middleton et al. 1995; Nordqvist et al. 1998; Kitsis et al. 2003; Koppe und Reilmann 2010). Die Immobilisation sollte bei Jugendlichen und Erwachsenen zwischen 4 - 6 Wochen erfolgen. Zudem sollten regelmäßige radiologische Kontrollen nach einer, 3 und 6 Wochen durchgeführt werden (Schiffer et al. 2010). Bei Kindern im Alter von 6 bis 10 Jahren empfiehlt dagegen der Arbeitskreis der Sektion Kindertraumatologie der DGU keine weiteren standardmäßigen Röntgenkontrollen im Verlauf nach der konservativen Behandlung (Dresing et al. 2021).

1.1.5.2 Operative Therapie

Die operative Versorgung sollte unstrittig bei den folgenden Situationen erfolgen (Geel 2000; Weise 2004):

- bei Gefäß-Nerven Schaden (1-2%)
- bei offenen Frakturen bzw. drohender Hautperforation (1-2%)
- bei schmerzhaften Pseudoarthrosen (3-5%)

Weitere, aber eher seltene Indikationen für eine operative Versorgung sind (Geel 2000; Weise 2004):

- die gleichseitige Verletzung von Clavicula und Scapula (floating shoulder)
- Claviculafraktur bei einem polytraumatisierten Patienten mit zusätzlichen Verletzungen der unteren Extremität (um eine Mobilisation zu ermöglichen)
- die beidseitige Claviculafraktur
- die Claviculafraktur mit gleichseitiger Rippenserienfraktur
- die Kettenverletzung der oberen Extremität

Dabei stehen mehrere Verfahren zur operativen Versorgung der Claviculafraktur zur Verfügung. Bei einfachen Frakturen kann auf eine elastisch-stabile intramedulläre Nagelung (ESIN) z.B. mittels Prevot-Nagels oder TEN-Nagel (titanium elastic nail) zurückgegriffen werden. Als Implantate bei komplexeren Frakturformen können winkelstabile oder nicht winkelstabile Plattensysteme (LCP, LCDCP = limited contact dynamic compression-Platte, Rekonstruktionsplatte, Drittelrohrplatte) zum Einsatz kommen. Im Falle einer Fraktur des lateralen Drittels ist die Größe des lateralen Frakturfragments entscheidend für die Auswahl des Verfahrens. Bei großen lateralen Frakturfragmenten oder ausgeprägter Trümmerzone kann die Versorgung durch eine Plattenosteosynthese (z.B. anatomisch präformierte winkelstabile Plattenosteosynthese) erfolgen. Bei eher geringer Fragmentgröße erfolgt die Auswahl analog zur Versorgung bei Sprengung des Acromioclaviculargelenks (AC-Gelenks) (z.B. Hakenplatte) (van der Meijden et al. 2012; Ockert et al. 2015).

Minimalinvasive elastisch-stabile intramedulläre Nagelung (ESIN):

Das Prinzip dieser Methode besteht in einer intramedullären Schienung der Clavicula durch einen von sternal eingebrachten elastischen Titannagel. Diese Art der intramedullären Verspannung geht auf erste Versuche aus dem Jahr 1907 durch Lambotte zurück (Diez et al. 1997).

Die Lagerung des Patienten erfolgt auf einem Röntgentisch, da die Möglichkeit zur intraoperativen Röntgenkontrolle gegeben sein sollte. Am lateralen Rand des Sternoclaviculargelenks wird ein ca. 1-2 cm großer Hautschnitt gesetzt, die ventrale Corticalis eröffnet und der Titannagel eingeschoben. Nun erfolgt der Vorschub von medial nach lateral unter Röntgenkontrolle bis an den Frakturspalt. Nach erfolgter (offener oder geschlossener) Reposition wird der Nagel in das laterale Fragment vorangetrieben und nach ausreichender Verankerung unter Hautniveau gekürzt (Jubel et al. 2003; Rehm et al. 2004).

Die aktive Beweglichkeit ist postoperativ schmerzadaptiert bis zur Horizontalen möglich. Eine komplette Bewegungsfreiheit erhält der Patient in Abhängigkeit der Frakturform nach ca. 3 bis 6 Wochen (Schiffer et al. 2010).

Klassische Kompressionsplattenosteosynthese:

Die klassische Kompressionsplattenosteosynthese erfolgt mittels 6- bis 10-Loch-Kleinfragment-LCDC-Platte oder alternativ Kleinfragment-Rekonstruktionsplatte (Allgöwer et al. 1970; Ali Khan und Lucas 1978; Kremer et al. 1994). Nach einem ca. 10-14 cm langen Schnitt entlang der Clavicula werden zunächst die Frakturfragmente lokalisiert und anatomisch reponiert. Gegebenenfalls muss das Repositionsergebnis durch Einbringen von Zugschrauben oder Repositionszangen gehalten werden. Zur endgültigen Fixierung in anatomischer Position wird eine entsprechende Kompressionsplatte eingeführt und fixiert. Nach erfolgter operativer Versorgung kann das Schultergelenk schmerzadaptiert voll bewegt werden. Bei jedoch ausgeprägter Schmerzwahrnehmung kann postoperativ eine Ruhigstellung für 4 bis 5 Tage erfolgen (Schiffer et al. 2010).

Minimalinvasive Plattenosteosynthese (MIPO) mit winkelstabilen Implantaten:

Das Prinzip der winkelstabilen Implantate beruht auf zwei Gewinden. Sowohl das Plattenloch als auch der Schraubenkopf sind mit einem Gewinde versehen. Durch diese winkelstabile Verbindung kann eine höhere Stabilität erreicht werden als bei den konventionellen Platten. Zum einen bietet es den Vorteil der verbleibenden periostalen Durchblutung durch die verminderte Reibung zwischen Knochen und Implantat. Zum anderen scheinen die kleinen interfragmentären Bewegungen eine Kallusbildung und somit Knochenheilung zu fördern (Claes 2004).

Die Anwendungstechnik der minimalinvasiven Plattenosteosynthese erlaubt es, die Platte über einen kleinen Hautschnitt perkutan zu platzieren und über Hilfsschnitte die Schrauben zu besetzen. Hierbei erweist sich die exakte Reposition der Frakturfragmente oft als erschwert, was jedoch eine untergeordnete Rolle spielt, solange die Clavicula in Länge, Achse und Rotation korrekt eingestellt werden kann (Andermahr et al. 2008).

1.2. Ziel der Untersuchungen

In der Therapie der Claviculafraktur stehen dem Behandler sowohl konservative als auch zahlreiche operative Verfahren zur Verfügung. In dem kontrovers diskutierten Thema konnte bisher noch kein Goldstandard etabliert werden.

In der hier vorliegenden retrospektiven Studie sollten klinische Ergebnisse nach operativ und konservativ behandelter Claviculafraktur unter Berücksichtigung der Lebensqualität ausgewertet werden. Hierfür wurden folgende Zielsetzungen herausgearbeitet:

- Statistische Aufarbeitung von Patientendaten, die mit konservativ und operativ behandelter Claviculafraktur im Jahr 2014 an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik der Universität Tübingen versorgt worden waren
- Analyse des funktionellen Outcomes anhand eines selbst entworfenen Fragebogens, etablierter Fragebögen und einer klinischen Nachuntersuchung
- Eruiierung möglicher Einflussfaktoren auf die hier angewendeten Scores

Diese Arbeit soll einen Beitrag zur aktuellen Forschung der Behandlungsmöglichkeiten bei Claviculafrakturen leisten, um hieraus mögliche Therapieempfehlungen abzuleiten, die der Entwicklung neuer Therapiekonzepte dienen können.

2. Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Voraussetzungen für die Teilnahme an der Studie:

- Volljährigkeit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung
- Primärversorgung der Fraktur in der BG Unfallklinik Tübingen
- Frakturen des medialen, mittleren und lateralen Drittel der Clavicula
- konservative oder operative Therapie der Fraktur im Zeitraum vom 01.01.2014 bis zum 31.12.2014

Folgende Patienten erfüllten die o.g. Voraussetzungen nicht und wurden von der Studie ausgeschlossen:

- Minderjährigkeit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung
- Primärversorgung der Fraktur erfolgte nicht an der BG Unfallklinik Tübingen
- laufende Behandlung aufgrund einer anderen Schulterverletzung

Für die Studie erfolgte die Rekrutierung der Patienten aus dem Zeitraum vom 01.01.2014 bis zum 31.12.2014. Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 119 Patienten an der BG Unfallklinik Tübingen aufgrund einer Claviculafraktur therapiert.

Acht Patienten mussten ausgeschlossen werden, da die Primärversorgung der Fraktur nicht an der BG Klinik Tübingen erfolgte, drei weitere Patienten mussten aufgrund von Minderjährigkeit ausgeschlossen werden. Für die verbliebenen 108 Patienten bestand die Möglichkeit zur Nachuntersuchung.

2.2 Nachuntersuchung

Patienten mit der Möglichkeit zur Nachuntersuchung wurden telefonisch oder auf postalischem Weg zur Teilnahme an der Studie gebeten. 33 von Ihnen zeigten aufgrund von persönlichen oder krankheitsbedingten Gründen kein Interesse an

der Teilnahme. Bei 6 Patienten war die Kontaktaufnahme nicht möglich, da Sie unbekannt verzogen waren. Die übrigen 69 verbliebenen Patienten erklärten sich bereit, an der Studie teilzunehmen. Somit ergab sich eine Follow-up-Rate von 63.9 %. 39 der 69 Patienten konnten an der BG Unfallklinik Tübingen nachuntersucht werden. Eine postalische Zusendung der Einverständniserklärung, Datenschutzerklärung und der Fragebögen bevorzugten derweil 30 Patienten. War es einem Patienten nicht möglich, den kompletten Fragebogen eigenständig auszufüllen, wurde er nach Rücksendung des Fragebogens telefonisch befragt.

2.2.1 Klinische Untersuchung

Die klinische Nachuntersuchung wurde in der BG Unfallklinik Tübingen durchgeführt. Zunächst erfolgte die ausführliche Aufklärung über die Studie sowie die Unterzeichnung der Einverständniserklärung und des Datenschutzes. Die klinische Nachuntersuchung bestand aus der Inspektion, Palpation und Funktionsprüfung.

2.2.1.1 Inspektion

Nach Entkleidung des Patienten wurden die Claviculae und Schultergelenke im Seitenvergleich inspiziert. Geachtet wurde hierbei besonders auf mögliche Atrophien der Muskulatur, eine veränderte Stellung der Clavicula im Vergleich zur gesunden Seite sowie auf Schwellungen und Hautkontusionen im Bereich der Clavicula und angrenzenden Gelenke. Auch Narbenlänge und eine etwaige Stufenbildung wurden dokumentiert.

2.2.1.2 Palpation

In der anschließenden Palpation wurde die Clavicula zunächst von medial nach lateral abgetastet und auf Druckschmerzhaftigkeit untersucht. Bestand zudem ein „Klaviertastenphänomen“ über dem Acromioclavicular (AC)-Gelenk, wurde auch dieses erfasst (Abb. 3).

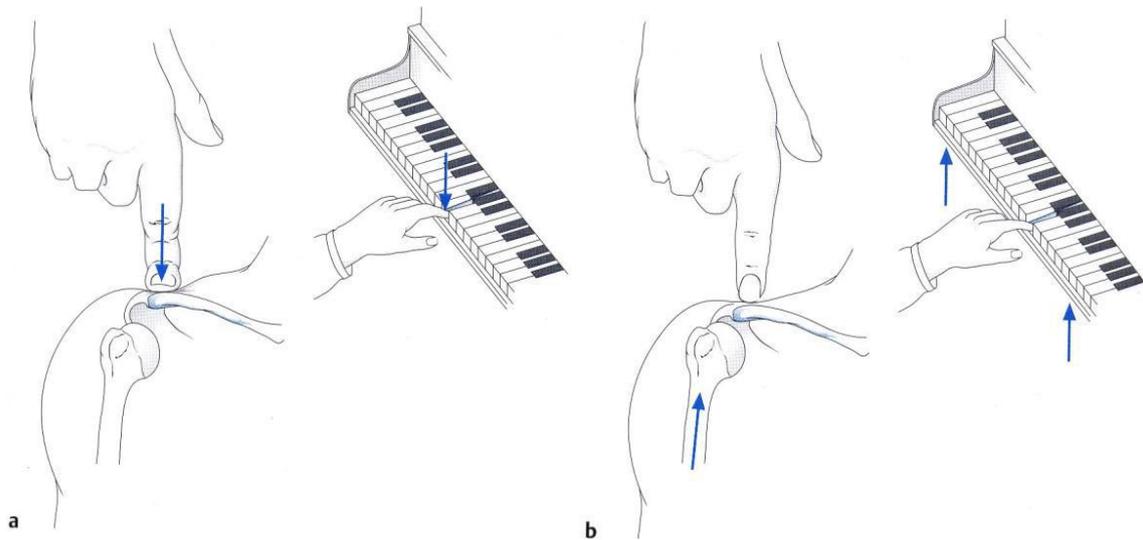


Abb. 3: (a) Prüfung des direkten und (b) indirekten Klaviertastenphänomens (nach Werner 2002)

2.2.1.3 Bewegungsumfang

Der Bewegungsumfang beider Schultern wurde im Seitenvergleich nach der Neutral-Null-Methode in Ab- und Adduktion, Ante- und Retroversion, Innen- und Außenrotation in 0° Abduktion und Innen- und Außenrotation in 90° Abduktion gemessen.

Die Messung erfolgte unter Zuhilfenahme eines Goniometers. Als Referenz diente das physiologische Bewegungsausmaß des Schultergelenks, welches in Tab. 4 dargestellt ist (Cave und Roberts 1936; Ryf und Weymann 1995). War eine Bewegung aktiv und schmerzfrei möglich, so galt diese als durchführbar.

Tab. 4: Physiologisches Bewegungsausmaß des Schultergelenks (nach Ryf und Weymann)

Bewegungsgrad	Neutral-Null-Methode	physiologischer Bewegungsumfang
Ante- / Retroversion	170 – 0 – 40	210
Ab- / Adduktion	180 – 0 – 40	220
Innen- / Außenrotation	95 – 0 – 60	155
Innen- / Außenrotation in 90° Abduktion	70 – 0 – 70	140

2.2.2 Fragebogen

Dieser Fragebogen wurde vom Patienten selbst oder im Rahmen der telefonischen Befragung ausgefüllt. Er war selbst entworfen worden und umfasste Fragen zu Risikofaktoren, dem genauen Unfallhergang, dem Aktivitätsniveau vor und nach der Behandlung sowie zum Verlauf der Therapie und dem aktuellen Befinden des Patienten.

Zur Ermittlung der Risikofaktoren wurden der mögliche Genuss von Alkohol und Nikotin erfragt. Diese Risikofaktoren begünstigen Knochenheilungsstörungen und sind somit bei der Therapie von Frakturen von Bedeutung (Zimmermann 2017; Hesse 2019). Zudem wurden mögliche Voroperationen an den Claviculae oder Schultergelenken erfragt. Unter das Kriterium der Risikofaktoren fielen ebenso Wurfsporarten und Leistungsporarten. Um zwischen indirektem und direktem Unfallmechanismus zu unterscheiden und genaue Angaben über die Unfallursache zu erhalten, konnten die Patienten unter diesem Punkt präzise Angaben machen. Zur Darstellung des Therapieverlaufs wurden die Dauer der Physiotherapie, Re-Operationen und eventuell nötige Umschulungen sowie Wiedereingliederungen in den Beruf erfasst. Neben der Visuellen Analogskala (VAS) (siehe Kap. 4.2.3.5) zur Evaluation des Schmerzes wurde der Patient zu aktuellen Schmerzen im Schlafzustand und der aktuellen Einnahme von Schmerzmitteln aufgrund der verletzten Clavicula befragt. Unter das Kriterium des aktuellen Befindens fielen die derzeitige sportliche Aktivität sowie der Einsatz der betroffenen Schulter im Alltag und Beruf.

2.2.3 Messinstrumente

Als generische Messinstrumente kamen der EQ-5D-3L-Fragebogen, der DASH-Score, die visuelle Analogskala (VAS), die REFA-Klassifizierung und der Constant-Murley-Score zum Einsatz.

2.2.3.1 EQ-5D-3L-Fragebogen

Der EQ-5D-3L Fragebogen ist ein Gesundheitsfragebogen zur präferenzbasierten Lebensqualitätsmessung, der von der EuroQol-Gruppe, einer

europäischen interdisziplinären Forschergruppe, entwickelt und im Jahr 1990 eingeführt wurde (EuroQol Research Foundation et al. 2015). Aufgebaut in zwei Komponenten erlaubt er eine Beurteilung der allgemeinen Lebensqualität unabhängig von der vorliegenden Erkrankung.

Die erste, deskriptive Komponente beinhaltet die folgenden 5 Dimensionen (EuroQol Research Foundation et al. 2015):

1. Mobilität
2. Selbstversorgung
3. Allgemeine Tätigkeiten
4. Schmerz/körperliche Beschwerden
5. Angst/Niedergeschlagenheit

Jeder dieser Dimensionen steht eine der drei Antwortmöglichkeiten zur Verfügung, sodass ein genauer Punktwert zwischen 1 und 3 ermittelt werden kann:

1. Keine Probleme
2. Einige Probleme
3. Extreme Probleme

Für fünf Dimensionen erhält man nun einen fünfstelligen Zahlenwert (z. B. 11111), welcher den Gesundheitszustand des Patienten widerspiegelt. Länderspezifisch wird die fünfstellige Zahl mit Hilfe von Wertesätzen (value sets) (EuroQol Research Foundation et al. 2015) in einen Indexwert zwischen 0 bis 1 überführt. Der „value set“ der deutschen Population galt bei dieser Studie als Grundlage der Indexwertberechnungen.

Die zweite Komponente besteht aus einer visuellen Analogskala von 0 – 100. Hierbei definiert 0 den schlechtesten und 100 den besten Gesundheitszustand. Die Patienten waren angehalten, ihren eigenen Gesundheitszustand durch Setzen eines Kreuzes bzw. Strichs einzuschätzen (Hayes 1921).

2.2.3.2 DASH-Score

Der DASH-Score (Disabilities of Arm, Shoulder and Hand) ist ein Fragebogen zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität, der deren Funktion global erfasst. Bezogen auf den Zustand der vorherigen Woche beinhaltet er 30 Fragen zu Einschränkungen, Beschwerden oder der Fähigkeit, bestimmte Tätigkeiten ausführen zu können (Germann et al. 1999). Jede Frage kann stets mit 5 Auswahlmöglichkeiten (entspricht 1 – 5 Punkten) beantwortet werden. Die Antwortmöglichkeiten reichen von 1 = „keine Schwierigkeiten“ bis 5 = „nicht möglich“. Zur Berechnung werden alle Antwortpunkte addiert, durch die Zahl der beantworteten Fragen (n) geteilt und 1 subtrahiert. Multipliziert man dieses Ergebnis mit 25, so erhält man den DASH-Score. Der DASH-Score setzt sich aus der folgenden Formel zusammen:

$$DASH - Score = \left(\frac{\text{Summe der Antwortpunkte}}{\text{Zahl der beantworteten Fragen (n)}} - 1 \right) \times 25$$

Das Ergebnis reicht von 0 bis 100 möglichen Punkten, wobei 0 Punkte keine Einschränkungen in der Funktion des betroffenen Gelenks beschreibt und 100 Punkte eine maximale Einschränkung darstellen (Germann et al. 1999) .

2.2.3.3 REFA-Klassifizierung

Die von der REFA (Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung, heute Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung) entwickelte REFA-Klassifizierung erlaubt die Einschätzung der körperlichen Beanspruchung am Arbeitsplatz (Deutsche Rentenversicherung Bund 2013). Sie wird in fünf Schweregrade unterteilt und ist in Tab. 5 dargestellt. Aufgrund der niedrigen Fallzahl wurden die Gruppen 0 und 1 zu einer Gruppe mit niedriger Arbeitsbelastung zusammengefasst.

Tab. 5: REFA-Klassifizierung (nach Arteschrang et al. 2014)

Grad	Arbeitsbelastung	Beispiele
0	Arbeit ohne spezielle körperliche Beanspruchung	Arbeiten ohne körperliche Belastungen wie z.B. reine Schreibtischarbeiten
1	Arbeit mit geringer körperlicher Beanspruchung	Bearbeitung von leichten Werkgegenständen; ebenso langes Stehen oder häufiges Gehen
2	Arbeit mit mittlerer körperlicher Beanspruchung	Bedienung von Geräten zwischen 1 und 3 kg; Tragen von Lasten zwischen 10 und 15 kg; Treppensteigen oder Steigen von Leitern ohne zusätzliche Last
3	Arbeit mit schwerer körperlicher Beanspruchung	Tragen von Lasten zwischen 20 und 30 kg; Schaufelarbeiten, Graben, Holzarbeiten, Treppensteigen oder Steigen von Leitern mit mittlerer Tragelast, mäßige Arbeit in angespannter Körperhaltung
4	Arbeit mit schwerster körperlicher Beanspruchung	Tragen von Lasten mit mehr als 50 kg, Treppensteigen oder Steigen von Leitern mit schwerer Tragelast, schwere Arbeit in angespannter Körperhaltung

2.2.3.4 Constant-Murley-Score (CMS)

Der Constant-Murley Score (CMS) ist ein standardisierter Untersuchungsscore zur Beurteilung der Schulterfunktion und wurde im Jahr 1987 von Christopher Constant und Alan Murley erstpubliziert (Constant und Murley 1987). Aufgeteilt in zwei subjektive Parameter und zwei objektive Parameter wird der CMS von der Europäischen Gesellschaft für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (SECEC)

sowie der Deutschen Gesellschaft für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE) zur Untersuchung der Funktion der Schulter empfohlen (Boehm et al. 2004).

Durch Addieren der einzelnen Parameter kann ein Punktescore von maximal 100 Punkten erreicht werden.

Die subjektiven Parameter setzen sich aus „Schmerz“ und „Tägliche Aktivitäten“ zusammen und machen 35 % der Gesamtpunktzahl aus. Die „Aktive Beweglichkeit“ und die „Schulterkraft“ bilden derweil die objektiven Parameter des CMS-Scores ab und machen 65 % der Gesamtpunktzahl aus. Die Punkteverteilung des CMS nach Funktionsbereich zeigt Abb. 4.

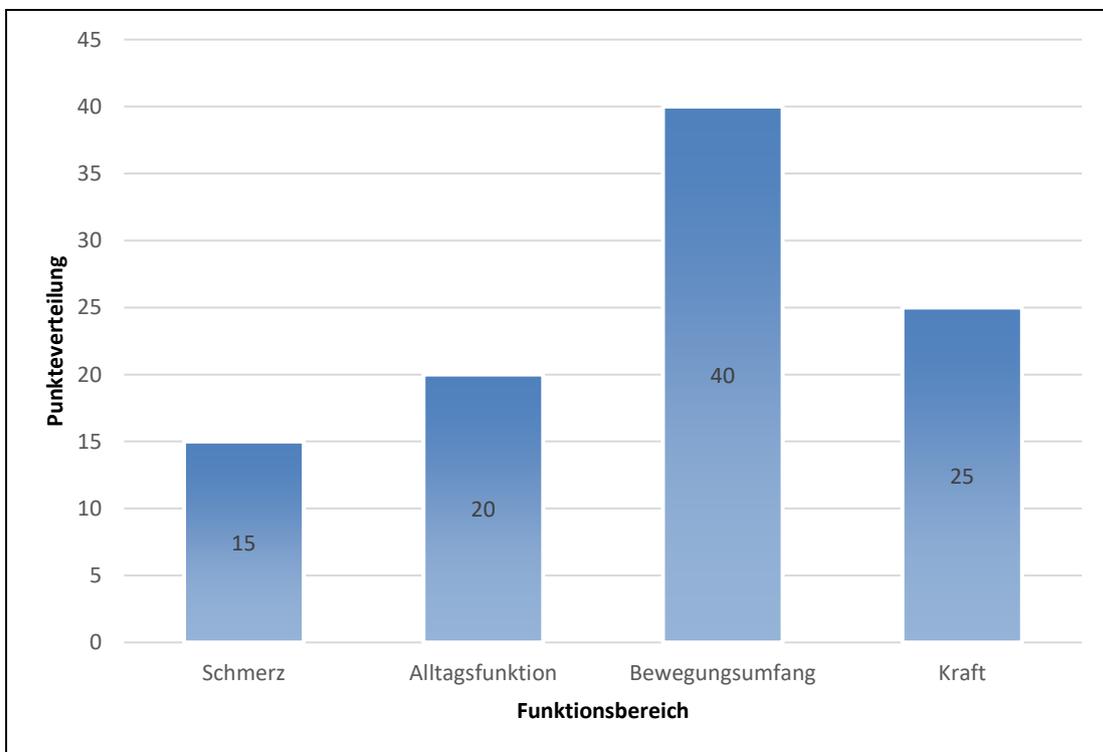


Abb. 4: Punkteverteilung des Constant-Murley-Scores (CMS) nach Funktionsbereich (Boehm et al. 2004)

Der Parameter Schmerz wird anhand einer visuellen Analogskala erfasst. 15 Punkte werden bei stärksten Schmerzen vergeben (15/15 auf der VAS). 0 Punkte hingegen beschreibt die Schmerzfreiheit (0/15 auf der VAS). Die weitere Unterteilung ist Tab. 6 zu entnehmen.

Tab. 6: Einteilung der Schmerzbereiche auf der visuellen Analogskala

Schmerzgrad	Schmerzbeurteilung
0	Keine Schmerzen
1 – 5	Milde Schmerzen
6 – 10	Mäßige Schmerzen
10 – 15	Starke Schmerzen

Dem zweiten subjektiven Parameter, den der „Täglichen Aktivitäten“, können insgesamt 20 Punkte zugeordnet werden. Vergeben werden Punkte für die normale Arbeitsfähigkeit (0 – 4), die Freizeit- und Sportaktivität (0 – 4), die Fähigkeit, ohne Störungen zu schlafen (0 – 2) und für die mögliche Arbeitshöhe der Hand (0 – 10). Letztere Punktevergabe erfolgt in Zweisritten und ist in Tab. 7 dargestellt.

Tab. 7: Punktevergabe für die Arbeitshöhe der Hand

Arbeitshöhe der Hand	Punktevergabe
Gürtelhöhe	2
Brusthöhe	4
Nackenhöhe	6
Scheitelhöhe	8
über den Kopf	10

Für die Ermittlung des Bewegungsumfanges des Schultergelenkes wird die schmerzfreie und aktive Bewegung in Anteversion (Flexion), Abduktion, Außen- und Innenrotation gemessen. Ein Maximum von 40 Punkten ist hier erreichbar. Die Punktzahl von Anteversion und Abduktion wird abhängig von Winkelgraden in Zweisritten vergeben. Tab. 8 zeigt die genaue Punktevergabe für Anteversion und Abduktion.

Tab. 8: Punktevergabe bei Anteversion und Abduktion

Bewegungsumfang	Punktevergabe
0° – 30°	0
31° – 60°	2
61° – 90°	4
91° – 120°	6
121° – 150°	8
151° – 180°	10

Im Gegensatz zur Anteversion und Abduktion erfolgt die Vergabe der Punkte für die Außenrotation punktuell. 2 Punkte werden pro schmerzlos ausführbare Bewegung vergeben, sodass bei einer vollen Beweglichkeit in Außenrotation ein Punktemaximum von 10 Punkten erreichbar ist (Tab. 9).

Tab. 9: Punktevergabe bei Außenrotation

Bewegung	Punktevergabe
Hand im Nacken mit Ellenbogen nach vorne	2
Hand im Nacken mit Ellenbogen seitlich	2
Hand auf Scheitel mit Ellenbogen nach vorne	2
Hand auf Scheitel mit Ellenbogen seitlich	2
Hand über Kopf	2

Auch für die Innenrotation werden bei voller Beweglichkeit maximal 10 Punkte vergeben. Bei Erreichen der Außenseite des Oberschenkels erhält der Patient den schlechtesten Punktwert von 0 Punkten. 10 Punkte als bester Punktescore werden vergeben, sobald der Patient den Handrücken zwischen seine Schulterblätter positionieren kann. Tab. 10 zeigt die weiteren Abstufungen der Punktevergabe bei Innenrotation.

Tab. 10: Punktevergabe bei Innenrotation

Bewegung	Punktevergabe
Handrücken auf Außenseite der Oberschenkel	0
Handrücken auf Gesäß	2
Handrücken auf lumbosakralen Übergang	4
Handrücken auf Gürtellinie (3. Lendenwirbel)	6
Handrücken auf 12. Rückenwirbel	8
Handrücken zwischen den Schulterblättern	10

Der letzte Parameter zur Erhebung des CMS ist die Kraftmessung. Sie erfolgt am 90° abduziertem und innenrotiertem Arm. Insgesamt kann bei der Messung der Kraft eine Punktzahl von 25 erreicht werden, was 25 % der Gesamtpunktzahl entspricht.

Da es aktuell keinen einheitlichen Standard zur Vorgehensweise der Kraftmessung gibt, bietet die Literatur verschiedene Möglichkeiten an (Constant und Murley 1987; Thomas et al. 2003; Boehm et al. 2004). In dieser Studie wurde eine am Boden fixierte Federwaage verwendet, die um das Handgelenk des Patienten befestigt wurde. Anschließend wurde die Zugkraft in Richtung Decke abgelesen und pro erreichtem Pfund (0.4536 kg) 1 Punkt vergeben. Werte, die vom Patienten in Kilogramm durch Selbstevaluation angegeben wurden, wurden mit dem Faktor 2.20462 multipliziert und somit in Pfund umgerechnet.

Da die Kraftmessung mit 25% des Gesamtscores eine hohe Gewichtung erhält, diese aber maßgeblich vom Geschlecht beeinflusst wird, wurde im Rahmen der Auswertung eine alters- und geschlechtsspezifische Normierung vorgenommen (Tab. 10). Nach alters- und geschlechtsspezifischer Normierung kann darauffolgend ein relativer Constant-Murley-Score errechnet werden und, wie in Tab. 12 dargestellt, dementsprechend eingeteilt werden (Boehm et al. 2004).

Tab. 11: Alters- und geschlechtsadaptierter Constant-Murley-Score (Boehm et al. 2004)

Alter in Jahren	Männer	Frauen
21 – 30	98	97
31 – 40	93	90
41 – 50	92	80
51 – 60	90	73
61 – 70	83	70
71 – 80	75	69
81 – 90	66	64
91 – 100	56	52

Tab. 12: Ergebnisbewertung des normierten Constant-Murley-Scores (Boehm et al. 2004)

Bewertung	Normiertes CMS Ergebnis (%)
Exzellent	91 – 100
Gut	81 – 90
Befriedigend	71 – 80
Ausreichend	61 – 70
Mangelhaft	< 60

2.2.3.5 Visuelle Analogskala (VAS)

Die visuelle Analogskala (VAS) ist ein standardisiertes Instrument zur Erfassung eines subjektiv empfundenen Merkmals (Reips und Funke 2008). In dieser Studie wurde die Schmerzintensität mit Hilfe der VAS evaluiert. Auf einem Kontinuum von 0 (= Schmerzfreiheit) bis 100 (= stärkster vorstellbarer Schmerz) wurden die Patienten gebeten, ihr Schmerzempfinden vor und nach der Behandlung einzuschätzen.

2.3 Statistische Auswertung

Die Datenaufbereitung und statistische Auswertung erfolgte mit Microsoft Excel 2016 und IBM SPSS Statistics V22 (IBM, Armonk, NY, USA). Vor den Analysen wurden alle Daten auf Eingabefehler hin geprüft sowie Plausibilitätsanalysen durchgeführt.

Zur Darstellung kategorialer Variablen wurden Häufigkeitstabellen erstellt, die Anzahl und Anteile verdeutlichten. Zur Visualisierung wurden Balkendiagramme eingesetzt. Um den Zusammenhang zweier kategorialer Variablen oder wiederholter Messungen zu prüfen, wurden Kreuztabellen generiert und der Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest durchgeführt. Für metrische Variablen wurden zur Beschreibung Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) eingesetzt. Waren Variablen hingegen zu schief verteilt oder wiesen Ausreißer auf, so wurden konsequent nonparametrische statistische Kennwerte wie Quartile, Minimum und Maximum berechnet. Boxplots unterstützten die grafische Darstellung metrischer Variablen und deren Verteilung. Unterschiede zwischen unabhängigen Gruppen wurden mithilfe des Mann-Whitney-Tests (bei 2 Gruppen) oder mit dem Kruskal-Wallis-Test (3 Gruppen oder mehr) geprüft. Für 2 abhängige Stichproben aufgrund wiederholter Erhebung (z. B. prä und post) kam der Wilcoxon-Test zum Einsatz. Für Abweichungen von Normwerten wurden die entsprechenden Differenzen berechnet und ausgewertet.

Für alle statistischen Tests wurde vorab ein Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$ (0.05) festgelegt. Lag die empirisch ermittelte Signifikanz (p-Wert) gleich oder unter diesem Niveau, so galt das Ergebnis als statistisch signifikant. Somit konnten Unterschiede oder Zusammenhänge nachgewiesen werden.

3. Ergebnisse

3.1 Daten des nachuntersuchten Patientenkollektivs

Nach Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien und der telefonischen Kontaktaufnahme konnten insgesamt 69 Patienten zur Teilnahme an der Studie bewegt werden. Zur Nachuntersuchung an der BG Unfallklinik in Tübingen kamen 39 Patienten (56.5 %). 30 Patienten (43.5 %) bevorzugten derweil die Zusendung der Fragebögen auf postalischem Weg.

3.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung

Zum Zeitpunkt des Unfalls lag das mediane Alter der Patienten bei 48 Jahren (Spannweite: 14 – 83 Jahre). Die Hälfte der Patienten war zwischen 28 und 55 Jahre alt. An der Nachuntersuchung nahmen insgesamt 55 Männer (79.7 %) und 14 Frauen (20.3 %) teil.

3.1.2 Body-Mass-Index (BMI)

Zur Ermittlung des BMI wurden im Rahmen der Nachuntersuchung die Körpergröße und das Körpergewicht der Patienten erfasst. Im Median lag der BMI bei 24.1 kg/m². Der höchste BMI bildete mit 35.9 kg/m² das Maximum, der niedrigste mit 18.1 kg/m² das Minimum. Die Hälfte der Patienten hatte einen BMI von 21.6 – 26.0 kg/m² (25. und 75. Perzentile).

3.1.3 Risikofaktoren

Im nachuntersuchten Patientenkollektiv gaben 57 Patienten (82.6 %) an, Nichtraucher zu sein. 6 Patienten (8.8 %) gaben einen Nikotinkonsum von 0 – 10 pack/years, 5 Patienten (7.2 %) von 11 – 20 pack/years und ein Patient (1.4 %) von mehr als 30 pack/years an.

Von den nachuntersuchten Patienten verneinten 3 Patienten (4.3 %) jeglichen Alkoholkonsum. 59 Patienten (85.5 %) gaben an, gelegentlich Alkohol zu konsumieren. 6 Patienten (8.7 %) gaben einen täglichen Alkoholkonsum an und ein Patient (1.4 %) beschrieb sich selbst als alkoholkrank.

3.1.4 Berufliche Aktivität

Hinsichtlich der beruflichen Aktivität wurde differenziert zwischen einer beruflichen Tätigkeit im handwerklichen und nicht handwerklichen Bereich.

Die Auswertung bezog sich auf 68 Patienten (n = 68), wobei 7 Patienten vor dem Unfallereignis schon berentet waren und ein Patient als arbeitssuchend registriert war.

15 Patienten (22.1 %) gaben an, vor dem Unfallereignis handwerklich berufstätig gewesen zu sein. Nach erfolgter Therapie konnten 13 Patienten (20.6 %) ihre handwerkliche Tätigkeit wieder aufnehmen. Ein Patient (1.5 %) wurde berentet. Prätraumatisch waren 45 Patienten (66.2 %) nach eigenen Angaben nicht handwerklich tätig gewesen. 42 Patienten (61.8 %) von ihnen waren auch nach der Therapie in einem nicht handwerklichen Bereich tätig. Ein Patient (1.5 %) wechselte in einen handwerklichen Beruf und zwei Patienten (2.9 %) wurden berentet (Tab. 13).

Tab. 13: Berufliche Aktivität prä- und posttraumatisch

		Beruf nach erfolgter Therapie					Gesamt
		nicht handwerklich	handwerklich	handwerklich	arbeitssuchend	berentet	
Beruf vor Unfallereignis	nicht handwerklich	<i>N</i>	42	1	0	2	45
		%	61.8%	1.5%	0.0%	2.9%	66.2%
	Handwerklich	<i>N</i>	1	13	0	1	15
		%	1.5%	19.1%	0.0%	1.5%	22.1%
	Arbeits-suchend	<i>N</i>	0	0	1	0	1
		%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	1.5%
	berentet	<i>N</i>	0	0	0	7	7
		%	0.0%	0.0%	0.0%	10.3%	10.3%
Gesamt	<i>N</i>	43	14	1	10	68	
	%	63.2%	20.6%	1.5%	14.7%	100.0%	

Die körperliche Belastung am Arbeitsplatz wurde mit Hilfe der REFA-Klassifizierung eingeschätzt. Zwei Patienten machten keine Angaben, sodass sich die folgenden Daten auf n = 67 Patienten bezogen.

Vor der Operation waren gemäß der REFA-Klassifizierung 56 Patienten (83.6 %) einer Arbeit ohne spezielle körperliche Beanspruchung (REFA 0) oder einer Arbeit mit geringer körperlicher Beanspruchung (REFA 1) nachgegangen. 5

Patienten (7.5 %) waren einer mittleren (REFA 2) und 6 Patienten (9.0 %) einer schweren körperlichen Belastung (REFA 3) ausgesetzt.

Nach der Operation konnten 5 Patienten (7.5 %) Arbeiten mit schwerer körperlicher Belastung beibehalten. Ein Patient (1.5 %) wechselte in eine weniger belastende Tätigkeit (REFA 0/1). Mittelschwere Arbeiten wurden von 4 Patienten (6 %) weitergeführt. Ein Patient musste auch hier in eine Tätigkeit mit geringer körperlicher Beanspruchung wechseln. Lediglich ein Patient wechselte von einer Arbeit mit keiner bis geringer körperlicher Beanspruchung in eine Tätigkeit mit mittlerer Beanspruchung.

In Tab. 14 sind die REFA-Klassifizierungen vor und nach der Operation dargestellt. Arbeiten mit schwerster körperlicher Belastung gemäß REFA-Klassifizierung 4 wurden von keinem Patienten aus dem Kollektiv weder vor noch nach dem Unfallereignis ausgeübt.

Tab. 14: REFA-Klassifizierung prä- und posttraumatisch

		REFA posttraumatisch					
		Grad 0/1	Grad 2	Grad 3	Grad 4	Gesamt	
REFA prätraumatisch	Grad 0/1	<i>N</i>	55	1	0	0	56
		%	82.1%	1.5%	0.0%	0.0%	83.6%
	Grad 2	<i>N</i>	1	4	0	0	5
		%	1.5%	6.0%	0.0%	0.0%	7.5%
	Grad 3	<i>N</i>	1	0	5	0	6
		%	1.5%	0.0%	7.5%	0.0%	9.0%
	Grad 4	<i>N</i>	0	0	0	0	0
		%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Gesamt	<i>N</i>	57	5	5	0	67
		%	85.1%	7.5%	7.5%	0.0%	100.0%

3.1.5 Sportliche Aktivität

Hinsichtlich der sportlichen Aktivität im Freizeitbereich gab ein Patient (1.4 %) an, vor der Verletzung im Hochleistungssport (Radrennen) aktiv gewesen zu sein. Die Aktivität im Hochleistungssport konnte der Patient nach erfolgter Behandlung auch weiterführen.

40 Patienten (58 %) waren vor der Operation regelmäßig im Vereinssport aktiv. Eine Fortsetzung des Vereinssports nach erfolgter Therapie gelang für 32

Patienten. 7 Patienten führten dieses sportliche Niveau nicht weiter und gingen nur noch gelegentlich sportlichen Betätigungen nach. Ein Patient steigerte sein Niveau vom Vereinssport zum Hochleistungssport.

Von 21 Patienten (30.4 %), die vor der Verletzung nur gelegentlich sportlich aktiv waren, setzten 20 diese gelegentliche Aktivität fort. Ein Patient steigerte sein Aktivitätsniveau zum regelmäßigen Vereinssport.

6 Patienten (8.7 %) gaben an, sowohl vor der Operation als auch nach der Therapie keiner sportlichen Aktivität nachzugehen. Lediglich ein Patient erhöhte sein sportliches Pensum nach der Operation von keinem Sport auf gelegentliche sportliche Aktivitäten (Tab. 15).

Tab. 15: Sportliche Aktivität prä- und posttraumatisch

		Sport posttraumatisch					Gesamt
		kein Sport	Hochleistungssport	Vereinssport	Gelegenheitssport		
Sport prätraumatisch	kein Sport	<i>N</i>	6	0	0	1	7
		%	8.7%	0.0%	0.0%	1.4%	10.1%
	Hochleistungssport	<i>N</i>	0	1	0	0	1
		%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	1.4%
	Vereinssport	<i>N</i>	0	1	32	7	40
		%	0.0%	1.4%	46.4%	10.1%	58.0%
	Gelegenheitssport	<i>N</i>	0	0	1	20	21
		%	0.0%	0.0%	1.4%	29.0%	30.4%
Gesamt	<i>N</i>	6	2	33	28	69	
	%	8.7%	2.9%	47.8%	40.6%	100.0%	

3.2 Unfall- und frakturbezogene Daten

3.2.1 Unfallmechanismus und Unfallursache

Zu einer Fraktur der Clavicula kam es in 65 Fällen (94.2 %) durch ein direktes Anpralltrauma. Lediglich 5.8 % (4 Patienten) zogen sich durch einen Sturz auf den ausgestreckten Arm eine Claviculafraktur zu.

Bei der Klassifizierung der Unfallursache waren Unfälle bei sportlichen Aktivitäten wie beispielsweise Fußball spielen, Volleyball spielen oder Rad fahren mit 43.5 % (30 Patienten) führend. Als zweithäufigste Ursache mit 39.1 % (27 Patienten)

sind Verkehrsunfälle zu nennen. Hierzu zählten sowohl Unfälle mit dem PKW als auch mit dem Fahrrad. 11 Patienten (15.9 %) zogen sich die Claviculafraktur durch Aktivitäten im täglichen Leben zu. Ein Patient konnte keine Angaben zum Unfallhergang machen.

3.2.2 Seitenverteilung

Für das nachuntersuchte Kollektiv von 69 Patienten verteilte sich die Traumalokalisation linksdominant. 40 Patienten (58 %) erlitten eine Fraktur der linken Clavicula und 29 Patienten (42 %) eine der rechten.

Bei 31 Patienten (45 %) ereignete sich die Claviculafraktur auf ihrer dominanten Seite.

3.2.3 Frakturklassifikation

Die Klassifikation der Claviculafrakturen wurde nach Allman (Kapitel 2.3.1) vorgenommen. Mit 62,5 % (43 Patienten) traten am häufigsten Frakturen des mittleren Drittels auf, während das laterale Drittel noch bei 17 Patienten (24,6 %) betroffen war. Eine Fraktur des medialen Drittels erlitten dagegen nur 9 Patienten (13 %).

3.2.4 Begleitverletzungen

23 Patienten (33.3 %) erlitten im Rahmen der Claviculafraktur zusätzliche Verletzungen. Am häufigsten handelte es sich um knöchernen Begleitverletzungen. Hierbei stellten Rippenfrakturen (19 %), Scapulafrakturen (9 %), Frakturen der Wirbelkörper (9 %), des Humerus (3 %) und des Radius (3 %) die wichtigsten Zusatzverletzungen dar. Schädel-Hirn-Traumata waren mit 13 % die zweithäufigsten Begleitverletzungen. Bei 8 Patienten wurde zusätzlich ein schweres Thoraxtrauma (Pneumothorax oder Hämatothorax) und bei einem ein schweres intraabdominelles Trauma mit Verletzung eines intraabdominellen Organs diagnostiziert. Einige Patienten wiesen auch mehrere Begleitverletzungen auf (Abb. 5).

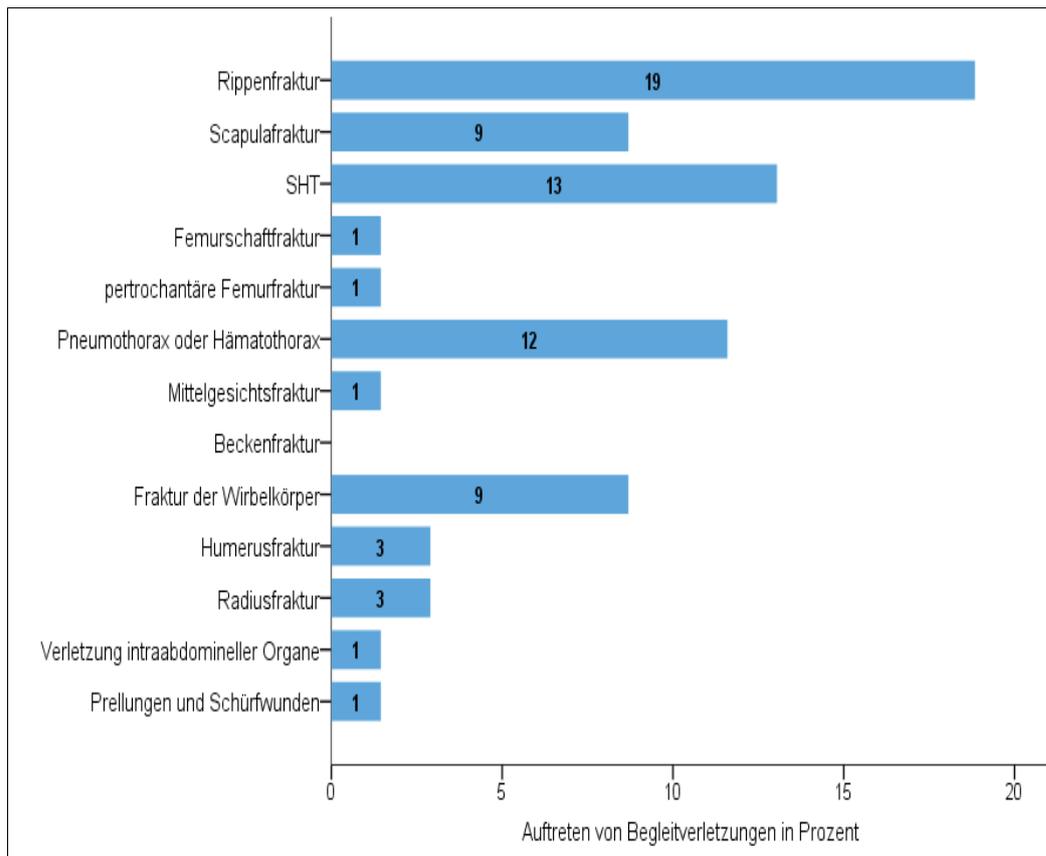


Abb. 5: Prozentuale Häufigkeit des Auftretens von Begleitverletzungen

3.3 Hospitalisierungsphase und operative Phase

3.3.1 Intervall zwischen Unfall und OP

Die Zeit zwischen dem Unfalltag und der Operation konnte bei 64 Patienten ausgewertet werden (n = 64). Bei den 5 restlichen Patienten konnte weder aus den Akten noch durch Anamnese ein genaues Zeitintervall ermittelt werden.

Die mediane Dauer bis zur Operation betrug 5 Tage. Das Minimum lag bei 0 Tagen, was einer operativen Versorgung der Fraktur noch am Unfalltag entspricht. Das Maximum lag bei 16 Tagen.

3.3.2 Frakturart und Operationstechnik

Die Mehrzahl der Claviculafrakturen wurde chirurgisch versorgt. Insgesamt 64 Patienten wurden mittels Osteosynthese therapiert. Lediglich 5 Patienten erhielten eine konservative Therapie.

Mit 62,5 % (43 Patienten) traten Frakturen des mittleren Drittels am häufigsten auf. Bei 38 Patienten wurde die Fraktur mittels Plattenosteosynthese versorgt. Drei Patienten erhielten eine intramedulläre Stabilisierung mittels TEN (Titanium Elastic Nail) und zwei Patienten wurden konservativ behandelt.

Claviculafrakturen des lateralen Drittels traten bei 17 Patienten (24,6 %) auf. Dabei erfolgte die operative Versorgung der Fraktur mit einer Hakenplatte bei 9 Patienten und mittels Plattenosteosynthese bei 5 Patienten. Bei drei Patienten wurde konservativ therapiert.

Das von Frakturen mit 13 % (9 Patienten) am seltensten betroffene mediale Drittel wurde bei allen Patienten mittels Plattenosteosynthese versorgt.

3.3.3 Krankenhausverweildauer

Der Median für die Verweildauer im Krankenhaus nach erfolgter Operation lag bei 4 Tagen. Die Hälfte der Patienten konnte das Krankenhaus nach 3 – 7 Tagen verlassen. Die kürzeste stationäre Aufenthaltsdauer (Minimum) lag bei 2 Tagen. Da polytraumatisierte Patienten nicht ausgeschlossen wurden, betrug die längste stationäre Liegezeit (Maximum) 183 Tage.

3.3.4 Kostenträger

13 der 69 nachuntersuchten Patienten (20,3 %) wurden im Rahmen eines Arbeitsunfalls in der BG Unfallklinik Tübingen behandelt. Sechs davon waren auf Wegeunfälle zurückzuführen.

Die Berufsgenossenschaft war bei 10 Patienten (14,5 %) des Kollektivs Träger der Behandlungskosten. Bei drei Patienten (4,3 %) entfielen die Kosten auf die Unfallkasse. Bei den meisten Patienten (81,2 %; 56 Patienten) kam die gesetzliche oder private Krankenversicherung für die Therapiekosten auf.

3.4 Postoperative Phase

3.4.1 Physiotherapie

Ein wichtiger postoperativer Aspekt zur Wiedererlangung der Funktionalität der Clavicula und des Schultergelenks sowie der Regeneration der Kraft war die

Physiotherapie. 61 Patienten (n = 61) konnten bei der Nachuntersuchung Angaben über die Länge der Physiotherapie machen. Der Median lag bei 6 Wochen. Bei 50 % der Patienten lag die physiotherapeutische Behandlungsdauer zwischen 5 und 10 Wochen. Die längste Behandlungsdauer bildete mit 104 Wochen das Maximum, die kürzeste betrug 0 Wochen bei nicht durchgeführter Physiotherapie.

3.4.2 Arbeitsunfähigkeitsdauer und beruflicher Wiedereinstieg

Während 14 Patienten keine Angaben zur Arbeitsunfähigkeitsdauer machen konnten, waren bei 55 Patienten Angaben hierzu vorhanden. Die mediane Arbeitsunfähigkeit lag bei 6 Wochen. Das Maximum betrug 216 Wochen und das Minimum 0 Wochen.

Eine Umschulung war lediglich bei einem (1.4 %) der 69 Patienten notwendig. Um in ihren ursprünglichen Tätigkeitsbereich zurückzukehren, nahmen 10 Patienten (14.7 %) von insgesamt 68 Patienten eine Wiedereingliederung in Anspruch. Ein Patient konnte keine Angaben in Bezug auf eine Wiedereingliederung machen. 7 Patienten (10.1 %) gaben an, weiterhin ihre berufliche Tätigkeit nicht vollumfänglich und manche Tätigkeiten nur noch eingeschränkt ausüben zu können.

3.4.3 Materialverweildauer

32 Patienten konnten Angaben über die Verweildauer des Osteosynthesematerials machen. Die Materialentfernung erfolgte nach durchschnittlich 387 (SD \pm 166) Tagen (86 – 640 Tage, Median: 455 Tage).

3.5 Nachuntersuchung

3.5.1 Dauer der Nachuntersuchung

39 der 69 Patienten kamen zur Nachuntersuchung in die BG Unfallklinik Tübingen. Die mittlere Dauer der Nachuntersuchung betrug $25,5 \pm 3,6$ Minuten

(20 – 30 Minuten, Median: 25 Minuten). Bei 30 Patienten erfolgte die Nachunteruntersuchung unter Zuhilfenahme des zugesandten Fragebogens.

3.5.2 Klinische Untersuchung

Inspektion

Bei der Inspektion konnte bei 10 Patienten (16.7 %, n = 60) eine sichtbare Atrophie der Schultermuskulatur beobachtet werden. Eine sichtbare sowie auch palpable Stufenbildung im Claviculaverlauf zeigten 9 Patienten (14.3 %, n = 63). Die durchschnittliche Narbenlänge betrug bei 59 Patienten $11,2 \pm 2,5$ cm (1 – 20 cm, Median: 11 cm). 10 Patienten machten keine Angaben zur Länge der Narbe.

Palpation

22 Patienten (33.3 %, n = 66) gaben an, während der Palpation der Clavicula einen Druckschmerz zu verspüren. Ein Klaviertastenphänomen war bei keinem der Patienten nachweisbar.

Bewegungsumfang und Funktionsprüfung

Die Prüfung des Bewegungsumfanges der betroffenen Seite erfolgte, wie in Kapitel 4.2.1.3 beschrieben, anhand der vier Bewegungsgrade des Schultergelenks nach der Neutral-Null-Methode in Ab- und Adduktion, Ante- und Retroversion, Innen- und Außenrotation in 0° Abduktion und in 90° Abduktion. Von 66 Patienten konnten die Daten hierzu ausgewertet werden. 53 Patienten (80 %) konnten die betroffene Seite in Ab- und Adduktion und 57 Patienten (86 %) in Ante- und Retroversion wieder vollständig bewegen. Eine komplette Beweglichkeit des Schultergelenkes in Innen- und Außenrotation bei 0° Abduktion war bei 54 Patienten (82 %) und bei 90° Abduktion sogar bei 60 Patienten (91 %) wieder hergestellt.

Von den Patienten mit eingeschränkter Ab- und Adduktion des Schultergelenkes (n = 13) war bei neun Patienten (14 %) ausschließlich die Abduktion und bei einem Patienten (1.5 %) ausschließlich die Adduktion betroffen. Bei drei Patienten (4.5 %) war sowohl die Ab- als auch die Adduktion beeinträchtigt.

Neun Patienten (14 %) waren von einer Funktionseinschränkung in Ante- und Retroversion der betroffenen Seite betroffen. Bei sieben Patienten (11 %) lag eine ausschließliche Bewegungseinschränkung der Anteversion bei vollständiger Retroversion vor. Zwei Patienten (3 %) hatten sowohl in Ante- als auch Retroversion Funktionseinschränkungen.

Eine Bewegungseinschränkung in Innen- und Außenrotation (ohne Abduktion) der betroffenen Seite war bei 12 Patienten (18 %) aufgetreten. Während bei 11 Patienten (17 %) die Außenrotation bei intakter Innenrotation beeinträchtigt war, betraf bei einem Patienten die Einschränkung ausschließlich die Innenrotation.

Eine eingeschränkte Beweglichkeit der Innen- und Außenrotation bei 90° Abduktion betraf nur 6 Personen, wovon zwei Patienten in beiden Bewegungsrichtungen beeinträchtigt waren. Bei voller Außenrotation erreichten zwei Patienten nur eine eingeschränkte Innenrotation von 50° und 60°. Zwei weitere zeigten eine Funktionseinschränkung der Außenrotation um 30° bei intakter Innenrotation.

3.6 Auswertung der Scores

3.6.1 EQ-5D-3L

Vor der Operation lag der durchschnittliche EQ-Index zur Beurteilung der allgemeinen Lebensqualität bei 0.9923 ± 0.3928 (0.73 – 1.000, Median: 1.000). Postoperativ sank der Index auf 0.9580 ± 0.7609 (0.73 – 1.000, Median: 1.000). Im Wilcoxon-Test konnte eine signifikante Verringerung der postoperativen EQ Indizes nachgewiesen werden ($z = -3.83$, $p < 0.001$, $n = 69$) (Abb. 6).

Die Einschätzung der Gesundheit der Patienten auf einer Skala von 0 – 100 ermittelte einen Median präoperativ von 100. Das Maximum lag ebenfalls bei 100, das Minimum bei 20. Postoperativ verringerte sich der Median auf einen Wert von 90. Das Maximum lag weiterhin bei 100 und das Minimum bei 20.

Der EQ-Gesundheitswert hatte sich nach der Operation gegenüber der Einschätzung zur Gesundheit vor der Operation signifikant verringert ($z = -4.59$, $p < 0.001$, $n = 69$) (Abb. 7).

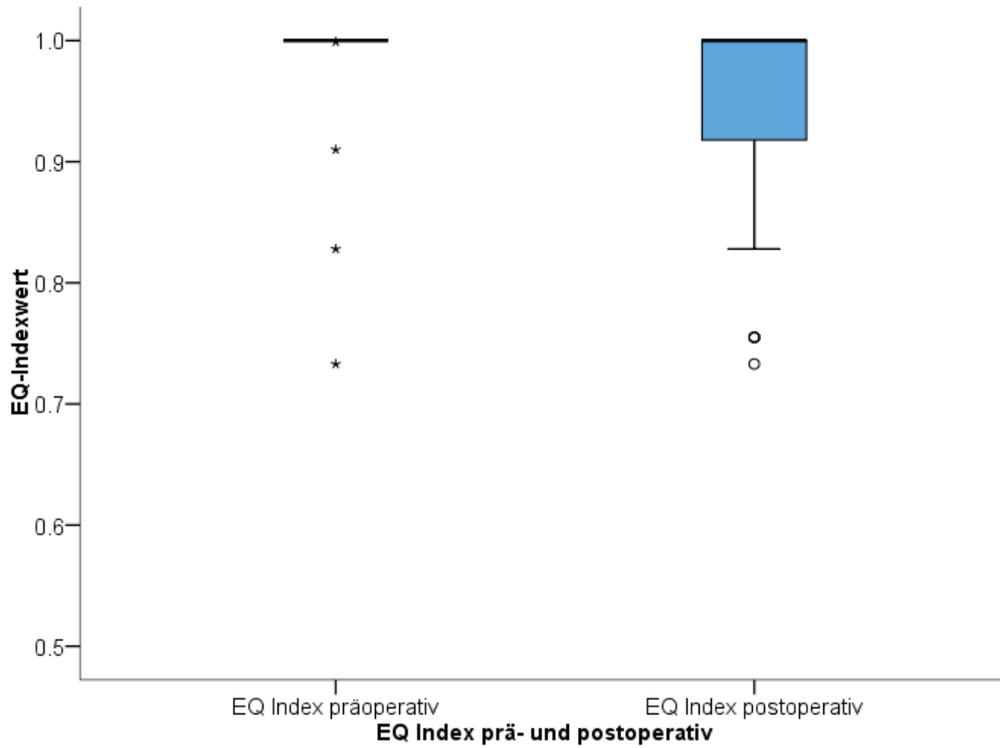


Abb. 6: Darstellung der EQ-Indizes prä- und postoperativ

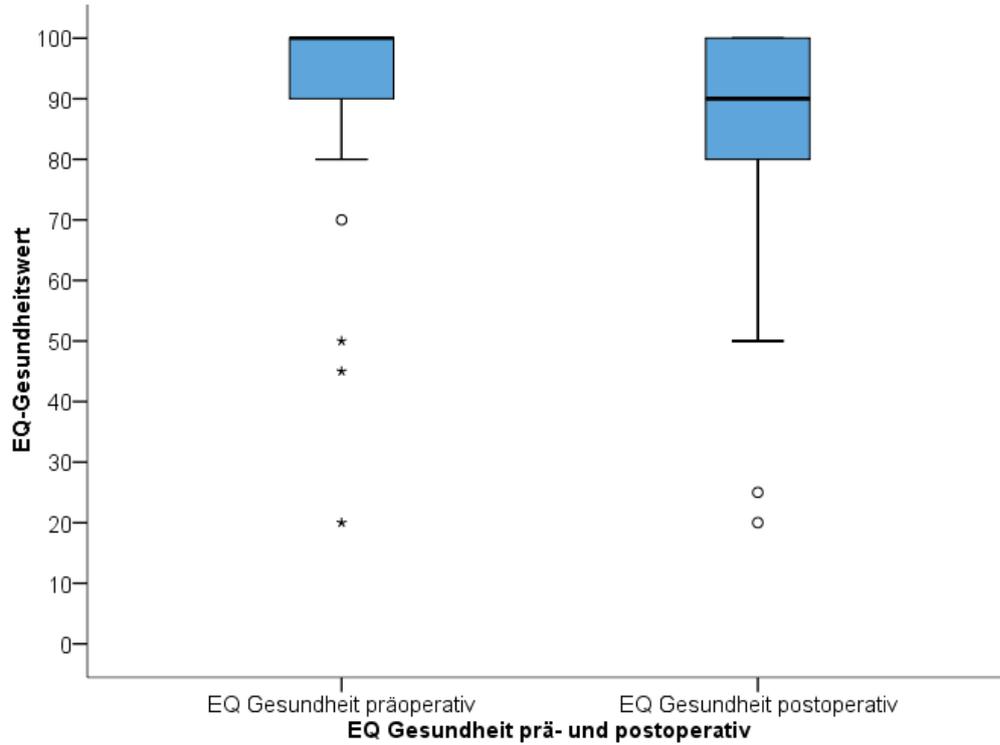


Abb. 7: Darstellung der EQ-Gesundheitswertes prä- und postoperativ

3.6.2 DASH-Score

Die Schulterfunktion im DASH-Score wurde mit durchschnittlich 6.933 ± 14.199 Punkten als sehr gut bewertet (0 – 59.16 Punkte, Median: 0.83 Punkte), was dafür spricht, dass die meisten Patienten das Behandlungsergebnis als sehr gut beurteilten und nur einige Patienten weniger zufrieden waren (Abb. 8).

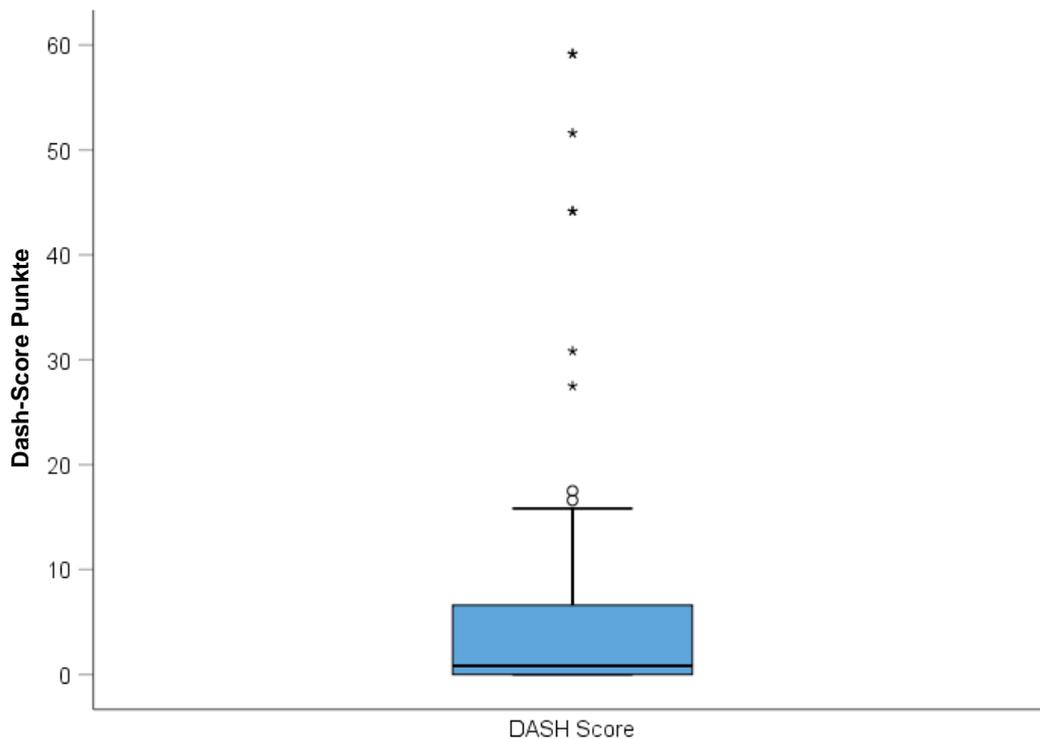


Abb. 8: Ergebnisse des DASH-Scores postoperativ

3.6.3 Visuelle Analogskala (VAS)

Zum Ausmaß der Schmerzen vor der Operation konnten 64 Patienten Angaben machen. 5 Patienten konnten retrospektiv den Schmerz, den sie präoperativ empfanden, nicht mehr einschätzen. Das Maximum lag bei einem Wert von 100, das Minimum bei 0 und der Median bei 50.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurden von allen 69 Patienten Angaben zum aktuellen Schmerzempfinden gemacht. Es wurde ein Median von 0 ermittelt. Das Maximum lag bei 75, das Minimum bei 0 (Abb. 9) Dabei zeigte sich, dass das Schmerzempfinden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung signifikant abgenommen hatte ($z = -5.28, p < 0.001$).

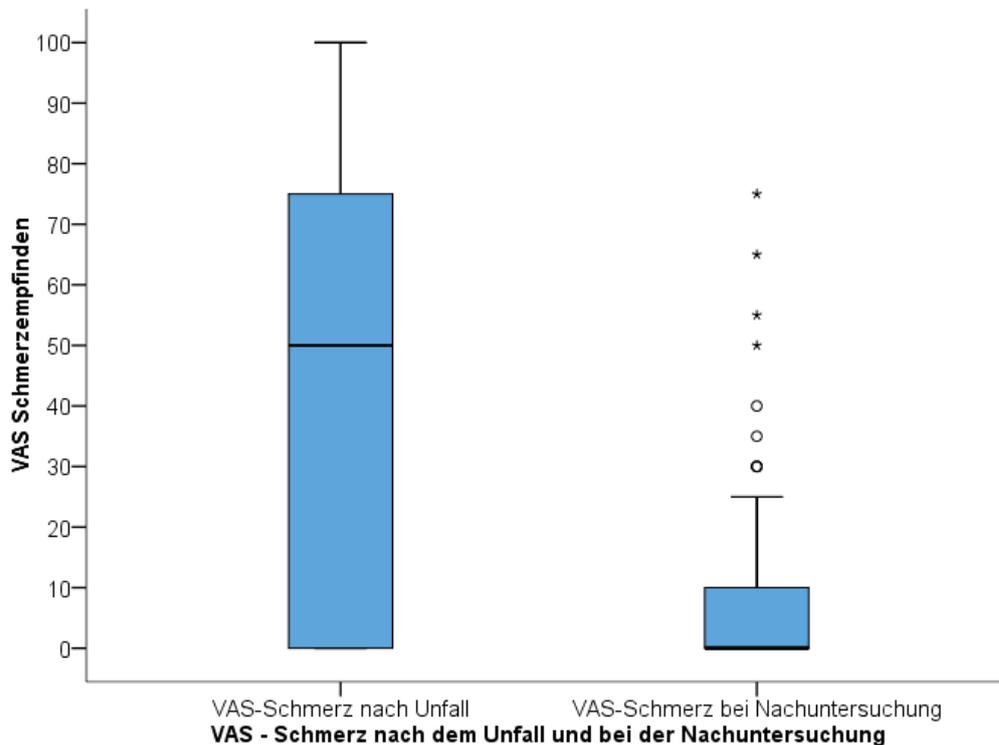


Abb. 9: Schmerzintensität nach dem Unfall und bei der Nachuntersuchung

5.6.4 Constant-Murley-Score (CMS)

Der CMS der gesunden und der betroffenen Schulter konnte von 66 Patienten erhoben werden. Der Score der gesunden Schulter lag im Durchschnitt bei 88.3 ± 14.8 Punkten (32 – 100 Punkte, Median: 91 Punkte). Für die Berechnung des normierten Scores nach Constant mussten weitere 4 Patienten ausgeschlossen werden, da ein Mindestalter von 21 Jahren Voraussetzung für die Berechnung war (Tab. 11). Im Mittel wurde für die gesunde Schulter ein normierter Constant-Murley-Score von 101.1 ± 17.7 % (41 – 133 %, Median: 104 %) erreicht.

Im Vergleich dazu lag das Ergebnis der betroffenen Schulter im Durchschnitt bei 84.4 ± 17.2 Punkten (26 – 100 Punkte, Median: 88 Punkte). Im normierten Score nach Constant wurden dabei durchschnittlich 96.4 ± 19.8 % (34 – 133 %, Median: 101 %) erreicht. Der normierte Constant-Murley-Score der betroffenen Seite fiel damit signifikant niedriger aus als der Constant-Murley-Score der gesunden Seite ($z = -4.22$, $p < 0.001$).

Nach Normierung des CMS der gesunden Schulter und dessen Bewertung, wie in Tab. 12 dargestellt, wiesen 55 Patienten ein exzellentes, ein Patient ein gutes und zwei Patienten ein befriedigendes Ergebnis auf. Die Bewertung fiel nur bei einem Patienten mit einem ausreichenden und bei drei Patienten mit einem mangelhaften Ergebnis aus.

Auf der betroffenen Seite erreichten 46 Patienten ein exzellentes, 7 Patienten ein gutes und zwei Patienten ein befriedigendes Ergebnis nach Normierung des CMS. Dagegen wurde bei drei Patienten das Behandlungsergebnis mit ausreichend und vier Patienten mit mangelhaft bewertet.

3.7 Mögliche Einflussfaktoren auf die Scores

3.7.1 Einfluss des Geschlechts auf die allgemeine Lebensqualität und die Schmerzwahrnehmung

Um zu prüfen, ob Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich der allgemeinen Lebensqualität (EQ-Index) und der Schmerzwahrnehmung (VAS) bestanden, wurden die Ergebnisse mit Hilfe des Mann-Whitney-Test ausgewertet.

Zur Analyse in Bezug auf die allgemeine Lebensqualität wurden die Veränderungen der prätraumatischen zu den posttraumatischen EQ-Indizes erfasst und auf Unterschiede mit dem Geschlecht untersucht. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen dem Geschlecht und der Veränderung der allgemeinen Lebensqualität nachgewiesen werden ($z = 1.44$, $p = 0.15$).

Zur Analyse der Schmerzwahrnehmung (VAS) wurden die Veränderungen des Schmerzes erfasst und auf geschlechtsbezogene Unterschiede untersucht. Dabei gab es keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Schmerzwahrnehmung zwischen den Geschlechtern ($z = -0.117$, $p = 0.91$).

3.7.2 Einfluss der Traumalokalisation, der Frakturklassifikation und der Frakturversorgung auf die allgemeine Lebensqualität und die Schmerzwahrnehmung

Um zu überprüfen, ob Unterschiede zwischen der Traumalokalisation bezüglich der allgemeinen Lebensqualität (EQ-Index) und der Schmerzwahrnehmung (VAS) bestanden, wurde der Mann-Whitney-Test eingesetzt. Betrachtet man die Traumalokalisation in Hinblick auf die allgemeine Lebensqualität, konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($z = -0.942$, $p = 0.35$). Die Unterschiede zwischen der Traumalokalisation bezüglich der Schmerzwahrnehmung waren ebenfalls nicht signifikant ($z = -0.443$, $p = 0.66$).

Um zu prüfen, ob die Frakturklassifikation (siehe Kapitel 2.3) einen Einfluss auf die allgemeine Lebensqualität und die Schmerzwahrnehmung hatte, wurde der Kruskal-Wallis-Test eingesetzt. Es konnte gezeigt werden, dass keine signifikante Korrelation zwischen der Frakturklassifikation und der allgemeinen Lebensqualität ($\chi^2(2) = 5.48$, $p = 0.06$) bzw. der Schmerzwahrnehmung bestand ($\chi^2(2) = 3.85$, $p = 0.15$).

Des Weiteren wurden Unterschiede zwischen der Art der Frakturversorgung bezüglich der allgemeinen Lebensqualität und der Schmerzwahrnehmung untersucht. Hier zeigte sich, dass die Frakturversorgung einen signifikanten Einfluss sowohl auf die allgemeine Lebensqualität ($\chi^2(3) = 8.21$, $p = 0.042$) als auch die Schmerzwahrnehmung hatte ($\chi^2(3) = 9.35$, $p = 0.025$).

3.7.3 Einfluss des Kostenträgers auf die stationäre Liegezeit und die Arbeitsunfähigkeitsdauer

Um einen möglichen Einfluss des Kostenträgers auf die stationäre Liegezeit und die Arbeitsunfähigkeitsdauer (AU-Dauer) zu überprüfen, wurde der Kruskal-Wallis-Test eingesetzt (Tab. 16).

Tab. 16: Einfluss des Kostenträgers auf die stationäre Liegezeit und AU-Dauer

Kostenträger	Zeit stationär in Tagen (Median)	Arbeitsunfähigkeitsdauer in Wochen (Median)
Berufsgenossenschaft	15.00	7.00
Unfallkasse	6.00	4.00
GKV/PKV	4.00	6.00
Signifikanz	p = 0.005	p = 0.57

Betrachtet man die stationäre Liegezeit, konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Kostenträgern ermittelt werden ($\chi^2(2) = 10.65, p = 0.005$). So lagen berufsgenossenschaftlich versicherte Patienten mit im Median 15 Tagen signifikant länger im Krankenhaus als Patienten, welche durch die Unfallkasse (Median = 6.00) oder die GKV/PKV (Median = 4.00) versichert waren. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Kostenträgern und der Arbeitsunfähigkeitsdauer konnte dagegen nicht nachgewiesen werden ($\chi^2(2) = 1.14, p = 0.57$).

3.7.4 Einfluss des Alters auf die Frakturversorgung

Unter Betrachtung der Altersmediane der vier Gruppen zeigte sich deutlich, dass mit zunehmendem Alter die konservative Therapie (Median = 60 Jahre) häufiger Anwendung fand. Der jüngste, konservativ behandelte Patient war 56 Jahre, der älteste 79 Jahre alt. Bei jungen Patienten (Median 28 bzw. 29 Jahre) wurde die Frakturversorgung vorrangig mittels TEN (n = 3; 16 – 48 Jahre) oder Hakenplattenosteosynthese (n = 9; 14 – 71 Jahre) durchgeführt. Die Plattenosteosynthese (15 – 83 Jahre, Median = 48 Jahre) fand hingegen in einem breiteren Patientenspektrum (n = 52) Anwendung als die konservative Therapie oder die Versorgung mittels TEN (Tab. 17).

Unterschiede der Frakturversorgung im Hinblick auf das Alter der Patienten wurden mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests überprüft. Damit konnten signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Formen der Frakturversorgung in Bezug auf das Alter nachgewiesen werden ($\chi^2(3) = 11.82, p = 0.008$): Bei jüngeren Patienten fand in erster Linie der TEN und die Hakenplatte Anwendung, bei älteren Patienten die Plattenosteosynthese (Abb. 10).

Tab. 17: Frakturversorgung in Bezug auf das Alter der Patienten

		Frakturversorgung			
		TEN	Hakenplatten- osteosynthese	Platten- osteosynthese	konservativ
Alter (Jahre)	N	3	9	52	5
	Minimum	16	14	15	56
	1. Quartil	16	18	32	57
	Median	28	29	48	60
	3. Quartil	48	55	52	72
	Maximum	48	71	83	79

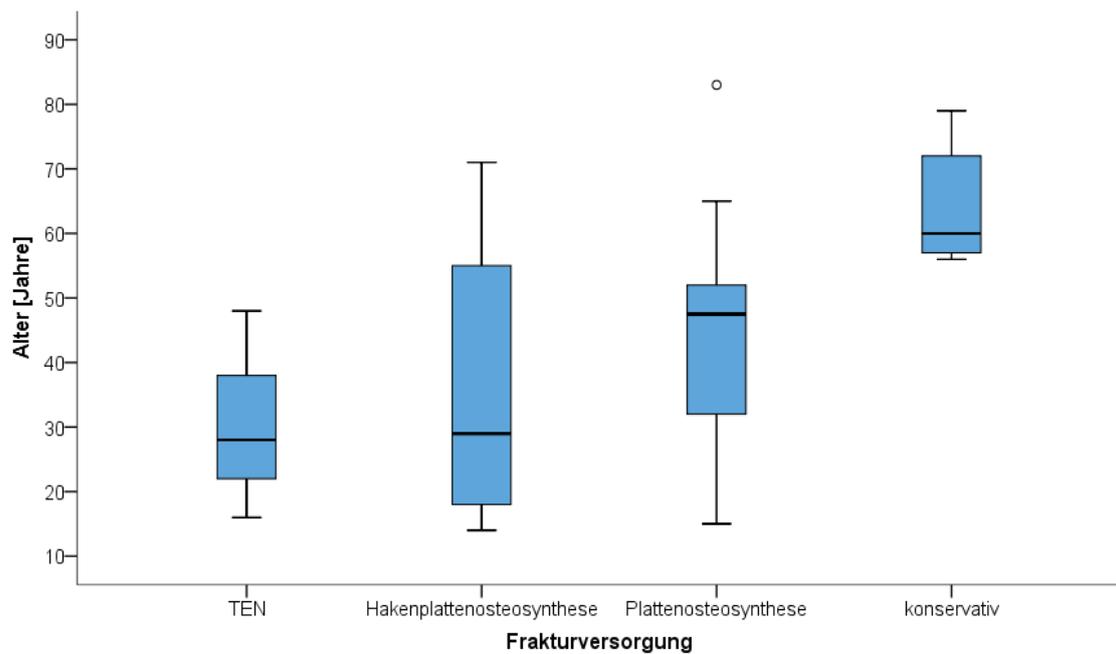


Abb. 10: Frakturversorgung in Bezug auf das Alter der Patienten

4. Diskussion

Trotz kontroverser Diskussionen um die klinische Bedeutung der Claviculafraktur gehört sie nach der distalen Radiusfraktur zu den häufigsten Frakturen beim Erwachsenen und zählt mit ca. 10 % zu den häufigsten Skelettverletzungen unserer Zeit (Nordqvist und Petersson 1994; Nordqvist et al. 1998; Postacchini et al. 2002; Bakir et al. 2021; Bentley und Hosseinzadeh 2022). Dies ist vor allem der zunehmenden Ausübung von Risiko- und Trendsportarten wie vor allem Fahrradfahren (Mountainbiken), Snowboarden oder Surfen geschuldet. Dabei liegt das vorrangige Ziel der Behandlung in einer vollständigen Wiederherstellung der Schulterfunktion in kürzester Zeit, um eine rasche Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit oder der sportlichen Aktivitäten zu gewährleisten, wobei auch ästhetische Aspekte eine Rolle spielen.

Lange Zeit galt als Goldstandard der Therapie einer Claviculafraktur die konservative Behandlung, mit der laut diversen Studien sehr gute Resultate erzielt werden konnten (Neer 1960, 1968; Allman 1967; Blömer und Tscherne 1977; Petravic 1983; Jäger und Breitner 1984; Nordqvist und Petersson 1998). Durch die Weiterentwicklung konventioneller Operationstechniken und Fortschritte in der Implantologie haben operative Behandlungsformen immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dies war verbunden mit einer verbesserten Heilung sowie einer Senkung der Komplikationsrate (Schiffer et al. 2010). Eine genaue Analyse von Form und Ausmaß der Fraktur sowie möglicher Schäden umliegender Gewebestrukturen ist dabei unerlässlich. Daneben erfordert jede Claviculafraktur auch die Berücksichtigung individueller Patientencharakteristika wie z.B. berufliches und sportliches Aktivitätsniveau, um die für den Patienten bestmöglich Therapieoption zu wählen (Napora et al. 2018).

In dieser Studie sollten im Rahmen einer Nachuntersuchung klinische Ergebnisse nach konservativer bzw. operativer Behandlung von Claviculafrakturen unter Berücksichtigung der Lebensqualität ausgewertet werden, um hieraus mögliche Therapieempfehlungen abzuleiten, die der Entwicklung neuer Therapiekonzepte dienen können.

4.1 Diskussion der Methodik

Das Studienkollektiv der vorliegenden Untersuchung wurde aus Patienten, die aufgrund einer Claviculafraktur im Zeitraum von 01.01. bis 31.12.2014 an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen konservativ oder operativ behandelt worden waren, rekrutiert. Von diesen 119 Patienten erfüllten acht Patienten nicht die Einschlusskriterien dieser Studie und 39 Patienten konnten nicht für eine Nachuntersuchung gewonnen werden, sodass letztlich 69 Probanden an der Studie teilnahmen. Dies entspricht einer Follow-up-Rate von 63,9 %. Aufgrund der längeren Latenzzeit zwischen Behandlung und Aufnahme in die Studie - die Nachuntersuchungen wurden erst in der Zeit von Juni 2016 bis Dezember 2017 durchgeführt - war davon auszugehen, dass nicht alle in 2014 behandelten Patienten an der Studie teilnehmen und somit die Rücklaufquote niedriger ausfallen würde. In einer retrospektiven Multicenter-Studie zum klinischen Outcome nach konservativer vs. operativer Versorgung einer Clavículaschaftfraktur war bei einem ähnlich langen Nachuntersuchungszeitraum von im Median 2,1 Jahren mit 67 % eine vergleichbare Rücklaufquote erzielt worden (Tutuhatunewa et al. 2017). Dagegen war in einer retrospektiven Studie zu chirurgisch mittels Plattenosteosynthese behandelten Schlüsselbeinfrakturen mit 75 % eine deutlich höhere Rücklaufquote erreicht werden. Dies lag unter anderem daran, dass der Nachuntersuchungszeitraum von 2 Jahren schon während des OP-Zeitraumes begann und kurz nach dem fast 4-jährigen Studienzeitraum endete, womit eine nicht so lange Latenzzeit zwischen Operation und Befragung bzw. Nachuntersuchung bestand (Reichert 2007). Bei regulären Nachuntersuchungen in vorgegebenen Zeitabständen bis zur radiologisch gesicherten Frakturheilung konnte in verschiedenen Vergleichsstudien von konservativ und chirurgisch behandelten Schlüsselbeinfrakturen des mittleren Drittels dagegen eine Follow-up-Rate von 100 % erzielt werden (Jubel et al. 2005; Dhakad et al. 2016). Eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse kann somit bei festgelegten Nachuntersuchungszeitpunkten erreicht werden, was allerdings nur im Rahmen prospektiver Studien möglich ist.

Neben der klinischen Untersuchung war ein eigens entwickelter Fragebogen Grundlage der Nachuntersuchung. Dieser enthielt Fragen zu Risikofaktoren, dem genauen Unfallhergang, dem Aktivitätsniveau vor und nach der Behandlung sowie zum Verlauf der Therapie und dem aktuellen Befinden des Patienten. Da sich aber 30 Patienten keiner klinischen Untersuchung im Krankenhaus unterzogen, sondern nur den Fragebogen zurücksandten, stellt dies einen limitierenden Faktor hinsichtlich der Aussagekraft der Studie dar. So sind Aussagen zum Behandlungsergebnis durch gemessene Daten wie zum Bewegungsumfang im Rahmen einer klinischen Untersuchung objektiver als durch die Erhebung mittels Fragebogen, deren Angaben z. T. auf der subjektiven Einschätzung des Patienten beruhen.

Wie in diversen vorangegangenen Studien erfolgte die Beurteilung der Schulterfunktion anhand etablierter und empfohlener Scores wie dem DASH-Score oder dem Constant-Murley-Score (Reichert 2007; Canadian Orthopaedic Trauma Society 2007; Qvist et al. 2018). Zur Ermittlung des Constant-Murley-Scores wurde der von Boehm et al. (2004) weiterentwickelte Fragebogen zur Selbstevaluation der Schulterfunktion durch den Patienten verwendet, der den Vorteil bietet, dass auch bei den Patienten, die nicht an der klinischen Nachuntersuchung im Krankenhaus teilnahmen, valide Daten erhoben werden konnten. Zur Beurteilung des Schmerzempfindens wurde eine numerische Rating-Skala, die Visuelle Analog-Skala (VAS) als standardisiertes Tool eingesetzt. Um auch die Einschätzung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität des Patienten zu berücksichtigen, wurde der von der EuroQol-Gruppe entwickelte EQ-5D-3L-Fragebogen verwendet, der auch den persönlichen Gesundheitszustand mit einbezieht (Rabin und Charro 2001). Zur Evaluation der Lebensqualität findet er weltweit in vielen Studien in der mittlerweile erweiterten Form EQ-5D-5L mit fünf statt drei Antwortmöglichkeiten Anwendung (Naimark et al. 2016; Koch 2019; Nicholson et al. 2020). Vorteil dieses Fragebogens ist die Möglichkeit, Patientendaten untereinander zu vergleichen, aber auch Daten zum Behandlungsverlauf eines einzelnen Patienten zu betrachten (Rabin und Charro 2001). Mit der prä- und posttraumatischen REFA-Klassifizierung zur körperlichen Beanspruchung am

Arbeitsplatz wurden mögliche Einschränkungen durch die Frakturversorgung untersucht (Ateschrang et al. 2014). Besonders die Angaben zur Leistungsfähigkeit im Beruf und in der Freizeit nach der Frakturbehandlung lassen Rückschlüsse auf zukünftige Therapieempfehlungen zu.

Wie in allen retrospektiven Studien ist ein Kritikpunkt dieser Studie die nachträgliche Datenerhebung aus dem Gedächtnis, sodass besonders bei einem schon lange zurückliegendem Unfallereignis und relativ spätem Nachuntersuchungszeitpunkt die Angaben ungenau sein können. Durch ein prospektives Studiendesign könnten diese Limitationen behoben werden, was eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglicht. Dennoch konnte eine ausreichende Vergleichbarkeit geschaffen werden, da die Erhebung und Auswertung der Daten durch den gleichen Untersucher erfolgte und somit das Fehlerrisiko minimiert wurde.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Patientendaten

Die Hälfte der Patienten war zwischen 28 und 55 Jahre alt bei einem medianen Alter von 48 Jahren, wobei über 2/3 des nachuntersuchten Kollektivs männlich waren. Die meisten Patienten (65,2 %) hatten eine Claviculafraktur des mittleren Drittels erlitten, die sie sich am häufigsten bei der Ausübung sportlicher Aktivitäten zugezogen hatten. Diese Angaben entsprechen den epidemiologischen Daten in der Literatur (Robinson et al. 1998; Postacchini et al. 2002; Jubel et al. 2005; Schiffer et al. 2010; Dhakad et al. 2016, Karacabey und Sanri 2021; Storti et al. 2021), wobei in der vorliegenden Studie der prozentuale Anteil der Frakturlokalisation mit 27,5 % zugunsten des lateralen Drittels verschoben war. In einer Studie zur Anatomie der Clavicula konnte gezeigt werden, dass der Durchmesser des mittleren Drittels mit $1,2 \pm 0,2$ cm um ca. die Hälfte kleiner ist als der Diameter des medialen bzw. lateralen Drittels, wobei sich der geringste Durchmesser des Markkanals an der Umschlagstelle von der sternalen zur akromialen Kurvatur befindet. Dies erklärt die überproportionale Häufung von Frakturen des mittleren Drittels. Außerdem zeigte

sich eine Abnahme der Calcium-Knochendichte vom sternalen zum akromialen Schlüsselbein, weshalb die Frakturrate des lateralen Drittels, wie in der eigenen Studie auch, höher ist als die des medialen Drittels (Andermahr et al. 2007). Eine Seitenverteilung mit Präferenz der linken Seite, wie sie in der dieser Studie vorlag, konnte auch in einer prospektiven Vergleichsstudie (konservativ vs. Marknagelung) zu diaphysären Claviculafrakturen bei den mit einer ESIN versorgten Patienten beobachtet werden. Dagegen war in jener Studie bei den mit Rucksackverband behandelten Patienten vorrangig die rechte Seite betroffen (Jubel et al. 2005).

Während nur 5 Patienten konservativ versorgt worden waren, galt das Plattenosteosyntheseverfahren wie in vielen Studien (Ban et al. 2016; Jiang et al. 2017; Tsai et al. 2019) als die am häufigsten angewandte chirurgische Behandlungsmethode dieser Untersuchung (75,4 %). Dagegen wurde der TEN nur bei drei Patienten angewendet, was auch darauf zurückzuführen ist, dass aufgrund des engen Markkanals im mittleren Drittel der Clavicula hier eher die Plattenfixation als Frakturbehandlung gewählt wurde (Andermahr et al. 2007). Andererseits können auch Stückfrakturen, so genannte C-Frakturen nach AO-Klassifikation, oder ein verlegter Markraum den Einsatz des elastischen Titannagels limitiert haben (Andermahr et al. 2008). Der relativ häufige Einsatz von Hakenplatten (13 %) in der vorliegenden Studie ist möglicherweise dem hohen Anteil von lateralen Claviculafrakturen (27,5 %) geschuldet, da sich die Hakenplattenosteosynthese als Mittel der Wahl zur Fixation einer lateralen Claviculaschaftfraktur bewährt hat (Shih et al. 2020).

Bei der chirurgischen Versorgung lag die Krankenhausverweildauer im Median bei 4 Tagen, das eingebrachte Implantat wurde in durchschnittlich 387 Tagen entfernt. Während ältere Studien eine Materialverweildauer von 5-6 Monaten beschreiben (Jäger und Breitner 1984), werden in neueren Studien wie bei Reichert (2007) (9,93 Monate im Durchschnitt) oder Tsai et al. (2019) (12,6 Monate \pm 7,5) die Implantate wie in der eigenen Studie mit mindestens einem Jahr weitaus länger belassen. Hakenplatten als Versorgung einer lateralen

Claviculafraktur wurden dagegen mit durchschnittlich 7,4 Monaten deutlich früher entfernt (Shih et al. 2020). Dies liegt vor allem in der biomechanischen Beanspruchung der lateralen Clavicula bei Abduktion der Schulter über die Horizontale begründet, was bei einliegender Hakenplatte zu einer Blockierung des physiologischen Gelenkspiels führen würde und somit eine frühere Materialentfernung rechtfertigt (Izadpanah et al. 2016).

Die physiotherapeutischen Anwendungen erfolgten bei allen Probanden im Median über 6 Wochen, wie es auch in anderen Arbeiten beschrieben wurde (Canadian Orthopaedic Trauma Society 2007), während die Patienten zwischen 0 und 216 Wochen bei einem Median von 6 Wochen krankgeschrieben waren. Allerdings wurde hier nicht differenziert zwischen der Art der Frakturversorgung. Unter dem Aspekt, dass nur 5 von 69 Patienten konservativ behandelt wurden, deckt sich die AU-Dauer mit den Angaben einer Studie zur Wirtschaftlichkeit von operativen vs. konservativen Schlüsselbeinfrakturbehandlungen, bei der die AU-Dauer bei operativer Versorgung zwischen 8 und 193 Tagen und bei der konservativen Therapie zwischen 24 bis 69 Tagen lag (Kask et al. 2020). Eine andere Studie gab die Dauer der Krankschreibung mit einem Median von 13,5 Tagen bei operativ behandelten und 30,0 Tagen bei konservativ behandelten Patienten an (Tutuhatunewa et al. 2017). Der in der vorliegenden Studie angegebene Wert von 0 Tagen Krankschreibung trifft wahrscheinlich auf Patienten zu, die noch nicht im Berufsleben standen. Andererseits deutet die lange AU-Zeit von 216 Wochen auf Komplikationen hin, die häufig mit der operativen Frakturbehandlung assoziiert sind. Auch in der Studie von Kask et al. (2020) war die AU-Zeit mit maximal 193 Tagen signifikant länger als bei den konservativ versorgten Patienten (Maximum 69 Tage). Zudem könnten längere AU-Zeiten darin begründet sein, dass nach einer operativen Therapie insbesondere junge Männer mit mangelnder Compliance die empfohlenen drei Monate Schonung bis zur Wiederaufnahme der sportlichen und beruflichen Aktivitäten nicht einhielten und schon früher mit härterem Training begannen, was das Risiko einer Refraktur erhöht (Canadian Orthopaedic Trauma Society, 2007).

4.2.2 Funktionelles Ergebnis

In der klinischen Nachuntersuchung zeigte sich bei 16,7 % der Patienten eine sichtbare Atrophie der Schultermuskulatur und bei 14,2 % der Patienten eine sichtbare sowie palpable Stufenbildung im Verlauf der Clavicula. Bei der Palpation der Clavicula beklagten 33,3 % der Patienten zudem eine Druckschmerzhaftigkeit. Die Stufenbildung spricht für eine noch in der Nachuntersuchung bestehende Dislokation der Fraktur (Müller 2017), die auch bei den Patienten mit operativer Behandlung aufgetreten war und bei Schädigung des Weichteilgewebes zu Schmerzen führen kann. Möglicherweise ursächlich hierfür waren Claviculafrakturen des distalen Drittels, bei denen eine chirurgische Versorgung oftmals schwieriger ist als bei der Fraktur des medialen Drittels (Neer 1968; Denard et al. 2005; Koppe und Reilmann 2010). Ein Klaviertastenphänomen, was insbesondere bei lateralen Claviculafrakturen ausgelöst werden kann (Gerhardt et al. 2011), war bei keinem der Patienten aufgetreten. In Anbetracht der hohen Anzahl von Claviculafrakturen des lateralen Drittels (27,5 %) kann davon ausgegangen werden, dass die vertikale Stabilität dieser Frakturlokalisierung durch die operative Versorgung erreicht werden konnte.

In Bezug auf den Bewegungsumfang war bei mindestens 80 % der Probanden das physiologische Bewegungsausmaß des Schultergelenks in Ante- und Retroversion, Ab- und Adduktion, Innen- sowie Außenrotation auch in 90° Abduktion zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wiederhergestellt. Besonders in der Innen- und Außenrotation bei 90° Abduktion zeigten sich nur bei wenigen Patienten Bewegungseinschränkungen des Schultergelenks. Bei Patienten mit Funktionsstörungen in dem jeweiligen Bewegungsgrad waren diese in über 2/3 Drittel der Fälle nur auf eine Bewegungsrichtung beschränkt. Vornehmlich bestanden die Bewegungseinschränkungen in der Abduktion, Außenrotation und Anteversion, was möglicherweise durch physiotherapeutisch angeordnete Bewegungseinschränkungen zur Ausheilung von Bandstrukturen, aber auch einer schon eingetretenen Verkürzung des Bandapparates bedingt sein könnte. Patienten mit Rucksackverband nach Claviculafraktur wiesen in einer

Vergleichsstudie ebenfalls eine signifikant schlechtere Schulterbeweglichkeit ($p < 0,001$) in Abduktion und Anteversion auf als Patienten mit der intramedullären Nagelung einer Schlüsselbeinfraktur. Diese hatte bei der letzten Nachuntersuchung nach 6 Monaten wieder den vollen Bewegungsumfang erreicht, was bei den konservativ behandelten Patienten jedoch nicht zutraf (Jubel et al. 2005). Auch in den Nachuntersuchungen durchschnittlich 22 Monate nach der operativen Versorgung einer Acromioclaviculargelenksprengung mittels Hakenplatte zeigten sich die meisten Einschränkungen in der Abduktion, Anteversion und Außenrotation (Koch 2019).

4.2.3 Auswertung der Scores

Das funktionelle Ergebnis aus der klinischen Untersuchung wurde auch anhand der Scores, die eine Aussage über die Schulterfunktion zulassen, ausgewertet. Sowohl im DASH-Score als auch im Constant-Murley-Score zeigten sich in der Nachuntersuchung gute Ergebnisse. So wurde die Schulterfunktion im DASH-Score mit durchschnittlich $6,933 \pm 14,199$ Punkten bewertet und lag damit sogar unter dem Normalwert der allgemeinen Bevölkerung von 10,10 Punkten (Hunsaker et al. 2002). Ähnlich niedrige Werte für den DASH-Score von $4,0 \pm 8,9$ wurden bei mittleren Claviculafrakturen mittels Fixation konturierter oder Standardclaviculaplatten in einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 4,2 Jahren erzielt (Naimark et al. 2016). Bei einer intramedullären Nagelung einer diaphysären Claviculafraktur ging bei der Nachuntersuchung nach 6 Monaten der durchschnittliche DASH-Score sogar gegen 0, während er bei den mit Rucksackverband behandelten Patienten bei 10 Punkten lag (Jubel et al. 2005) und nach Plattenosteosynthese dislozierter Claviculaschaftfrakturen sogar einen Score von 11,87 erreichte (Reichert 2007). Die große Streuung der Werte in der eigenen Studie könnte daher auf schlechtere DASH-Scores bei den konservativ behandelten Patienten zurückzuführen sein. Um diese Vermutung zu untermauern, wäre hier eine differenzierte Betrachtung des Scores bei den jeweiligen Behandlungsmethoden wie bei Jubel et al. (2005) sinnvoll.

Ungeachtet der alters- und geschlechtsspezifischen Unterschiede lag der normierte Constant-Murley-Score (CMS) für die gesunde Schulter im

Patientenkollektiv ($n = 62$) im Durchschnitt bei $101.1 \pm 17.7 \%$, während für die betroffene Schulter die Mittelwerte mit $96.4 \pm 19.8 \%$ signifikant niedriger ($p < 0,001$) waren, wenngleich sie dem Normalwert in der gesunden Bevölkerung entsprachen (Katolik et al. 2005) und zwischen den Werten anderer Studien lagen. So wurde bei der Behandlung einer Claviculafraktur mit der ESIN ein durchschnittlicher CMS 6 Monate postoperativ von 100 Punkten ermittelt, der bei den konservativ behandelten Frakturen signifikant ($p < 0,001$) auf ca. 90 Punkte sank (Jubel et al. 2005). Auch andere Studien zeigten sogar noch ein Jahr nach dem Trauma signifikante Unterschiede hinsichtlich des CMS und des DASH-Scores zwischen der konservativ und plattenosteosynthetisch behandelten Patientengruppe (Canadian Orthopaedic Trauma Society 2007), während in einer anderen klinischen Studie die schlechteren Werte für die konservativ behandelten Patienten nach 6 Monaten nicht mehr signifikant waren (Qvist et al. 2018). Gegenüber der vorliegenden Studie wiesen Behandlungsergebnisse von Behandlungen dislozierten Clavículaschafffrakturen mittels Plattenosteosynthese einen mittleren Constant-Score von nur 91,98 Punkten auf (Reichert 2007). Damit zeigten sich zufriedenstellende Behandlungsergebnisse in der eigenen Studie, die dem hohen Anteil an operativ behandelten Patienten (92,8 %) geschuldet sein dürften.

Die Tatsache, dass mindestens 80 % der Patienten dieser Studie den physiologischen Bewegungsumfang der Schulter wiedererlangt hatten, spiegelt sich auch darin wider, dass bei 74,2 % der Patienten das Ergebnis der betroffenen Schulter als exzellent und noch bei 11,2 % als gut bewertet wurde (Boehm et al. 2004). Dies entspricht den Angaben bei der plattenosteosynthetischen Versorgung einer dislozierten Clavículaschafffraktur mit 72 % exzellenten und 19 % guten Ergebnissen (Reichert 2007), die in der eigenen Studie auch den Hauptanteil der operativen Behandlungsmethoden ausmachte. Die Validität des von Boehm et al. (2004) entwickelten Fragebogens zur Selbstevaluation der Schulterfunktion durch den Patienten konnte in einer neueren Studie (Chelli et al. 2019) bestätigt werden, die einen ähnlichen Selbstbeurteilungsfragebogen zum CMS, allerdings in französischer Sprache,

verwendete und dabei eine große Übereinstimmung des Constant-Scores durch den Arzt bzw. den Patienten selbst darstellen konnte.

Bei der Auswertung des EQ-5D-3L-Fragebogens zeigte sich eine signifikante Verschlechterung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ($p < 0,001$). Vor der Operation lag der durchschnittliche EQ-Index bei $0,9923 \pm 0,3928$ (0,73 – 1,000), der postoperativ auf $0,9580 \pm 0,7609$ (0,73 – 1,000) sank. Ebenso sank die subjektive Gesundheitseinschätzung signifikant nach der Behandlung: So betrug der EQ-Gesundheitswert präoperativ bei den Patienten auf einer Skala von 0 – 100 im Median 100 mit einem Maximum bei 100 und einem Minimum bei 20. Postoperativ verringerte sich der Median auf einen Wert von 90 (20 – 100). Allerdings ist hierbei anzumerken, dass eine Aussage zum Effekt der Operationstechnik auf die Lebensqualität aufgrund fehlender Differenzierung der Behandlungsmethoden nicht möglich war. Auch dürfte bei nur fünf konservativ behandelten Patienten der Vergleich zwischen konservativer und operativer Versorgung ohne Relevanz sein. In einer Studie zur Fixation von Claviculaplatten bei Schafffrakturen wurden nach einer mindestens 1-jährigen Nachbeobachtungszeit mit einem EQ-Index von $0,89 \pm 0,19$ und einem allgemeinen Gesundheitswert von $93,8 \pm 15,9$ vergleichbare Werte ermittelt (Naimark et al. 2016). In einer Untersuchung zur Abheilung von Claviculaschafffrakturen betrug der mittlere EQ-Index 24 Wochen postoperativ bei den Patienten ohne abgeheilte Fraktur 0,60, während er bei den Patienten mit verheilte Fraktur mit 0,92 signifikant höher war (Nicholson et al. 2020). Dieser Wert lag zwar geringgradig unter dem EQ-Index der vorliegenden Studie, wurde jedoch in einem früheren Nachuntersuchungszeitraum als der vorliegenden Studie ermittelt. Dies ist zu berücksichtigen, da in jener Studie gezeigt werden konnte, dass mit zunehmendem Nachuntersuchungstermin die EQ-5D-Indizes wieder anstiegen. Auch unter kritischer Betrachtung dieser Ergebnisse wurde die gesundheitsbezogene Lebensqualität von den Patienten dieser Studie als sehr gut bewertet, zumal die minimalen und maximalen EQ-Indizes prä- und postoperativ im gleichen Bereich blieben. Eine ähnliche Analyse erfolgte in einer retrospektiven Studie zur operativen Versorgung einer

Acromioclaviculargelenksprengung mittels Hakenplatte, bei der jedoch die aktuellere Version des Fragebogens zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität mittels EQ-5D-5L verwendet wurde. Dieser hält für jede Komponente nicht nur drei, sondern fünf Antwortmöglichkeiten bereit. Hier zeigten sich ebenfalls signifikant schlechtere Werte für die gesundheitsbezogene Lebensqualität im EQ-5D-5L-Fragebogen postoperativ: Während der EQ-Indexwert präoperativ bei durchschnittlich 0,976 und der EQ-Gesundheitswert bei 91,6 Punkten lag, wurde in der Nachuntersuchung, die im Durchschnitt 22 Monate postoperativ stattfand, ein EQ-Index von 0,938 und ein EQ-Gesundheitswert von 85,6 Punkte gemessen (Koch 2019). Anzumerken ist hier, dass eine direkte Vergleichbarkeit der Werte nicht möglich ist, sondern lediglich die gleichen Änderungen der Werte prä- und postoperativ dargestellt werden sollten. Es hatte sich nämlich in einer direkten Gegenüberstellung des EQ-5D-3L und des EQ-5D-5L in einer Gesundheitsstudie der Allgemeinbevölkerung gezeigt, dass im EQ-5D-5L die Indizes geringgradig gegenüber dem EQ-5D-3L zunahmen, der prozentuale Anteil der Bevölkerung mit dem besten Gesundheitswert aber leicht abnahm (Martí-Pastor et al. 2018).

Zum Ausmaß der Schmerzen konnte mit Hilfe der VAS eine signifikante Abnahme des Schmerzempfindens in der Nachuntersuchung festgestellt werden, wobei der Median vor dem Unfall einen VAS-Wert von 50 und nach der Behandlung von 0 aufwies ($p < 0,001$). Auch in der prospektiven Studie von Jubel et al. (2005) zur konservativen oder operativen Behandlung (mittels ESIN) einer diaphysären Claviculafraktur war das subjektive Schmerzempfinden in beiden Untersuchungsgruppen deutlich rückläufig in den Nachuntersuchungen. Allerdings lagen die Werte vor der Behandlung in beiden Gruppen mit 77 ± 14 (konservativ) bzw. 74 ± 18 (operativ) Punkten höher als in der vorliegenden Studie, wobei berücksichtigt werden muss, dass deren Werte als Mittelwerte und nicht Mediane angegeben wurden. Bei der letzten Nachuntersuchung nach 6 Monaten wurden in jener Studie in der operierten Patientengruppe dann ebenfalls Mittelwerte auf der VAS von 0 Punkten erreicht. Wie in der vorliegenden Untersuchung waren auch in einer Gegenüberstellung von Schlingenverband und Plattenosteosynthese bei Claviculaschaftfrakturen in der Studie von Virtanen

und Kollegen (2012) die Schmerzen über einen einjährigen Nachbeobachtungszeitraum deutlich rückläufig und zeigten ein Jahr nach dem Trauma vergleichbare VAS-Werte mit durchschnittlich $7 \pm 18,6$ (konservativ) bzw. $3 \pm 6,0$ (operativ). Auch hier muss wieder berücksichtigt werden, dass die eigene Studie keine Mittelwerte, sondern Mediane bestimmte, wobei ein Maximalwert von 75 erreicht wurde.

Bei der Auswertung der Scores wie z. B. dem Schmerzempfinden oder der Lebensqualität ist zu berücksichtigen, dass Komorbiditäten oder Voroperationen/Vorbehandlungen in dieser Studie nicht erfasst wurden, diese aber die Frakturheilung und das postoperative Outcome negativ beeinflussen können. Dies wiederum kann sich dann z. B. in einem schlechteren Score für die Lebensqualität oder das Schmerzempfinden widerspiegeln und macht eine klare Abgrenzung schwierig, sodass hier ein mögliches Bias nicht auszuschließen ist. Das retrospektive Studiendesign könnte auch die signifikant niedrigeren EQ-Indizes in der Nachuntersuchung erklären, da einige Patienten aus der Erinnerung heraus möglicherweise ihren präoperativen Gesundheitsstatus idealisiert oder überschätzt haben (Naimark et al. 2016).

4.2.4 Weitere Analysen

Hierfür wurden die prä- und posttraumatischen EQ-Indizes sowie die Schmerzwahrnehmung vor dem Unfall und nach der Behandlung auf Unterschiede bzw. Zusammenhänge mit anderen Variablen untersucht. Dabei zeigte sich kein signifikanter Unterschied zur Veränderung der Lebensqualität oder der Schmerzwahrnehmung hinsichtlich des Geschlechts, der Traumalokalisation oder der Frakturklassifikation. Dagegen hatte die Art der Frakturversorgung einen signifikanten Einfluss auf die allgemeine Lebensqualität ($p = 0,042$) ebenso wie das Schmerzempfinden ($p = 0,025$). Ähnliches konnte in einer retrospektiven Multicenter-Studie zu konservativ oder chirurgisch behandelten Claviculafrakturen nicht bestätigt werden, allerdings war zumindest die Patientenzufriedenheit in der operierten Patientengruppe größer (Tutuhatunewa et al. 2017). Dagegen zeigten sich auch in der Vergleichsstudie zur Behandlung einer diaphysären Claviculafraktur in der Nachuntersuchung

signifikant niedrigere Werte für das Schmerzempfinden auf der VAS ($p < 0,05$) bei den mittels intramedullärer Marknagelung behandelten Patienten gegenüber den konservativ mittels Rucksackverband therapierten Patienten. Zudem schätzten ab diesem Zeitpunkt die operierten Patienten die subjektive Zufriedenheit signifikant besser ein ($p < 0,001$) als jene mit konservativer Behandlung (Jubel et al. 2005).

Weiterhin bestand ein signifikanter Einfluss des Kostenträgers auf die stationäre Liegezeit ($p = 0,005$). So wurden berufsgenossenschaftlich versicherte Patienten mit im Median 15 Tagen signifikant länger stationär behandelt als Patienten, welche durch die Unfallkasse (Median = 6 Tage) oder die GKV/PKV (Median = 4 Tage) versichert waren. Die Arbeitsunfähigkeitsdauer war zwar länger bei den berufsgenossenschaftlich versicherten Patienten, doch erreichten diese Unterschiede zwischen den Kostenträgern nicht das Signifikanzniveau. Auch bei Patienten, die bei einem Arbeitsunfall eine Acromioclaviculargelenksprengung erlitten hatten und mittels Hakenplatte versorgt wurden, waren die stationären Liegezeiten mit im Median 3,5 Tagen signifikant länger als bei den Patienten, deren Unfall sich im privaten Kontext ereignet hatte. Entgegen der eigenen Studie waren zudem mit 12 vs. 7 Wochen die Arbeitsunfähigkeitszeiten bei den berufsgenossenschaftlich Versicherten signifikant länger (Koch 2019). Die längeren Liege- und AU-Zeiten dürften sich dadurch erklären, dass die Berufsgenossenschaften den Auftrag haben, Maßnahmen nach einer Akutbehandlung zu ergreifen, die der frühzeitigen Beseitigung oder Besserung des Gesundheitsschadens und der Minderung von Folgeschäden dienen, um dem Versicherten seinen Platz in der Arbeitswelt zu erhalten (Bischoff 2004).

Bei möglichen Einflussgrößen ließ sich auch eine Korrelation zwischen Alter und Versorgungsart eruieren ($p = 0,008$). So zeigte sich, dass mit zunehmendem Alter die konservative Therapie häufiger Anwendung fand, wobei die kleine Kohortengröße von 5 Patienten berücksichtigt werden muss. Dagegen wurde die Versorgung der Fraktur mittels TEN vorrangig bei jungen Patienten angewendet. Möglicherweise spielten hier kosmetische Gründe wegen der minimalinvasiven

Operationstechnik bei der Implantation eines TEN eine Rolle (Andermahr et al. 2007). In einer Befragung von Krankenhäusern in Dänemark, Schweden und Finnland zur Versorgung einer verschobenen Clavículaschaftfraktur spielte hingegen das Alter der Patienten keine besondere Rolle bei der Therapieentscheidung, während Komorbiditäten und Alkoholabusus als wichtige Kontraindikation für eine operative Behandlung angesehen wurden (Ban et al. 2016). Neben der Plattenosteosynthese war in der vorliegenden Studie die Hakenplattenosteosynthese die häufigste Frakturversorgung, die bei einem breiten Patientenspektrum Anwendung fand, wobei der älteste Patient mit 71 Jahren jünger war als das Höchstalter der plattenosteosynthetisch (83 Jahre) bzw. konservativ (79 Jahre) behandelten Patienten. Wie sich in einer retrospektiven Studie zur Anwendung einer Hakenplatte bei lateralen Clavículaschaftfrakturen zeigte, treten in den Altersgruppen ≥ 65 Jahren signifikant häufiger Komplikationen auf (Shih et al. 2020), weshalb diese OP-Technik in der vorliegenden Studie wahrscheinlich vorrangig bei den jüngeren Patienten Anwendung fand.

Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass mit rund 75 % plattenosteosynthetisch behandelter Claviculafrakturen diese Frakturversorgung überproportional vorlag, was sicher auch daran lag, dass sie lange Zeit als Goldstandard der operativen Versorgung einer Schlüsselbeinfraktur galt (Schiffer et al. 2010).

4.3 Schlussfolgerungen

In den vergangenen Jahren hat ein Umdenken in der therapeutischen Versorgung von Claviculafrakturen stattgefunden. Früher wurde bei Frakturen des lateralen und mittleren Drittels bei stabilen Bruchenden eine konservative Therapie angeraten, weil davon ausgegangen wurde, dass die meisten Frakturen in einer Separation der Epiphysenfuge bestanden, die ein gutes Heilungspotenzial hatten und deshalb nicht invasiv versorgt werden sollten. Nur bei einer Dislozierung oder neurovaskulärer Beeinträchtigung wurde eine operative Behandlung empfohlen (van der Meijden et al. 2012). Wie die

vorliegende Studie belegen konnte, hat die operative Sanierung einer Claviculafraktur die konservative Behandlung in vielen Fällen ersetzt, um eine frühe schmerzfreie Mobilisation und damit verbunden kürzere Arbeitsunfähigkeitszeiten zu ermöglichen. Andererseits ist aber auch besonders bei jüngeren Menschen der kosmetische Aspekt von Bedeutung, bei dem es gilt, die Symmetrie des Schultergürtels und damit die Länge der Clavicula wiederherzustellen (Dhakad et al. 2016; Meunier 2016; Ropars et al. 2017; Bentley und Hosseinzadeh 2022). Wie sich auch hier zeigte, rücken dabei minimalinvasive Verfahrensweisen mit der Implantation von Platten, Nägeln etc. mittels TEN-Applikation oder perkutaner LC-Plattenosteosynthese (Jubel et al. 2003, 2005; Andermahr et al. 2008; Storti et al. 2021) in den Fokus, um Alternativen zur konventionellen Plattenosteosynthese zu schaffen. Dennoch scheint diese nach wie vor die Standardtherapie einer Claviculafraktur darzustellen, wie es auch die vorliegende Studie abbildet. Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen einer aktuellen Vergleichsstudie zur klinischen Beurteilung von Plattenosteosynthese vs. Marknagelung bei Claviculaschaftfrakturen wider. Hier ließen sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Frakturheilung, der Bewegungsfähigkeit sowie der Patientenzufriedenheit zwischen den beiden Verfahren eruieren. Zudem war auch das kosmetische Ergebnis sowie die Komplikationsrate bei beiden Operationstechniken annähernd gleich (Storti et al. 2021). Damit zeigt sich, dass die Plattenosteosynthese nach wie vor ihren Stellenwert in der Versorgung von Claviculaschaftfrakturen hat.

Schlussendlich hat die Studie gezeigt, dass insgesamt gute Behandlungsergebnisse erzielt wurden, die nicht nur das klinische Outcome, sondern auch den Wiedereinstieg in das Berufsleben und die sportlichen Aktivitäten umfasst. Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Behandlungsmethoden wäre dabei allerdings von Vorteil gewesen, um deren Vor- und Nachteile in Bezug auf einzelne Aspekte (Schmerzwahrnehmung, Lebensqualität, AU-Zeiten, etc.) besser herausstellen zu können. Kritisch zu sehen ist außerdem, dass keine Angaben zur Komplikationsrate gemacht

wurden, was früher ein klares Argument gegen die operative Therapie darstellte (Jäger und Breitner 1984).

Aufgrund der Tatsache, dass die vorliegende Studie nicht nur das klinische Outcome nach verschiedenen Behandlungsmethoden einer Schlüsselbeinfraktur analysierte, sondern auch soziale Faktoren wie Lebensqualität oder Schmerzen mit einbezog, sollten künftige Therapieentscheidungen nicht nur den klinischen Aspekt wie z. B. Ausmaß der Dislokation oder Alter des Patienten berücksichtigen. Vielmehr sollten Therapieentscheidungen neben den Bedürfnissen und Erwartungen des Patienten auch seine Beschäftigung und sein sportliches Aktivitätsniveau berücksichtigen. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang eine aktuelle Studie, die zeigte, dass noch 6 Wochen nach einem Unfallereignis und konservativer Behandlung eine Bewertung abgegeben werden konnte, ob die Fraktur auch nach 6 Monaten wieder zusammengewachsen sein wird. Prädiktive Faktoren für eine fehlende Frakturheilung waren ein DASH-Score ≥ 40 , keine Kallusbildung in der radiologischen Kontrolle sowie eine Beweglichkeit des Bruches bei der klinischen Untersuchung. Wie sich herausstellte, wäre in dem untersuchten Patientenkollektiv in nur $\frac{1}{4}$ der Fälle eine operative Intervention notwendig gewesen (Nicholson et al. 2020). Unter diesem Aspekt würde damit auch dem mittlerweile häufig diskutierten Problem der Übertherapie von Schlüsselbeinfrakturen (Ban et al. 2016) entgegengewirkt werden. Neben der Minimierung operationsbedingter Komplikationen wäre dieses Vorgehen weitaus kostengünstiger und sollte zumindest bei einem Großteil der Patienten in die Überlegungen zur Therapieentscheidung mit einfließen.

5. Zusammenfassung

In der Therapie der Claviculafraktur stehen dem Behandler sowohl konservative als auch zahlreiche operative Verfahren zur Verfügung. In dem kontrovers diskutierten Thema konnte bisher noch kein Goldstandard etabliert werden.

In der hier vorliegenden klinischen retrospektiven Arbeit sollten klinische Ergebnisse nach operativ und konservativ behandelter Claviculafraktur unter Berücksichtigung der Lebensqualität ausgewertet werden.

Im Zeitraum vom 01.01.2014 bis zum 31.12.2014 zeigten 69 Patienten der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik der Universität Tübingen die Bereitschaft, an der Studie teilzunehmen. Die Follow-up-Rate lag bei 63,9 %. Die funktionellen Ergebnisse wurden anhand des Constant-Murley-Scores, des DASH-Scores und einer Nachuntersuchung, die Bewegungsumfang und Schmerzniveau (visuelle Analogskala) ermittelte, ausgewertet. Die Lebensqualität wurde mit Hilfe des EQ-5D-3L und die Arbeitsbelastung mit Hilfe der REFA-Klassifizierung erfasst.

Bei 45 Patienten war die Fraktur im mittleren Drittel, bei 19 Patienten im lateralen und bei 5 Patienten im medialen Drittel lokalisiert. Das am häufigsten angewandte Osteosyntheseverfahren war die Plattenosteosynthese, welche bei 52 Patienten Anwendung fand. 3 Patienten wurden mittels TEN versorgt, 9 Patienten mittels Hakenplatte und 5 Patienten wurden konservativ therapiert.

Die Ergebnisse des CMS wurden nach Constant alters- und geschlechtsspezifisch normiert. Im Mittel wurde für die gesunde Schulter ein normierter CMS von 101.1 ± 17.7 % (41 – 133 %, Median: 104 %) erreicht. Im Vergleich dazu lag das Ergebnis der betroffenen Schulter im Durchschnitt bei 96.4 ± 19.8 % (34 – 133 %, Median: 101 %). Somit fiel der normierte CMS der betroffenen Seite signifikant geringer aus als der CMS der gesunden Seite ($z = -4.22$, $p < 0.001$). Das durchschnittliche Ergebnis des DASH-Scores lag bei 6.933 ± 14.199 (0 – 59.16 Punkte). Der anhand des EQ-5D-3L gemessene Gesundheitszustand zeigte sich nach erfolgter Therapie 0.9580 ± 0.7609 (0.73 – 1.000, Median: 1.000) signifikant verringert gegenüber dem Zeitpunkt vor dem Unfallereignis 0.9923 ± 0.3928 (0.73 – 1.000, Median: 1.000, $p < 0.001$).

Ebenso fiel das Schmerzempfinden, das einen wichtigen Teil zur allgemeinen Lebensqualität beiträgt, während der Nachuntersuchung signifikant geringer aus als nach dem traumatischen Ereignis ($p < 0.001$).

Bei 80 % der Probanden zeigte sich das physiologisches Bewegungsausmaß des Schultergelenks zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wiederhergestellt.

Insgesamt zeigten sich in dieser Studie gute Behandlungsergebnisse, die nicht nur das klinische Outcome, sondern auch den Wiedereinstieg in die beruflichen und sportlichen Aktivitäten umfassten. Therapieentscheidungen sollten künftig individuell unter Einbeziehung des Patienten erfolgen und an seine Erwartungen, seine Beschäftigung und sein sportliches Aktivitätsniveau angepasst sein.

6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Articulatio sternoclavicularis und Bandapparat (Schünke et al. 2011)	- 3 -
Abbildung 2: Articulatio acromioclavicularis und Bandapparat (Schünke et al. 2011)	- 4 -
Abbildung 3: (a) Prüfung des direkten und (b) indirekten Klaviertastenphänomens (nach Werner 2002)	- 18 -
Abbildung 4: Punkteverteilung des CMS nach Funktionsbereich (Beohm et al. 2004)	- 23 -
Abbildung 5: Auftreten von Begleitverletzungen (in absoluten Zahlen)	- 34 -
Abbildung 6: Darstellung der EQ-Indizes prä- und postoperativ	- 39 -
Abbildung 7: Darstellung der EQ-Gesundheitswertes prä- und postoperativ	- 39 -
Abbildung 8: Ergebnisse des DASH-Scores postoperativ	- 40 -
Abbildung 9: Schmerzintensität nach dem Unfall und bei der Nachuntersuchung	- 41 -
Abbildung 10: Frakturversorgung in Bezug auf das Alter der Patienten	- 45 -

7. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Einteilung der Claviculafraktur nach Allman, modifiziert nach Neer (1968)	- 6 -
Tab. 2: Einteilung der Claviculafraktur nach Jäger und Breitner (1984)	- 7 -
Tab. 3: Einteilung der Claviculafraktur nach der OTA-Klassifikation (nach Schmidt 2015):	- 8 -
Tab. 4: Physiologisches Bewegungsausmaß des Schultergelenks (nach Ryf und Weymann)	- 18 -
Tab. 5: REFA-Klassifizierung (nach Arteschrang et al. 2014)	- 22 -
Tab. 6: Einteilung der Schmerzbereiche auf der visuellen Analogskala	- 24 -
Tab. 7: Punktevergabe für die Arbeitshöhe der Hand	- 24 -
Tab. 8: Punktevergabe bei Anteversion und Abduktion.....	- 25 -
Tab. 9: Punktevergabe bei Außenrotation	- 25 -
Tab. 10: Punktevergabe bei Innenrotation	- 26 -
Tab. 11: Alters- und geschlechtsadaptierter Constant-Murley-Score (Boehm et al. 2004)	- 27 -
Tab. 12: Ergebnisbewertung des normierten Constant-Murley-Scores (Boehm et al. 2004)	- 27 -
Tab. 13: Berufliche Aktivität prä- und posttraumatisch	- 30 -
Tab. 14: REFA-Klassifizierung prä- und posttraumatisch.....	- 31 -
Tab. 15: Sportliche Aktivität prä- und posttraumatisch	- 32 -
Tab. 16: Einfluss des Kostenträgers auf die stationäre Liegezeit und AU-Dauer	- 44 -
Tab. 17: Frakturversorgung in Bezug auf das Alter der Patienten.....	- 45 -

8. Literaturverzeichnis

- Ackermann O (2022). Fraktursonographie der Extremitäten. Unfallchirurg 125(2): 97-106.
- Ali Khan MA, Lucas HK (1978). Plating of fractures of the middle third of the clavicle. Injury 1978; 9: 263–267.
- Allgöwer M, Perren S, Matter P (1970). A new plate for internal fixation—the dynamic compression plate (DCP). Injury 2: 40–47.
- Allman FL, Jr (1967). Fractures and ligamentous injuries of the clavicle and its articulation. J Bone Joint Surg Am 49(4): 774-784.
- Andermahr J, Faymonville C, Rehm KE, Jubel A (2008). Percutaneous plate osteosynthesis for clavicular fractures. Initial description. Unfallchirurg 111: 43–45.
- Andermahr J, Jubel A, Elsner A, Johann J, Prokop A, Rehm KE, Koebke J (2007). Anatomy of the clavicle and the intramedullary nailing of midclavicular fractures. Clin Anat 20(1): 48-56.
- Ateschrang A, Fiedler S, Schröter S, Stöckle U, Freude T, Kraus TM (2014). Arbeitsunfähigkeitsdauer und berufliche Rehabilitation nach arthroskopischer und offener Labrumrefixation. Z Orthop Unfall 152(03): 252-259.
- Bakir MS, Unterkofler J, Haralambiev L, Kim S, Carbon R, Ekkernkamp A, Schulz-Drost S. (2021). Medial injuries of the clavicle: more prevalent than expected? A big data analysis of incidence, age, and gender distribution based on nationwide routine data. Eur J Trauma Emerg Surg ;47(4):1175-1182.
- Ban I, Nowak J, Virtanen K, Troelsen A (2016). Overtreatment of displaced midshaft clavicle fractures. Acta Orthop 87(6): 541-545.
- Beckmann J, Tingart M, Kessler MA, Dobler T, Kuster M, Grifka J (2011). Erkrankungen und Verletzungen von Schultergürtel und Schultergelenk. In: Grifka J, Kuster M (Hrsg.). Orthopädie und Unfallchirurgie - Für Praxis, Klinik und Facharztprüfung. Springer, Heidelberg, S. 477-553.
- Bentley TP, Hosseinzadeh S (2022). Clavicle fractures. In: StatPeals [Internet], StatPearls Publishing, Treasure Island (FL/USA)
- Blömer J, Muhr G, Tscherne H (1977). Ergebnisse konservativ und operativ behandelte Schlüsselbeinbrüche. Unfallheilkunde 80(6): 237-242.

- Boehm D, Wollmerstedt N, Doesch M, Handwerker M, Mehling E, Gohlke F (2004). Entwicklung eines Fragebogens basierend auf dem Constant-Murely-Score zur Selbstevaluation der Schulterfunktion durch den Patienten. Unfallchirurg 107(5): 397-402.
- Bischoff HJ (2004). Maßnahmen nach Akutbehandlung aus Sicht der Berufsgenossenschaften. Trauma Berufskh 6 (Suppl. 1): S158-S162.
- Bronz G, Heim D, Pusterla C, Heim U (1981). Die stabile Claviculaosteosynthese. Unfallheilkunde 84(8): 319-325.
- Canadian Orthopaedic Trauma Society (2007). Nonoperative treatment compared with plate fixation of displaced midshaft clavicular fractures. A multicenter, randomized clinical trial. J Bone Joint Surg Am 89(1): 1-10.
- Cave EF, Roberts SM (1936). A method for measuring and recording joint function. J Bone Joint Surg 18(2): 455-465.
- Chelli M, Levy Y, Lavoué V, Clowez G, Gonzalez JF, Boileau P (2019). The "Auto-Constant": Can we estimate the Constant-Murley score with a self-administered questionnaire? A pilot study. Orthop Traumatol Surg Res 105(2): 251-256.
- Claes L (2004). Das Prinzip der Winkelstabilität in der Osteosynthese. OP-Journal 20(01): 4-7.
- Connolly, JF (1981). DePalma's The management of fractures and dislocations: an atlas. Vol. 2. 3. Aufl. Saunders, Philadelphia.
- Constant CR, Murley AH (1987). A clinical method of functional assessment of the shoulder. Clin Orthop Relat Res 214: 160-164.
- Denard PJ, Koval KJ, Cantu RV, Weinstein JN (2005). Management of midshaft clavicle fractures in adults. Am J Orthop (Belle Mead NJ) 34(11): 527-536.
- Deutsche Rentenversicherung Bund (2013). Sozialmedizinisches Glossar der Deutschen Rentenversicherung. DRV-Schriften Bd. 81, Berlin.
- Dhakad RK, Panwar M, Gupta S (1997). Plating versus conservative treatment in mid shaft fractures of clavicle: A comparative study. J Clin Orthop Trauma 7(Suppl 2): 166-170.
- Diez HG, Schmitzenbecher PP, Illing P. Historische Betrachtung der intramedullären Osteosynthese. Urban & Schwarzenber, München.
- Drenckhahn D, Zenker W (1994). Benninghoff - Anatomie Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen. Bd. 1, 15. Aufl. Urban & Schwarzenberg, München, S. 24-32.

- Dresing K, Fernandez F, Schmitzenbecher P, Dresing K, Strohm P, Spering C, Kraus R; Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (2021). Röntgendiagnostik bei Frakturen im Kindes- und Jugendalter – Konsensusbericht des Wissenschaftlichen Arbeitskreises der Sektion Kindertraumatologie der DGU. *Unfallchirurg* 124: 427-430.
- EuroQol Research Foundation, van Reenen M, Oppe M (2015). *EQ-5D-3L User Guide*. 2015; Available: https://euroqol.org/wp-content/uploads/2016/09/EQ-5D-3L_UserGuide_2015.pdf [Access 22.06.2018]
- Geel C (2000). *Scapula and clavicle*. In: Rüedi TP, Murphy WM (Hrsg.). *AO principles of fracture management*. Thieme, Stuttgart, S. 255-269.
- Gerhardt C, Kraus N, Greiner S, Scheibel M (2011). Arthroskopische Stabilisierung der akuten Schulterergelenksprengung. *Orthopäde* 40: 61-69.
- Germann G, Wind G, Harth A (1999). Der DASH-Fragebogen – Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie* 31(03): 149-152.
- Hayes M (1921). Experimental development of the graphics rating method. *Physiol Bull* 18: 98-99.
- Hesse E (2019). Frakturheilung auf Abwegen. *Unfallchirurg* 122(7): 498-499.
- Horst K, Hildebrand F, Kobbe P, Pfeifer R, Lichte P, Andruszkow H, Lefering R, Pape HC (2015). Detecting severe injuries of the upper body in multiple trauma patients. *J Surg Res* 199(2): 629-634.
- Hunsaker FG, Cioffi DA, Amadio PC, Wright JG, Caughlin B (2002). The American academy of orthopaedic surgeons outcomes instruments: normative values from the general population. *J Bone Joint Surg Am* 84(2): 208-215.
- Izadpanah K, Jäger M, Maier D, Südkamp NP (2016). Metallentfernungen an der oberen Extremität. *OP-JOURNAL*, 2016. 32(02): 120-125.
- Jäger M, Breitner S (1984). Therapiebezogene Klassifikation der lateralen Claviculafraktur. *Unfallheilkunde* 87(11): 467-473.
- Jiang W, Wang H, Li YS, Zhou TJ, Hu XJ (2017). Meta-analysis of differences in Constant-Murley scores for three mid-shaft clavicular fracture treatments. *Oncotarget* 8(47): 83251-83260.

- Jubel A, Andermahr J, Prokop A, Lee JI, Schiffer G, Rehm KE (2005). Die Behandlung der diaphysären Klavikulafraktur. Vergleich der Frühergebnisse nach Rucksackverband und elastisch stabiler intramedullärer Nagelung. *Unfallchirurg* 108(9): 707-714.
- Jubel A, Andermahr J, Schiffer G, Tsironis K, Rehm KE (2003). Elastic stable intramedullary nailing of midclavicular fractures with a titanium nail. *Clin Orthop Relat Res* 408: 279–285.
- Karacabey S, Sanri E (2021). Use of ultrasound for diagnosis of clavicle fracture in the Emergency Department. *Signa Vitae*. 17(1):139-142.
- Kask G, Raittio L, Mattila VM, Launonen AP (2020). Cost-Effectiveness of Operative Versus Non-Operative Treatment for Clavicle Fracture: a Systematic Literature Review. *Curr Rev Musculoskelet Med* 13(4): 391-399.
- Katolik LI, Romeo AA, Cole BJ, Verma NN, Hayden JK, Bach BR (2005). Normalization of the Constant score. *J Shoulder Elbow Surg* 14(3): 279-85.
- Kitsis CK, Marino AJ, Krikler SJ, Birch R (2003). Late complications following clavicular fractures and their operative management. *Injury* 34(1): 69-74.
- Klonz A, Hockertz T, Reilmann H (2002). Klavikulafrakturen. *Unfallchirurg* 73: 90-102.
- Koch M (2019). Mittel- und langfristige Ergebnisse nach operativer Versorgung von Acromioclaviculargelenksprengungen mittels Hakenplatte. Medizinische Dissertation, Universität Tübingen.
- Koppe D, Reilmann h (2010). Die Fraktur der lateralen Klavikula. *Unfallchirurg* 113(1): 45-52.
- Kremer K, Lierse W, Platzer W, Schreiber HW, Weller S (1994). Plattenosteosynthese der Klavikula. In: Kremer K, Lierse W, Platzer W, Schreiber HW, Weller S (Hrsg.). *Chirurgische Operationslehre*. Thieme Verlag, Stuttgart, S. 25–27.
- Krüger-Franke M, Köhne G, Rosemeyer B (2000). Ergebnisse operativ behandelte laterale Klavikulafrakturen. *Unfallchirurg* 19:538–544.
- Marsh JL, Slongo TF, Agel J, Broderick JS, Creevey W, DeCoster TA, Prokuski L, Sirkin MS, Ziran B, Henley B, Audigé L (2007). Fracture and dislocation classification compendium - 2007: Orthopaedic Trauma Association classification, database and outcomes committee. *J Orthop Trauma* 21(10 Suppl): S1-S133.

- Martí-Pastor M, Pont A, Ávila M, Garin O, Vilagut G, Forero CG, Pardo Y, Tresserras R, Medina-Bustos A, Garcia-Codina O, Cabasés J, Rajmil L, Alonso J, Ferrer M (2018). Head-to-head comparison between the EQ-5D-5L and the EQ-5D-3L in general population health surveys. *Popul Health Metr* 16(1): 14-24.
- Mathieu PA, Marcheix PS, Hummel V, Velleix D, Mabit C (2014). Anatomical study of the clavicle: endomedullary morphology. *Surg Radiol Anat* 36(1): 11-15.
- Matthes G, Müller-Mai CM (2015). Clavicula. In: Müller-Mai CM, Ekkernkamp, A (Hrsg.). *Frakturen auf einen Blick*. Springer, Heidelberg, S. 435-450.
- Meunier A (2016). Who should be treated surgically for a displaced clavicle fracture? *Acta Orthop* 87(6): 539-540.
- Middleton S, Foley S, Foy M (1995). Partial excision of the clavicle for nonunion in National Hunt Jockeys. *J Bone Joint Surg* 77(5): 778-780.
- Moritz JD, Beitzel K (2011). Skelett. In: Reiser M, Kuhn F, Debus J (Hrsg.). *Duale Reihe Radiologie*. 3. Aufl. Thieme Verlag, Stuttgart, S. 372-373.
- Müller M (2017). *Chirurgie für Studium und Praxis 2018/19*. 14. Aufl. Medizinische Verlags- und Informationsdienste, Breisach.
- Naimark M, Dufka FL, Han R, Sing DC, Toogood P, Ma CB, Zhang AL, Feeley BT (2016). Plate fixation of midshaft clavicular fractures: patient-reported outcomes and hardware-related complications. *J Shoulder Elbow Surg* 25(5): 739-46.
- Napora JK, Grimberg DC, Childs BR, Vallier HA (2018). Results and Outcomes After Midshaft Clavicle Fracture: Matched Pair Analysis of Operative Versus Nonoperative Management. *Orthopedics* 41(5): e689-e694.
- Neer CS (1960). Nonunion of the clavicle. *J Am Med Asssoc* 172: 1006-1011.
- Neer CS (1968). Fractures of the distal third of the clavicle. *Clin Orthop Relat Res* 58: 43-50.
- Nicholson JA, Clement ND, Clelland AD, MacDonald D, Simpson AHRW, Robinson CM (2020). Displaced Midshaft Clavicle Fracture Union Can Be Accurately Predicted with a Delayed Assessment at 6 Weeks Following Injury: A Prospective Cohort Study. *J Bone Joint Surg Am* 102(7): 557-566.
- Nordqvist A, Petersson C (1994). The incidence of fractures of the clavicle. *Clin Orthop Relat Res* 300: 127-32.

- Nordqvist A, Petersson CJ, Redlund-Johnell I (1998). Mid-clavicle fractures in adults: end result study after conservative treatment. *J Orthop Trauma* 12(8): 572-576.
- Ockert B, Wiedemann E, Haasters F (2015). Laterale Klavikulafraktur. *Unfallchirurg* 118(5): 397–406.
- Orthopaedic Trauma Association. Fracture and dislocation compendium (1996). Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification. *J Orthop Trauma* 10 Suppl 1: p. v-ix, 1-154.
- Petracić B (1983). Efficiency of a rucksack bandage in the treatment of clavicle fractures. *Unfallchirurgie* 9(1): 41-43.
- Postacchini F, Gumina S, De Santis P, Albo F (2002). Epidemiology of clavicle fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 11(5): 452-456.
- Qvist AH, Væsel MT, Jensen CM, Jensen SL (2018). Plate fixation compared with nonoperative treatment of displaced midshaft clavicular fractures: a randomized clinical trial. *Bone Joint J* 100-b(10): 1385-1391.
- Rabin R, de Charro F (20019). EQ-5D: a measure of health status from the EuroQol Group. *Ann Med* 33(5): 337-43.
- Rehm KE, Andermahr J, Jubel A (2004). Die intramedulläre Osteosynthese der Klavikula mit einem elastischen Titannagel. *Oper Orthop Traumatol* 16: 365–379.
- Reichert S (2007). *Behandlungsergebnisse dislozierter Claviculaschaftfrakturen nach Plattenosteosynthesen mit der konturierten Claviculaplatte*. Medizinische Dissertation, Universität Tübingen.
- Robinson CM (1998). Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification. *J Bone Joint Surg Br* 80(3): 476-484.
- Ropars M, Thomazeau H, Hutten D (2017). Clavicle fractures. *Orthop Traumatol Surg Res* 103(1s): S53-S59.
- Ryf C, Weymann A (1995). The neutral zero method – a principle of measuring joint function. *Injury* 26: 1-11.
- Schiffer G, Faymonville C, Skouras E, Andermahr J, Jubel A (2010). Klavikulaschaftfraktur. *Dtsch Arztebl International* 107(41): 711-717.
- Schmidt T (2015). Claviculaschaftfraktur - Ein Vergleich operativer und konservativer Therapieverfahren. Medizinische Dissertation, Ruhr-Universität Bochum.

- Schönbeck J (2012). Die Rolle der Clavicula im Bewegungsablauf der Schulter. *Physiotherapie in Theorie und Praxis*. 11: 469-470.
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U (2011). *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Thieme Verlag, Stuttgart, S. 210-240.
- Schweinberger J (2013). Warum das Schlüsselbein so leicht bricht. Available: <https://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/schluesselbeinbruch-warum-die-clavicula-so-schnell-bricht-a-886033.html> [Access 15.02.2022]
- Seidel M (2016). Schlüsselbeinbruch. Available: <https://www.netdoktor.de/krankheiten/fraktur/schluesselbeinbruch/> [Access 21.02.2021]
- Shih JT, Wu CC, Wang CC, Yeh TT, Pan RY, Chen CL, Chien WC, Shen PH (2020). Midshaft clavicle fracture following osteosynthesis with a hook plate: a retrospective case analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 140(11): 1713-1718.
- Shuster M, Abu-Laban RB, Boyd J, Gauthier C, Mergler S, Shepherd L, Turner C (2003). Prospective evaluation of clinical assessment in the diagnosis and treatment of clavicle fracture: Are radiographs really necessary? *CJEM* 5(5): 309-313.
- Stanley D, Trowbridge EA, Norris SH (1988). The mechanism of clavicular fracture. A clinical and biomechanical analysis. *J Bone Joint Surg Br* 70(3): 461-464.
- Storti TM, Camilo MS, Silva RFA, Faria RSS, Simionatto CL, Paniago AF (2021). Clinical evaluation of the treatment of clavicle fractures: intramedullary nail x plate. *Acta Ortop Bras* 29(1): 34-38.
- Tauber M, Hedtmann A, Fett H (2002). Erkrankungen und Verletzungen des Akromio- und Sternoklavikulargelenks. In: Habermeyer P et al. (Hrsg.) *Schulterchirurgie*. 5. Aufl. Urban & Fischer, München, S. 273-308
- Thomas M, Dieball O, Busse M (2003). Normalwerte der Schulterkraft in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht – Vergleich zum Constant-, UCLA-, ASES-Score und SF-36 Fragebogen. *Z Orthop* 141(2): 160-170.
- Tsai SW, Ma HH, Hsu FW, Chou TA, Chen KH, Chiang CC, Chen WM (2019). Risk factors for refracture after plate removal for midshaft clavicle fracture after bone union. *J Orthop Surg Res* 14(1): 457-463.
- Tutuhatunewa ED, Stevens M, Diercks RL (2017). Clinical outcomes and predictors of patient satisfaction in displaced midshaft clavicle fractures in

adults: Results from a retrospective multicentre study. *Injury* 48(12): 2788-2792.

van der Meijden OA, Gaskill TR, Millett PJ (2012). Treatment of clavicle fractures: current concepts review. *J Shoulder Elbow Surg* 21(3): 423-439.

Virtanen KJ, Remes V, Pajarinen J, Savolainen V, Björkenheim JM, Paavola (2012). Sling compared with plate osteosynthesis for treatment of displaced midshaft clavicular fractures: a randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am*, 2012. 94(17): p. 1546-53.

Weise K: Schultergürtel und Schultergelenk: Frakturen. In: Hirner A, Weise K (Hrsg.). *Chirurgie. Schnitt für Schnitt*. Thieme Verlag, Stuttgart, S. 277.

Werner A (2002). Klavikulafrakturen. In: Gohlke F, Zichner L, Wirth CJ, Hedtmann A, (Hrsg.). *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Schulter*. Thieme Verlag, Stuttgart, S. 597-602.

Wurzinger LJ (2010). Bewegungssystem obere Extremität. In: Aumüller et al. (Hrsg.). *Duale Reihe Anatomie. 2. Aufl.* Thieme Verlag, Stuttgart, S. 388-426.

Zimmermann G (2017). Verzögerte Knochenheilung. In: Biberthaler P, van Griensven M (Hrsg.). *Knochendefekte und Pseudarthrosen*. Springer Verlag, Heidelberg, S. 63-76.

9. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen unter Betreuung von den Herren Univ.-Prof. Dr. med. Ulrich Stöckle, Dr. med. Markus Gühring und PD Dr. med. Patrick Ziegler durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Univ.-Prof. Dr. med. Ulrich Stöckle und Dr. med. Markus Gühring.

Sämtliche Versuche wurden von mir mit Unterstützung durch Dr. med. Markus Gühring und PD Dr. med. Patrick Ziegler durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte durch mich nach Beratung durch Phimea – Methodische und statistische Beratung von Dipl.-Psych. Erik Kirst.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Berlin, 08.02.2023

Maximilian Müller

10. Anhang

- REFA Klassifizierung nach Arteschrang et al. 2014 (S. 76)
- EQ5D3L-Fragebogen © EuroQol Research Foundation (S. 77 – 78)
- DASH-Score nach Germann et al. 1999 (S. 79 – 80)
- Constant Score nach Boehm et al. 2004 (S. 81 – 85)

Grad	Arbeitsbelastung	Beispiel
0	Arbeit ohne spezielle körperliche Beanspruchung	Arbeit ohne körperliche Belastung, wie z. B. reine Schreibtischarbeit
1	Arbeit mit geringer körperlicher Beanspruchung	Bearbeitung von leichten Werkgegenständen; ebenso langes Stehen oder häufiges Gehen
2	Arbeit mit mittlerer körperlicher Beanspruchung	Bedienung von Geräten zwischen 1 und 3 kg; Tragen von Lasten zwischen 10 und 15 kg; Treppensteigen oder Steigen von Leitern ohne zusätzliche Last
3	Arbeit mit schwerer körperlicher Beanspruchung	Tragen von Lasten zwischen 20 und 30 kg; Schaufelarbeiten, Graben, Holzarbeiten, Treppensteigen oder Steigen von Leitern mit mittlerer Tragelast, mäßige Arbeit in angespannter Körperhaltung
4	Arbeit mit schwerster körperlicher Beanspruchung	Tragen von Lasten mit mehr als 50 kg, Treppensteigen oder Steigen von Leitern mit schwerer Tragelast, schwere Arbeit in angespannter Körperhaltung

EuroQol-5D

Euroqol-Group, 1987

Patientennummer:

Untersuchungstag:

Folgende Fragen beziehen sich auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität und beschreiben das subjektive Krankheitserleben des Patienten.

Mobilität/Beweglichkeit	vor dem Unfall	seit dem Unfall
Keine Probleme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einige Probleme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bettlägerig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hygiene		
Keine Probleme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einige Probleme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unfähig zum Waschen/Anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Allgemeine Aktivitäten		
Keine Probleme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einige Probleme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nicht möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schmerz		
Kein Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mäßiger Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Starker Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angst/Depression		
Nicht ängstlich/depressiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mäßig ängstlich/depressiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stark ängstlich/depressiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vor dem Unfall

Nach der Behandlung

Bester Gesundheitszustand

Bester Gesundheitszustand

100

100

90

90

80

80

70

70

60

60

50

50

40

40

30

30

20

20

10

10

0

0

Schlechtester Gesundheitszustand

Schlechtester Gesundheitszustand

DASH Score (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand)

Germann G, Wind G, Harth A, Demir E (2006) Der DASH-Fragebogen – Institute for Work & Health

Dieser Fragebogen erfasst sowohl ihre Beschwerden und Einschränkungen als auch Ihre Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten auszuführen.

Bitte beantworten Sie alle Fragen nach Ihrem Zustand in der letzten Woche.

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeiten in, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.	Keine Schwierigkeit	Geringe Schwierigkeit	Mäßige Schwierigkeit	Erhebliche Schwierigkeit	Nicht möglich
Ein neues oder fest verschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
Schreiben	1	2	3	4	5
Einen Schlüsselumdrehen	1	2	3	4	5
Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwischen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
Betten machen	1	2	3	4	5
Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)	1	2	3	4	5
Eine Glühbirne über Ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
Ihre Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z. B. Kartenspielen, Stricken, usw.)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Frisbee)	1	2	3	4	5

Mit Fortbewegungsmitteln zurechtzukommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5
In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)	Überhaupt nicht 1	Ein wenig 2	Mäßig 3	Ziemlich 4	Sehr 5
Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)	Überhaupt nicht eingeschränkt 1	Ein wenig eingeschränkt 2	Mäßig eingeschränkt 3	Ziemlich eingeschränkt 4	Nicht möglich 5
Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Beschwerden während der letzten Woche ein. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr Starke
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Stiffheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich?	Keine Schwierigkeiten 1	Geringe Schwierigkeiten 2	Mäßige Schwierigkeiten 3	Erhebliche Schwierigkeiten 4	Nicht möglich 5
Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann.	Stimme überhaupt nicht zu 1	Stimme nicht zu 2	Weder Zustimmung noch Ablehnung 3	Stimme zu 4	Stimme sehr zu 5
Resultat					

Punkte insgesamt:

Schulterstudie

Liebe Patienten!

Auf den folgenden Seiten finden Sie Fragen zu gesundheitlichen Einschränkungen. Wir möchten Sie bitten, für **beide Schultern** möglichst genaue Angaben zu machen.

Bitte kreuzen sie die entsprechenden Antworten an!

Wir danken Ihnen für Ihre Mitarbeit!

Patientendaten

Code:	Datum:
-------	--------

Bitte zutreffendes ankreuzen:

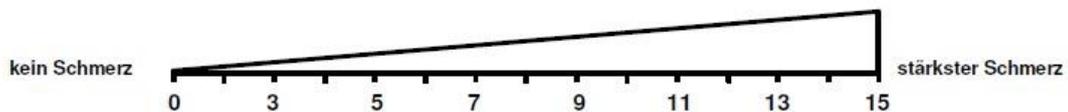
Beeinträchtigte Schulter (bzw. aktuell behandelte Schulter): rechts links

Sind Sie Rechtshänder oder Linkshänder ?

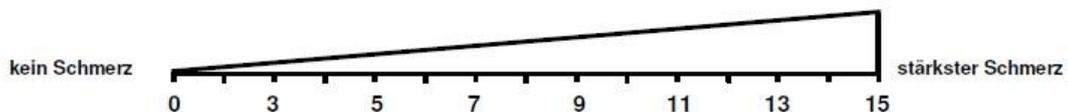
I. Schmerz

Bitte kreuzen Sie für **beide Schultern** die durchschnittliche Stärke Ihrer Schmerzen während der letzten Woche an:

rechte Schulter:



linke Schulter:



II. Beruf

Bitte kreuzen Sie für **beide Schultern** an, ob Sie durch deren Einsetzbarkeit bzw. Schmerzen bei den Tätigkeiten in Ihrem **Beruf** eingeschränkt sind. (Sollten Sie nicht berufstätig sein, dann treffen Sie bitte die Angaben entsprechend der Haupttätigkeiten Ihres Alltags)

	rechte Schulter	linke Schulter
a. nicht eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. weniger als zur Hälfte eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. zur Hälfte eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. mehr als zur Hälfte eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. vollständig eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

III. Freizeit

Bitte kreuzen Sie für **beide Schultern** an, ob Sie durch deren Einsetzbarkeit bzw. Schmerzen bei den Aktivitäten in Ihrer **Freizeit** (Hobby, Sport, Garten etc.) eingeschränkt sind.

	rechte Schulter	linke Schulter
a. nicht eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. weniger als zur Hälfte eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. zur Hälfte eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. mehr als zur Hälfte eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. vollständig eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

IV. Arbeitshöhe

Kreuzen Sie bitte an, bis zu welcher **Höhe** Sie Tätigkeiten verrichten können, ohne eingeschränkt zu sein oder Schmerzen zu empfinden. Tätigkeiten (wie z.B. Wäsche auf die Leine zu hängen) sind möglich bis einschließlich...

	rechte Schulter	linke Schulter
a. Gürtelhöhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Brusthöhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Nackenhöhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Scheitelhöhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. über den Kopf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

V. Schlaf

Kreuzen Sie bitte an, ob Sie in Ihrem **Schlaf** durch Schmerzen in der Schulter gestört sind.

	rechte Schulter	linke Schulter
a. nicht gestört	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. gelegentliches Aufwachen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. regelmäßiges Aufwachen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kreuzen sie bitte bei **jedem Bild** und für **beide Schultern** an, ob Sie die Bewegung schmerzfrei ausführen können

VI. Schmerzfreies Heben des Armes nach vorne

					
0 - 30°	31 - 60°	61 - 90°	91 - 100°	121 - 150°	>150°
<input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links	<input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links				

VII. Schmerzfreies seitliches Anheben des Armes

					
0 - 30°	31 - 60°	61 - 90°	91 - 100°	121 - 150°	>150°
<input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links	<input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links				

VIII. Schmerzfreie Innendrehung hinter dem Körper

					
	bis Taschen- beginn	bis unter Gürtel	Gürtel	über Gürtel	zwischen Schulterblätter
<input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links	<input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links				

IX. Schmerzfreie Außenrotation



- rechts
- links

Hand im Nacken
Ellenbogen
vorne



- rechts
- links

Hand auf Scheitel
Ellenbogen
vorne



- rechts
- links

Hand im Nacken
Ellenbogen
seitlich



- rechts
- links

Hand auf Scheitel
Ellenbogen
seitlich



- rechts
- links

Hand über
Kopf

Keine der Bewegungen ist
schmerzfrei möglich!

- rechts
- links

X. Kraftmessung

Zur Kraftmessung füllen Sie bitte eine Tasche mit Gewichten z.B. 1 Liter Tetra-Pak-Tüten (Milch/Saft) 1 Liter Plastikflaschen ,1 kg Zucker oder Mehl und halten Sie diese in der unten abgebildeten Stellung für 5 Sekunden. Geben Sie dann an wie viel kg sie halten können



Arm im rechten Winkel vom Körper
abspreizen und ihn leicht vor den
Körper halten

rechts:

Gewicht: ____ kg

links:

Gewicht: ____ kg

Anmerkungen:

Vielen Dank!