

**Diplomarbeit**

**Retrospektive Analyse der Verletzungen des  
Acromioclaviculargelenks in der Region  
Schladming/Dachstein unter Berücksichtigung der  
ökonomischen Aspekte in deren operativen Behandlung**

eingereicht von

**Lars Brunnader**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie**

unter der Anleitung von

**Priv.-Doz. Mag. rer. nat. Dr. med. univ. Dr. scient. med. Stefan Franz**

**Fischerauer**

und

**Prim. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Georg Mattiassich**

Graz, am 13.03.2021

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 13.03.2021*

*Lars Brunnader eh.*

## Danksagungen

*„In jede hohe Freude mischt sich eine Empfindung der Dankbarkeit.“*

Marie von Ebner-Eschenbach

Traditionellerweise sind Zeiten der Diplomarbeitsabgaben vor allem Zeiten der Dankbarkeit, so möchte auch ich diese Möglichkeit des Dankes nicht ungenutzt lassen.

Als erstes möchte ich mich herzlich bei meinem Hauptbetreuer Herrn Priv.-Doz. Mag. DDr. Stefan Franz Fischerauer für seine Unterstützung, die Einbringung seiner großartigen wissenschaftlichen Kompetenz und seinen unzerstörbaren Geduldsfaden danken. Größter Dank gebührt auch meinem Zweitbetreuer Herrn Prim. Priv.-Doz. Dr. Georg Mattiassich, der mich in der Zeit der Diplomarbeitsbetreuung nicht nur wissenschaftlich unterstützt hat, sondern auch zu einem großen fachlichen und vor allem menschlichen Vorbild geworden ist. Auch Frau Iris Leister, MSc sei an dieser Stelle ein herzliches Dankeschön für ihre großartige Hilfe bei den statistischen Berechnungen ausgesprochen.

Herzlichsten Dank möchte ich auch Herrn Dr. Rolf Michael Krifter aussprechen. Lieber Michi, vielen Dank, dass du mein Türöffner in die wunderschöne Welt der Orthopädie warst! Danke für die vielen schönen Stunden im OP, in denen du mein großes chirurgisches Vorbild geworden bist und auch für die vielen sinnigen Gespräche, in denen du mir auch persönlich und menschlich stets weitergeholfen hast!

Besonderer Dank gilt auch meinen Eltern Beatrix und Christoph für die uneingeschränkte Unterstützung auf meinem bisherigen Lebensweg.

Von ganzem Herzen darf ich mich auch bei Claudia und Helmut Maierhofer für all die großartige, bedingungslose und auf keinen Fall selbstverständliche Unterstützung bedanken, ohne euch wäre vieles unmöglich gewesen!

Meinen beiden Brüdern und besten Freunden Kevin und Marc sei an dieser Stelle ebenso für wirklich alles gedankt.

Auch bei allen meinen besten und engsten Freunden möchte ich mich für all die wunderbaren Zeiten, die erhellenden Gespräche und das gemeinsame Glückliche von ganzem Herzen bedanken. Ich bin mir sicher, ihr wisst, dass ihr hier angesprochen seid!

Keine Worte der Welt können beschreiben, welche große Dankbarkeit und welches große Glück ich verspüren darf, dich über all die Jahre hinweg an meiner Seite wissen gedurft zu haben, trotzdem werde ich es versuchen: Danke für all die wunderschönen gemeinsamen Zeiten, Danke für all die schwierigen Zeiten, in denen du mir den Rücken freigehalten und gestärkt hast, Danke für jede Aufmunterung, Danke für jeden Motivationskick! Danke für einfach *Alles*, Raphaela!

*„Alle Menschen sind frei und gleich an Würde und Rechten geboren. Sie sind mit Vernunft und Gewissen begabt und sollen einander im Geist der Solidarität begegnen.“*

Artikel 1 der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte

# Inhaltsverzeichnis

Danksagungen .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	4
Abkürzungen und deren Erklärung .....	6
Abbildungsverzeichnis .....	7
Tabellenverzeichnis .....	8
Zusammenfassung .....	9
Abstract.....	10
1 Einleitung .....	11
1.1 Anatomische und funktionelle Grundlagen des Acromioclaviculargelenks.....	11
1.1.1 Biomechanik.....	12
1.2 Die AC-Gelenksluxation.....	13
1.2.1 Verletzungsmechanismus .....	13
1.2.2 Epidemiologie.....	14
1.2.3 Klassifikation von AC-Gelenksluxationen.....	14
1.2.4 Körperliche Untersuchung.....	16
1.2.5 Bildgebende Untersuchungen.....	17
1.2.6 Klassifikation von lateralen Claviculafrakturen.....	18
1.3 Versorgungsmöglichkeiten .....	18
1.3.1 Versorgung von Rockwood Typ I und Typ II – Verletzungen .....	19
1.3.2 Versorgung von Rockwood Typ III – Verletzungen.....	19
1.3.3 Versorgung von Rockwood Typ IV, V und VI – Verletzungen.....	20
1.4 Operationstechniken .....	21
1.4.1 Bosworth-Schraube .....	21
1.4.2 K-Draht Transfixierung .....	22
1.4.3 Modifiziertes Weaver-Dunn-Verfahren .....	24
1.4.4 LARS ©-Band .....	24
1.4.5 Hakenplatte.....	25
1.4.6 Offene Technik mittels Fadenzugsystemen wie zum Beispiel TightRope© der Firma Arthrex © .....	27
1.4.7 Arthroskopische Technik mittels TightRope© – Arthrex © .....	28
1.5 Operatives vs. non-operatives Vorgehen .....	29

1.6	Frühe vs. spätere chirurgische Intervention.....	30
1.7	Offene vs. arthroskopische Versorgung mittels TightRope©.....	31
1.8	Hakenplatte vs. TightRope© .....	31
1.9	Scores.....	32
1.9.1	Constant-Shoulder-Score.....	32
1.9.2	DASH-Score.....	32
1.10	Kosteneffizienzanalyse.....	32
1.10.1	Rechtfertigung von Kosteneffizienzanalysen.....	33
1.10.2	Charakteristik von Kosteneffizienzanalysen .....	33
1.10.3	Limitationen bei der Verwendung von Kosteneffizienzanalysen.....	34
1.10.4	Einzelkosten .....	34
2	Material und Methoden .....	40
2.1.	Statistische Methoden.....	40
3	Ergebnisse.....	40
3.1	Kosten stationärer Aufenthalt .....	42
3.2	Operationskosten .....	43
3.3	Gesamtkosten.....	45
4	Diskussion .....	46
4.1	Limitationen.....	47
4.2	Conclusio .....	48
	Literaturverzeichnis.....	49

## Abkürzungen und deren Erklärung

AC	Acromioclavicular
Ant.	Anterior
Bzw.	Beziehungsweise
Ca.	Circa
CC	Coracoclaviculär
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
DGKP	Diplomierte*r Gesundheits- und Krankenpfleger*in
EUR	Euro
For.	Foramen
i. e. L.	In erster Linie
Inf.	Inferior
K-Draht	Kirschner-Draht
Lig./Ligg.	Ligamentum/Ligamenti
M.	Musculus
MEL	Medizinische Einzelleistung
Min	Minute
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
NSAR	Nicht steroidale Antirheumatika
OP	Operation
p. a.	Per annum
Post.	Posterior
Proc./Procc.	Processus/Processi
StKAG	Steiermärkisches Krankenanstaltengesetz
Sup.	Superior
v. a.	Vor allem
z. B.	Zum Beispiel

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie Schulter (10) .....	12
Abbildung 2: Typischer Verletzungsmechanismus (27) .....	14
Abbildung 3: Einteilung der AC-Gelenkverletzungen nach Rockwood (33) .....	15
Abbildung 4: Prüfung des Klaviertastenphänomens (39) .....	16
Abbildung 5: Panoramaaufnahme bei Rockwood Typ V Verletzung links (39) .....	17
Abbildung 6: "Water-bearer"-Aufnahme (46).....	17
Abbildung 7: Klassifikation der lateralen Claviculafrakturen nach Jäger und Breitner (33) .....	18
Abbildung 8: Operatives Vorgehen beim Setzen einer Bosworth-Schraube (39).....	22
Abbildung 9: Röntgenbild nach operativer Versorgung einer Rockwood Typ III Verletzung mit K-Drahtung und Zuggurtung (72).....	23
Abbildung 10: K-Draht-Lockerung (72) .....	23
Abbildung 11: Hakenplatte in situ (39).....	26
Abbildung 12: Lage der Implantate bei Anlage zweier TightRopes© (99) .....	27
Abbildung 13: Schematische Darstellung der Versorgung mit TightRope (arthroskopische Technik) (39).....	28
Abbildung 14: Kosten pro OP-Minute (116).....	39
Abbildung 16: Kosten für den stationären Aufenthalt in den beiden Gruppen.....	43
Abbildung 17: Operationskosten in den beiden Gruppen: Arthroskopie (ASK) versus offene operative Versorgung .....	44
Abbildung 18: Gesamtkosten für die Operation.....	46

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Kostensatz pro min (114) .....	37
Tabelle 2: Gerätekostensatz (114) .....	38
Tabelle 3: Häufigkeiten .....	41
Tabelle 4: Unterschiede offene vs. arthroskopische Versorgung .....	42
Tabelle 5: Aufschlüsselung der Materialkosten für die offene Versorgung.....	44
Tabelle 6: Aufschlüsselung der Materialkosten für die arthroskopische Versorgung.....	45



## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Verletzungen des Acromioclaviculargelenkes (AC-Gelenk) machen rund 9-10% aller Schulterverletzungen aus. Kontaktsportarten wie z.B. Fußball, Rugby oder Basketball spielen hierbei neben Stürzen beim Radfahren oder Schifahren eine große Rolle. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Konzeptformulars ist keine aktuelle Studie bekannt, welche die Option die operativen Versorgungsmöglichkeiten bezugnehmend auf die entstehenden Kosten vergleicht.

**Ziel:** Ziel der Studie ist es, die häufigsten Verletzungsmechanismen, etwaige jahreszeitliche Häufungen und die am häufigsten angewendeten Versorgungsstrategien von AC-Glenksverletzungen in der Tourismusregion Schladming/Dachstein zu erheben. In einem zweiten Schritt sollen die beiden am häufigsten verwendeten operativen Vorgehensweisen hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz miteinander verglichen werden.

**Material und Methoden:** Zwischen Jänner 2015 und Dezember 2020 wurden in der Klinik Diakonissen Schladming insgesamt 81 Personen mit AC-Gelenksverletzungen vorstellig, von denen sich 74 Patient\*innen einer operativen Versorgung unterzogen. Alle diese Patient\*innen wurden entweder arthroskopisch mittels TightRope® oder mit offener Technik ebenfalls mittels TightRope® versorgt.

**Ergebnisse:** Die Gesamtkosten setzen sich zusammen aus Materialkosten, Operationskosten und Kosten für den stationären Aufenthalt und sind nicht signifikant unterschiedlich zwischen der arthroskopischen Gruppe (5819,30 +/- 963,70 Euro) und der Gruppe, die offen operiert wurde (6287,70 +/- 1850,30 Euro;  $p=0.255$ ).

**Schlussfolgerungen:** Auf Basis der erhobenen Daten konnte in unserem Patient\*innenkollektiv kein signifikanter Unterschied in puncto Kosteneffizienz zwischen der arthroskopischen und offenen TightRope®-Technik zur Behandlung von AC-Gelenksverletzungen nachgewiesen werden.

## Abstract

**Background:** Injuries to the acromioclavicular joint account for around 9-10% of all shoulder injuries. Contact sports such as football, rugby or basketball play an important role in addition to falls while cycling or skiing. At the time the concept form was drawn up, no current study is known that compares the option of operative supply options with reference to the costs incurred.

**Objective:** The aim of the study is to determine the most common injury mechanisms, possible seasonal accumulations and the most frequently used treatment strategies for AC joint injuries. In a second step, the two most frequently used operational approaches are to be compared with one another in terms of their cost efficiency.

**Material and methods:** Between January 2015 and December 2020, a total of 81 people with AC joint injuries were presented to the Klinik Diakonissen Schladming, 74 of whom underwent surgical treatment. All of these patients were treated either arthroscopically using TightRope® or with the open technique using TightRope®.

**Results:** The total costs are made up of material costs, surgery costs and costs for the inpatient stay and are not significantly different between the ASK group (5819,30 +/- 963,70 Euros) and the group that underwent open surgery (6287,70 +/- 1850,30 Euros;  $p=0,255$ ).

**Conclusions:** In our study population we found no significant difference in terms of cost efficiency between arthroscopic and open TightRope® techniques for the treatment of AC joint injuries.

# 1 Einleitung

## *1.1 Anatomische und funktionelle Grundlagen des Acromioclaviculargelenks*

Das Acromioclaviculargelenk ist eine Diathrose, welche aus dem lateralen Ende der Clavicula und dem Acromion als Gelenksflächen gebildet wird (1). Es ist in der Lage Bewegungen von anterior nach posterior, von superior nach inferior und in die jeweilige Gegenrichtung auszuführen (2). Auch Rotationsbewegungen mit moderater Verkippung sind möglich. Somit entspricht das AC-Gelenk einem Kugelgelenk mit 3 Freiheitsgraden (3). Während die Gelenksfläche des Acromions antero-medial ausgerichtet ist, zeigt jene der Clavicula nach postero-lateral (4). Die Stabilität des AC-Gelenks wird durch statische und dynamische Stabilisatoren gewährleistet. Als statische Stabilisatoren fungieren die Gelenkskapsel und die dazugehörigen Bänder, nämlich das Lig. acromioclaviculare superius, Lig. acromioclaviculare inferius, Lig. acromioclaviculare anterius und Lig. acromioclaviculare posterius. Diese haben ihren Ursprung jeweils am Acromion und ziehen zum Schlüsselbein (1). Obwohl die Gelenkskapsel vergleichsweise dünn ist, bietet diese beträchtliche Stabilität (5). Bei der Untersuchung von Körperspender\*innen wurde herausgefunden, dass das Lig. acromioclaviculare superius stärker ausgeprägt und dicker als das inferiore Pendant ist (6). Die Gelenkskapsel und die AC-Bänder stabilisieren das AC-Gelenk i.e.L. in horizontaler Ebene, das heißt in antero-posteriorer Richtung (4).

Der coracoclaviculäre Bandkomplex besteht aus dem medial gelegenen Lig. conoideum und dem lateral gelegenen Lig. trapezoideum, denen höchste klinische Relevanz zukommt (5). Das Lig. trapezoideum inseriert durchschnittlich bei Männern 25,4 mm und bei Frauen 22,9 mm medial des lateralen Randes der Clavicula, das Lig. conoideum ca. 2 cm weiter medial, das heißt die durchschnittliche Insertion liegt bei Männern 47,2 mm und bei Frauen 42,8 mm vom lateralen Rand des Schlüsselbeines entfernt (7).

Um die Inkongruenz der beiden Gelenksflächen auszugleichen, liegt zwischen ihnen ein knorpeliger Diskus, dessen Form und Größe variieren können (4). In anatomischen Studien wurden zwei Typen von Disken beschrieben: Ein vollausbildeter Diskus und ein meniskusähnlicher Diskus, welcher jedoch seltener vorkommt (6,8). Heers et al. fanden einen meniskusähnlichen aus faserknorpeligen Zellen bestehenden superior und inferior keilförmigen Diskus als weitere Variante (9).

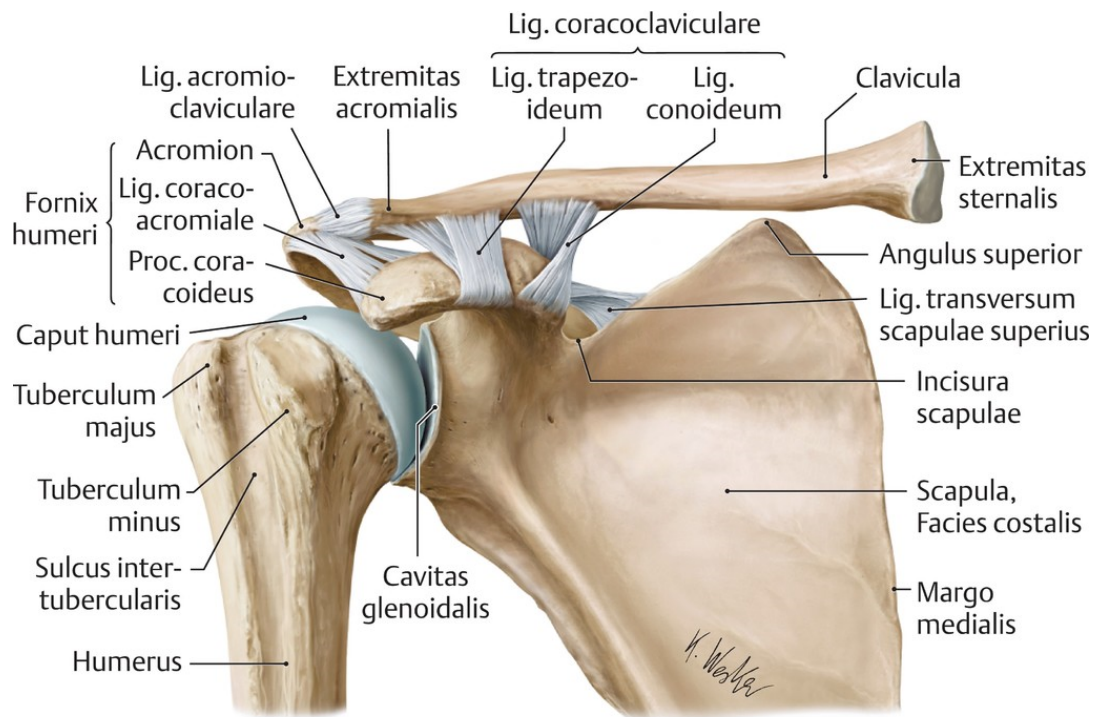


Abbildung 1: Anatomie Schulter (10)

Das Acromion entwickelt sich aus insgesamt vier Ossifikationszentren (Prä-, Meso-, Meta- und Basisacromion) (11). Ein sogenanntes Os acromiale tritt auf, wenn eines dieser Ossifikationszentren nicht mit dem Basisacromion verschmilzt, dies geschieht bei ca. 8% der Bevölkerung (12). Ossifikationsfehler treten am häufigsten zwischen Meso- und Meta-Acromion auf (13). Klinisch zeigt sich diese Deformität meist asymptomatisch und taucht häufig oft als radiologischer Zufallsbefund auf, es kann aber auch der Grund für Risse der Rotatorenmanschette oder einem Schulterimpingement sein (14,15).

### 1.1.1 Biomechanik

Das AC-Gelenk rotiert bei der Elevation und Abduktion des Armes  $5^{\circ}$ –  $8^{\circ}$  um die eigene Achse (16). Codman beschrieb, dass bei intaktem AC-Gelenk die Bewegung der Scapula mit jener des Armes synchronisiert ist. Grund dafür ist die Koppelung jener durch die Clavicula. Dieses Wissen ist entscheidend hinsichtlich operativer Sanierungen, so sollte das AC-Gelenk nach Möglichkeit nicht dauerhaft durch Osteosyntheseverfahren wie Schrauben, Platten oder coracoclaviculäre Schrauben fixiert werden, da so durch fehlende Beweglichkeit die Schulterfunktion erheblich eingeschränkt werden würde (17). Während der Elevation des Armes wird das Schlüsselbein in Bezug auf den Thorax um  $11^{\circ}$ – $15^{\circ}$  nach superior bewegt, während es eine Retraktion um  $15^{\circ}$ – $29^{\circ}$  erfährt (18).

Das AC-Gelenk wird einerseits durch statische und andererseits durch dynamische Stabilisatoren gefestigt. Neben den jeweils weiter oben beschriebenen AC- und CC-Bändern zählt auch das Lig. coracoacromiale zu den statischen Stabilisatoren, wohingegen der M. deltoideus und M. trapezius die dynamischen Stabilisatoren darstellen (19). Die Gelenkkapsel ist die primäre Limitation für die Translation des lateralen Schlüsselbeines nach anterior und posterior (5). Die horizontale Instabilität der Clavicula kann zu erheblichen Schulterschmerzen führen (20). Untersuchungen zeigten, dass das superiore AC-Band 56% des Widerstandes gegen die Translation nach posterior ausmacht, während das posteriore Band 25% beiträgt, dies sollte bei jeder operativen Versorgung berücksichtigt werden (19). Die CC-Bänder fungieren in erster Linie als vertikale Stabilisatoren, das heißt, sie verhindern die Translation nach superior und inferior (19). Die CC-Bänder erfüllen zwei Hauptfunktionen: Zum einen wird durch diese die Clavicula mit der Scapula verbunden, was die synchrone Bewegung der Scapula ermöglicht, zum anderen stärken diese die Artikulation des AC-Gelenkes (19). Debski et al. zeigten, dass Schädigungen der Gelenkkapsel zu vermehrten Belastungen der CC-Bänder führen. Darüber hinaus beweisen diese, dass auch vollkommen intakte CC-Bänder den Verlust der Kapselfunktion, insbesondere bei anterior-posterioren Belastungen, wie diese bei Grad II Verletzungen nach Tossy vorkommen, nicht kompensieren können (21).

## ***1.2 Die AC-Gelenksluxation***

### **1.2.1 Verletzungsmechanismus**

Verletzungen des AC-Gelenks sind bei jungen Erwachsenen typische Folgen von Sportverletzungen oder direkten Traumata (22). Das typische Verletzungsmuster ist ein direkter Schlag auf die laterale Schulter, während sich der Arm in abduzierter Position befindet. Dies führt zu einer Verschiebung der Scapula nach kaudal, was einen Aufprall der Clavicula auf die erste Rippe zur Folge hat (23). Diese Krafteinwirkung verletzt in weiterer Folge den Coracoacromiären-Bandkomplex, je nach Stärke des Aufpralls kann es in weiterer Folge zur Verletzung des M. deltoideus und des M. trapezius kommen, da es förmlich zu einem Durchschneiden dieser Muskeln durch die laterale Clavicula kommt (24). Indirekte Traumen resultieren aus Stürzen auf einen abduzierten und ausgestreckten Arm, wodurch der Humeruskopf auf die Unterseite des Acromions gestoßen wird. Die Schwere der Verletzung hängt direkt mit der Aufprallkraft zusammen. Die das Gelenk stabilisierenden Komponenten werden nacheinander mit zunehmender Kraft verletzt:

Zunächst die AC-Bänder, danach die CC-Bänder bis hin zu der deltotrapezoidalen Faszie (25,26).

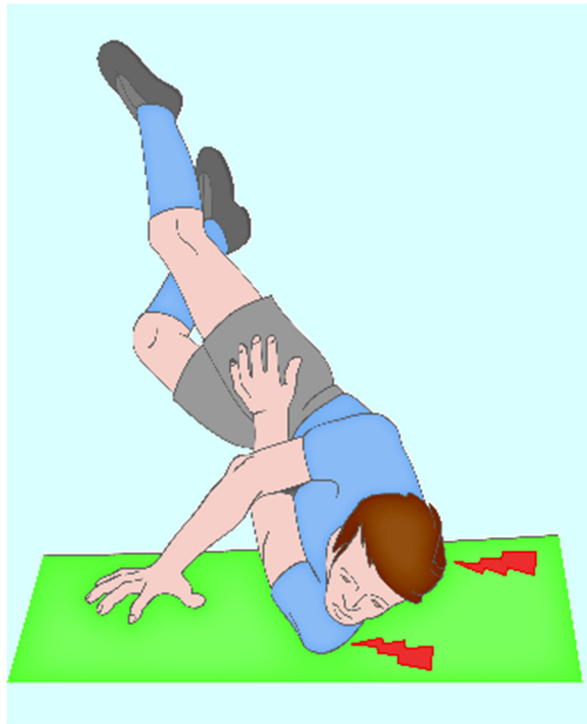


Abbildung 2: Typischer Verletzungsmechanismus (27)

### 1.2.2 Epidemiologie

Verletzungen des Acromioclaviculargelenkes machen rund 9-10% aller Schulterverletzungen aus. Kontaktsportarten wie z.B. Fußball, Rugby oder Basketball spielen hierbei neben dem Radfahren eine große Rolle (28,29). Beim alpinen Schifahren betreffen ca. 20% aller Verletzungen des Schultergürtels das AC-Gelenk (30). Die Inzidenz der isolierten AC-Gelenksverletzungen liegt zwischen 1,8 und 2 pro 10.000 Einwohner\*innen pro Jahr, während sich ein Alter zwischen 20 und 39 Jahren und das männliche Geschlecht (bis zu 5 Mal häufiger betroffen (19)) als signifikante demographische Risikofaktoren bestimmen lassen, wobei das Risiko von höhergradigen Verletzungen mit zunehmendem Alter steigt (28,29). Die Rockwood Typ III Verletzung ist die häufigste Ausprägungsform dieses Krankheitsbildes (29).

### 1.2.3 Klassifikation von AC-Gelenksluxationen

Rockwood et al. entwarfen 1989 als Erweiterung zur bis dahin üblichen Tossy-Klassifizierung ein Klassifizierungssystem, das auf der rein anteroposterioren radiologischen Beurteilung des Schultergürtels beruht und bis heute als Standard-Klassifikation verwendet wird (31). Typ I ist als Verstauchung des acromioclaviculären Bandapparats definiert, während bei Typ II die AC-Bänder bereits rupturiert sind.

Röntgenologisch zeigt sich bei Typ I-Verletzungen ein Normalbefund, ein erweitertes AC-Gelenk und eine Elevation der Clavicula bis zu 25% können beim Typ II detektiert werden (32). Typ III Verletzungen sind durch die vollständige Ruptur des AC-Bandkomplexes und auch der CC-Bänder definiert. Am Röntgenbild zeigt sich hier eine Claviculaelevation von 25-100% (32). Die deltotrapezoidale Faszie ist dabei noch intakt, was bedeutet, dass die Clavicula nur um die Schaftbreite verschoben sein kann. Ist der laterale Anteil der Clavicula nach posterior verschoben, so spricht man von einer Rockwood Typ IV-Verletzung. Bei einer zusätzlichen Ruptur der deltotrapezilalen Faszie ist eine Typ V-Verletzung vorhanden. Beim Typ IV kann röntgenologisch eine Dislokation nach posterior in der axillaren Aufnahme detektiert werden, beim Typ V eine Elevation der Clavicula um 100-300% (32). Befindet sich die Clavicula unter dem Processus coracoideus wird dies als Rockwood Typ VI bezeichnet (31).

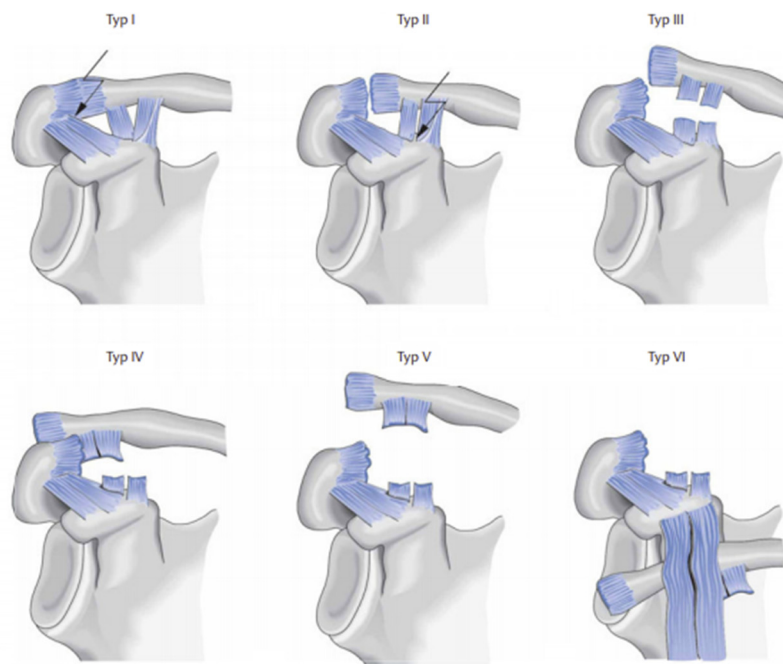


Abbildung 3: Einteilung der AC-Gelenkverletzungen nach Rockwood (33)

Das ISAKOS-Komitee der oberen Extremität schlug in ihrer Konsenserklärung im Jahr 2014 vor, Verletzungen des Typ III weiter in Typ IIIa (stabil) und Typ IIIb (instabil) zu unterteilen (34). Das Komitee hat diesbezüglich festgestellt, dass Typ IIIb-Läsionen verglichen mit Typ IIIa-Läsionen vermehrt Schmerzen, Schwäche und Defizite in Flexion und Abduktion sowie eine gestörte thoracoscapuläre Gleitfunktion verursachen, was eine frühere chirurgische Stabilisierung rechtfertigt (35).

Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem radiologisch bestimmten Rockwood-Typ und den akuten Symptomen (36).

### 1.2.4 Körperliche Untersuchung

Als erster Schritt sollte eine Inspektion beider Schultern erfolgen, wobei v.a. auf Asymmetrien zu achten ist. AC-Gelenksluxationen manifestieren sich inspektorisch häufig als Beule, die als Folge der Translation der lateralen Clavicula in Bezug auf das Acromion auftritt. Neben der Untersuchung des Sternoclaviculargelenks, des Glenohumeralgelenks und der Halswirbelsäule um Begleitverletzungen auszuschließen, ist eine gründliche neurovaskuläre Untersuchung dieses Bereiches obligat (1). Nach der palpatorischen Untersuchung des AC-Gelenks, können verschiedene klinische Testungen folgen. Der Cross-Body-Adduktionstest weist die höchste Sensitivität auf, während der Active-Compression-Test die höchste Spezifität besitzt (37). Ein relativer - relativ, weil es in erster Linie zu einem Abfallen der Scapula kommt - Hochstand der Clavicula kann Folge einer AC-Gelenksluxation sein. Besteht bei der Druckausübung auf die laterale Clavicula eine deutliche Dynamik von kranial nach kaudal, so spricht man von einem „Klaviertastenphänomen“ (38).



Abbildung 4: Prüfung des Klaviertastenphänomens (39)

Die klinische Untersuchung ist entscheidend für eine Unterscheidung zwischen Typ III und Typ V Verletzungen, diese werden anhand der Un-/Versehrtheit der deltotrapezoidalen Faszie unterschieden. Als Testung diesbezüglich lässt man die Patient\*innen mit den Schultern zucken. Diese Bewegung ist bei Typ III Verletzungen reduziert, bei Typ V Verletzungen hingegen nicht. Die horizontale Stabilität kann beurteilt werden, indem man die Verschiebbarkeit der Clavicula gegenüber des Acromion nach anterior und posterior testet. Zusätzlich sollte das Sternoclaviculargelenk v.a. auf eine Luxation nach anterior untersucht werden (40).



### 1.2.5 Bildgebende Untersuchungen

Die konventionelle radiologische Untersuchung von Patient\*innen, bei denen klinisch der Verdacht auf AC-Gelenksluxationen besteht, könnte folgende Aufnahmen umfassen: ein axiales Röntgenbild, eine bilaterale Alexander-Aufnahme (Patient\*in führt Cross-Body-Manöver durch) und eine gewichtsbelastete Zanca-Röntgenaufnahme (5-10 kg, „Water-bearer“-Aufnahme) (41). Aus Überlegungen des Strahlenschutzes sollten keine Panoramaaufnahmen angefertigt werden und stattdessen selektive Röntgenaufnahmen der beiden AC-Gelenke, ausgenommen der superioren thorakalen Apertur, da die Schilddrüse direkt im Strahlengang liegt (42).



Abbildung 5: Panoramaaufnahme bei Rockwood Typ V Verletzung links (39)

Diese speziellen Untersuchungstechniken lassen eine Diagnose von relativen Elevationen der lateralen Clavicula, eine Verschiebung nach dorsal und eine horizontale Instabilität ebenjener zu (34,43).

Die Magnetresonanztomographie stellt kein Standardmittel zur Differentialdiagnose von AC-Gelenksverletzungen dar, sie kann zur detaillierten Beurteilung der Bandkomplexe oder zum Ausschluss von Begleitverletzungen dienen (44,45).

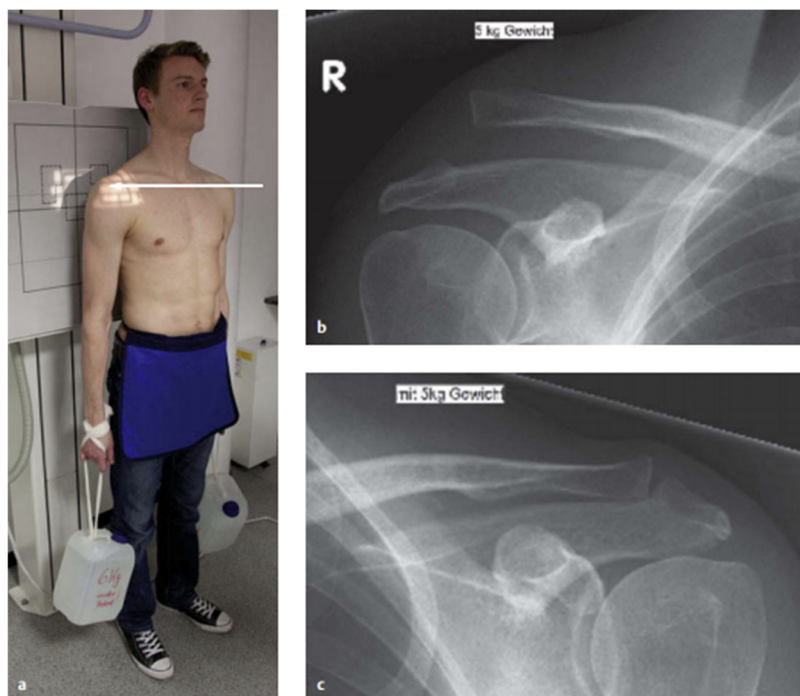


Abbildung 6: "Water-bearer"-Aufnahme; a) Lagerung, b) Röntgenaufnahme rechts: pathologischer Befund des AC-Gelenks, c) Röntgenaufnahme links: physiologischer Befund des AC-Gelenks (46)

### 1.2.6 Klassifikation von lateralen Claviculafrakturen

Aufgrund der anatomischen Nähe und der ähnlichen Verletzungsmechanismen soll an dieser Stelle auch auf die Klassifikation der lateralen Claviculafrakturen eingegangen werden.

Für die im europäischen Raum gängigste Klassifikation von lateralen Claviculafrakturen zeichnen Jäger und Breitner verantwortlich. Als Typ I beschrieben sie eine Fraktur der lateralen Clavicula bei intakten coracoclaviculären Bändern. Typ II-Frakturen werden in Typ IIa und Typ IIb untergliedert. Bei Typ IIa befindet sich die Fraktur auf Höhe der CC-Bänder, das Lig. conoideum weist eine Fraktur auf. Das mediale Fragment wird durch den M. sternocleidomastoideus nach proximal und dorsal gezogen, während das laterale Fragment durch das lateral gelegene Lig. trapezoideum und des AC-Gelenks in anatomischer Position bleibt. Typ IIb Verletzungen wiesen eine Ruptur des Lig. trapezoideums auf, durch das intakte Lig. conoideum bleibt auch das mediale Fragment in anatomischer Position. Der Typ III wird als Fraktur die medial des intakten CC-Bandapparates liegt beschrieben. Zum sogenannten „banana peeling“ kommt es beim Typ IV. Hiermit wird eine Sonderform der kindlichen Fraktur beschrieben, wo der laterale Claviculaanteil aus dem gerissenen Periostschlauch nach kranial heraustritt, wohingegen der Wachstumsknorpel an seiner anatomischen Position erhalten bleibt. Da es sich hier eher um eine Luxation handelt, spricht man in diesem Fall auch von einer „Pseudoluxation“ (47).

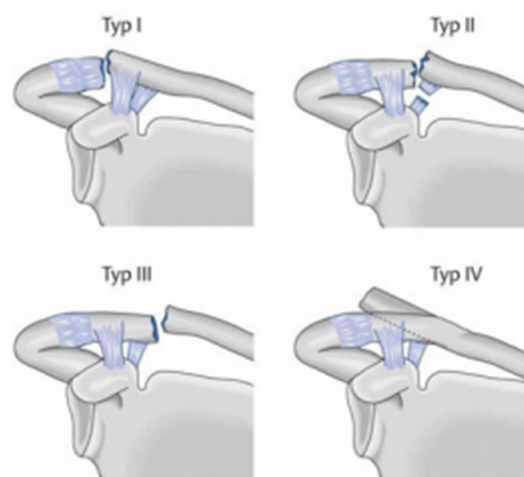


Abbildung 7: Klassifikation der lateralen Claviculafrakturen nach Jäger und Breitner (33)

### 1.3 Versorgungsmöglichkeiten

Frank et al. definierten in ihrem Review, dass die Behandlung bestimmenden Faktoren von AC-Luxationen neben der Schwere der Verletzung (Rockwood- Klassifikation), die Dauer zwischen dem auslösenden Geschehnis und der Versorgung sind (1). Anhand dieses Reviews werden im folgenden Absatz auch grob die Behandlungsmöglichkeiten der AC-

Gelenksluxation beschrieben. Als akute AC-Gelenksluxation wird diese in den ersten 3 Wochen nach der Verletzung bezeichnet, eine chronische Luxation besteht 6 Wochen nach dem auslösenden Ereignis (48). Was bei der Stellung der OP-Indikation bzw. bei der Wahl des OP-Verfahrens berücksichtigt werden sollte, aber von einigen Autor\*innen in ihren Studien nicht behandelt wird, ist die Un-/Zufriedenheit der Patient\*innen mit der dargebotenen Ästhetik, sowohl prä- als auch postoperativ.

### **1.3.1 Versorgung von Rockwood Typ I und Typ II – Verletzungen**

Patient\*innen mit diesen Verletzungen wird fast ausschließlich eine konservative Behandlung empfohlen (19,49). Typ I-Verletzungen werden häufig in einem einfachen Schulter-Arm-Verband für 1-3 Wochen immobilisiert. Bei Typ II-Verletzungen kann eine längere Immobilisierung vonnöten sein. Weiterführende konservative Behandlungsmöglichkeiten sind eine Therapie mit NSAR, physikalische Therapie oder Kryotherapie. Eine Physiotherapie kann in den ersten beiden Wochen eingeleitet werden, um die Beweglichkeit der Schultergelenke zu erhalten. Nach 2 Wochen kann mit Kräftigungsübungen begonnen werden (19,49). Kontaktsportarten und das Heben von schweren Gegenständen werden in der Regel für ein Monat pausiert. Die return-to-sport Dauer, sprich die Zeit bis zur vollen Belastbarkeit, dauert hingegen bis zu 2-3 Monate (1). Park et al. stellten in ihrer Arbeit, die 134 Patient\*innen durchschnittlich 6,3 Jahre nachbeobachteten, fest, dass Patient\*innen mit Typ I-Verletzungen durchschnittlich 19,5 Tage immobilisiert wurden und ca. 6 Wochen Symptome aufwiesen. Die Symptome bei Patient\*innen mit Typ II Verletzungen dauerten ebenfalls 6 Wochen an, wohingegen diese durchschnittlich 27 Tage immobilisiert wurden (50). Mikek et al. fanden heraus, dass bis zu der Hälfte der Patient\*innen mit Typ I- und Typ II-Verletzungen 10 Jahre nach der Verletzung unter Schmerzen und Funktionseinschränkungen leiden (51). Eine Exzision der lateralen Clavicula kann bei Patient\*innen mit Typ II-Verletzungen und Schmerzpersistenz angedacht werden (52).

### **1.3.2 Versorgung von Rockwood Typ III – Verletzungen**

Das optimale Management der Typ III-Verletzungen ist umstritten. Bislang wurden nur wenige Studien mit Evidenzstufen I oder II, welche in der Entscheidungsfindung über die zu wählende Versorgungsmöglichkeit unterstützend wirken könnten, publiziert, wohingegen mehrere Studien mit geringerem Evidenzgrad veröffentlicht wurden, welche den non-operativen Ansatz bevorzugen (53,54). Nissen und Chatterjee führten 2006 eine Umfrage unter den Mitgliedern der American Orthopaedic Society for Sports Medicine und dem

Accreditation Council for Graduate Medical Education orthopaedic residency program durch, um deren Präferenz für die Versorgung der Typ III-Verletzungen herauszufinden. Ein Großteil der Befragten, nämlich 81% bzw. 86%, gab an, ein non-operatives Management zu bevorzugen (55).

Die konservative Behandlung von Typ III Verletzungen folgt demselben Ansatz, welcher schon oben bei den Typ I- und Typ II-Verletzungen beschrieben wurde, wobei die Immobilisierung 3 bis 4 Wochen erfolgen sollte (51,56,57). Bei 43 von 44 mit konservativ behandelten Typ III Verletzungen wurden von Dias et al. 1987 nach 5 Jahren gute bis ausgezeichnete Ergebnisse beschrieben, wobei 82% eine Deformität des AC-gelenks und 55% anhaltende AC-Gelenkssymptomatik aufwiesen. Dies führte jedoch zu keinen funktionalen Defiziten oder Einschränkungen der Patient\*innen (58). Schlegel et al. berichteten über 20 Patient\*innen mit Typ III Verletzungen, die mit frühzeitiger Physiotherapie behandelt wurden. Nach einem Jahr hatten 16 der 20 Patient\*innen keinerlei Einschränkungen der Schulterbewegung und keinen signifikanten Kraftunterschied im Vergleich der beiden Schultern. Bei den restlichen 4 Patient\*innen wurde die konservative Behandlung von den Autor\*innen als fehlgeschlagen bewertet (59).

Vor allem bei jüngeren und sportlich aktiven Personen, insbesondere Überkopfsportler\*innen wird bei Typ III-Verletzungen oftmals eine chirurgische Behandlung empfohlen (54). Smith et al. stellten fest, dass ein operatives Vorgehen ein deutlich besseres Ergebnis nach sich zieht, wobei dies mit einer längeren Krankheitsdauer im Vergleich zu einem non-operativen Management verbunden ist. In puncto Stärke, Schmerz, Fähigkeit, über Kopf zu werfen und Inzidenz von AC-Gelenksarthrose konnte im Vergleich der beiden Vorgehen kein signifikanter Unterschied detektiert werden (60).

### **1.3.3 Versorgung von Rockwood Typ IV, V und VI – Verletzungen**

Patient\*innen mit Typ IV oder VI Verletzungen wird fast immer ein operatives Management empfohlen. Typ V – Verletzungen werden ähnlich kontrovers diskutiert wie Verletzungen vom Typ III. In diese Entscheidung müssen viele Parameter, wie Status der umgebenden Haut und der umgebenden Weichteile, Komorbiditäten und der sportliche Anspruch der Patient\*innen, einfließen (1).

In der von der Canadian Orthopaedic Trauma Society durchgeführten multizentrischen randomisierten Studie wurde das operative mit dem non-operativen Management von AC-Gelenkluxationen vom Typ III, IV und V anhand von 83 Patient\*innen verglichen. Bei 40 dieser Patient\*innen, welche randomisiert ausgesucht wurden, wurde eine Fixierung mittels

Hakenplatte durchgeführt. Der Rest (43 Patient\*innen) wurde konservativ behandelt. Der Disabilities of Arm, Shoulder and Hand- (DASH)Score zeigte sich in der konservativen Gruppe nach 6 Wochen und nach 3 Monaten signifikant besser. Nach 6 Monaten, 1 Jahr und 2 Jahren konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gesehen werden. Der Constant Score verhielt sich gleich, sprich bessere Werte nach 6 Wochen, 3 und 6 Monaten, keine Unterschiede mehr danach. Einzig die radiologischen Resultate zeigten sich in der operativ versorgten Gruppe signifikant besser (61).

Patient\*innen mit hochgradigen AC-Gelenksverletzungen (Rockwood Typ III-IV), die operativ mit Hakenplatte behandelt werden, haben möglicherweise dieselbe Lebensqualität, wie Patient\*innen, die 24 Monate nach der Verletzung nicht operativ behandelt wurden (62).

### ***1.4 Operationstechniken***

Sowohl bei akuten als auch chronischen Instabilitäten des AC-Gelenks wird derzeit eine Vielzahl von operativen Versorgungsmöglichkeiten beschrieben (63). Das grundsätzliche Prinzip bei akuten Verletzungen, bei denen eine Indikation für ein operatives Vorgehen gestellt wird, besteht darin, das AC-Gelenk zu reponieren, sodass der Coracoclaviculäre-Bandapparat heilen kann. Bei chronischen Instabilitäten, bei denen die Heilung der CC-Bänder nicht vorhergesagt werden kann, ist die Rekonstruktion des AC-Gelenks und der CC-Bänder empfohlen (64). Das ideale OP-Verfahren sollte leicht aufgebaut/gestaltet/konzipiert/geplant/konstruiert sein, sodass möglichst viele Chirurg\*innen es erlernen können, wenige Komplikationen in sich bergen, keine Re-Operation vonnöten machen, frühestmögliche Nachbehandlung erlauben, eine kürzestmögliche Krankenhausaufenthaltsdauer und Arbeitsunfähigkeit nach sich ziehen und aus gesundheitsökonomischer Sicht so geringe Kosten wie möglich verursachen.

Folgend werden bekannte Operationsverfahren kurz beschrieben.

#### **1.4.1 Bosworth-Schraube**

Die Bosworth-Schraube ermöglicht eine direkte coracoclaviculäre Verschraubung. Nach einem sagittalen Hautschnitt, der zwischen der Außenkante des Acromions und der Korakoidspitze verläuft, wird das laterale Schlüsselbeindrittel dargestellt. Anschließend wird das AC-Gelenk temporär mit einem Bohrdraht, welcher durch Acromion und Clavicula gebohrt wird, fixiert. Danach erfolgt die Anlage eines Bohrkanals, in welchem später die Bosworth-Schraube eingebracht wird. Dieser sollte in der Mitte zwischen Vorder- und Hinterkante der Clavicula, genau senkrecht über der Korakoidbasis liegen. Nach Längenmessung und Gewindeschneiden erfolgt das Einbringen der passenden Schraube

samt Unterlagscheibe. Es ist darauf zu achten, dass das Schraubengewinde beide Corticalices der Coracoidbasis fasst, dieses jedoch nicht im Schaft der Clavicula liegt, da sonst der adäquate Halt der Schraube nicht gewährleistet ist bzw. kann es durch Bewegung der Clavicula zum Herauswandern der Schraube kommen (65). Die Schraube sollte nach 8 Wochen wieder entfernt werden. Aufgrund der Gefahr eines Schraubenbruchs sind dem Patient\*innen dieser Zeit Abduktions- und Antereversionsbewegungen über 60° untersagt (53). Vorteil dieses Verfahrens ist die relativ einfache Ausführung bei ausreichender Stabilisierung des AC-Gelenks (66). Schraubenbrüche, -lockerungen und -ausrisse können Folgen der unphysiologischen Rigidität sein (53,66–69). Nach dem notwendigen Zweiteingriff, bei dem die Schraubenentfernung durchgeführt wird, kann es zu Sekundärdisklokation des AC-Gelenks kommen (53,68).

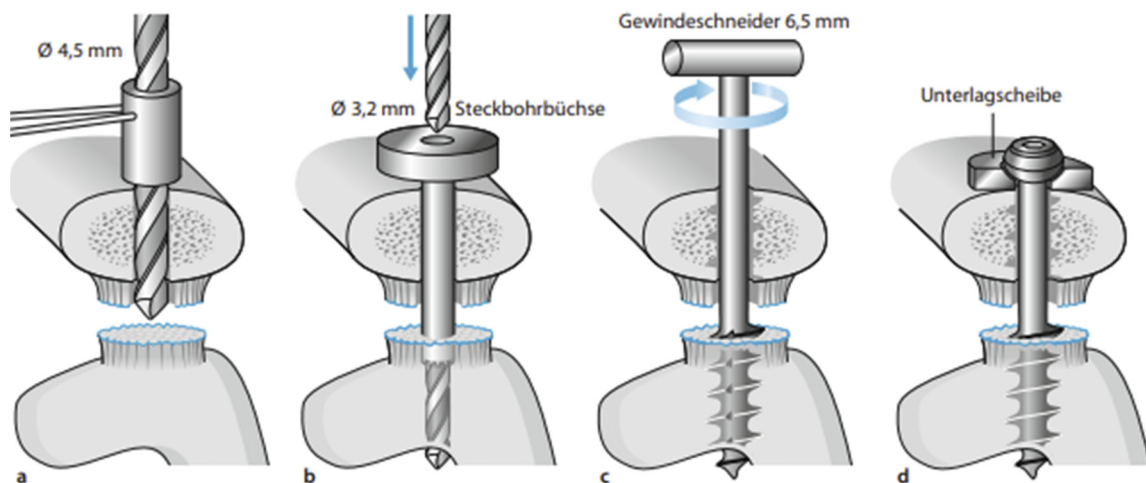
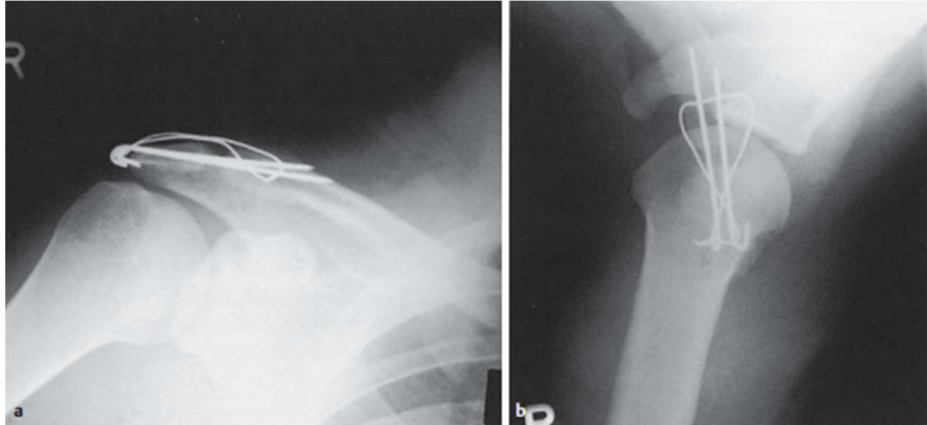


Abbildung 8: Operatives Vorgehen beim Setzen einer Bosworth-Schraube (39)

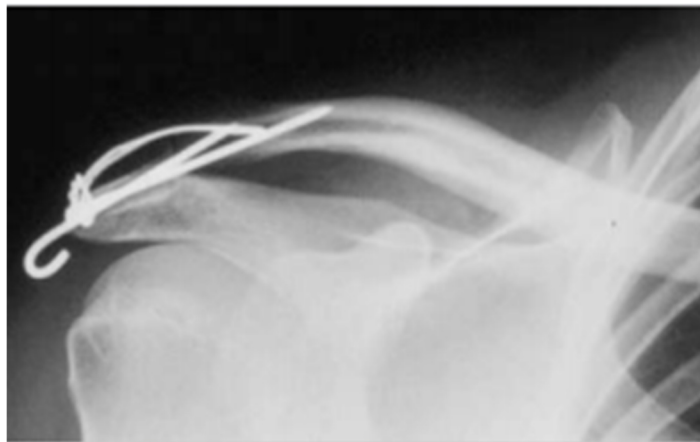
#### 1.4.2 K-Draht Transfixierung

Nach einem vertikalen Hautschnitt über der lateralen Clavicula wird das AC-Gelenk, einschließlich der Gelenksflächen, dem dazwischenliegenden Discus und den AC-Bändern dargestellt. Anschließend wird das AC-Gelenk manuell in Position gebracht, sodass wieder anatomische Verhältnisse vorherrschen. Um diese Positionierung zu fixieren, werden zwei perkutane K-Drähte mindestens 9 cm vom lateralen Ende des Acromions kommend parallel in das Schlüsselbein gebohrt. Anschließend empfiehlt es sich, einerseits ein intraoperatives Röntgenbild anzufertigen, um die korrekte Lage der Drähte zu kontrollieren und andererseits die seitlichen Enden der Drähte umzubiegen, um einer Migration der Drähte vorzubeugen (70). Um noch mehr Stabilität zu erreichen, können Cerclagen aus z.B. Polyester um Proc. Coracoideus und Clavicula angelegt werden (71).



*Abbildung 9: Röntgenbild nach operativer Versorgung einer Rockwood Typ III Verletzung mit K-Drahtung und Zuggurtung (72)*

Der Proc. Coracoideus Transfer, bei dem der Proc. Coracoideus mit den Muskelansätzen des M. biceps brachii (kurzer Kopf) und M. coracobrachialis osteotomiert und anschließend mittels einer Schraube an der anterioren Unterseite der Clavicula befestigt wird, ist eine Erweiterung dieser Technik (70). Die Entfernung der K-Drähte erfolgt nach ca. 6 Wochen. Um die Gefahr eines Materialbruchs zu minimieren, dürfen die Patient\*innen bis zum Zeitpunkt der Entfernung aktiv Flexionen nur bis zu 70° und Abduktionen bis 90° durchführen (73).



*Abbildung 10: K-Draht-Lockerung (72)*

In der Literatur werden immer wieder Fälle beschrieben, bei denen gebrochene K-Drähte im Körper der Patient\*innen wanderten und dies auch zu lebensbedrohlichen Zuständen führte. So löste ein intraspinaler K-Draht eine Tetraparese aus, da dieser durch das Foramen intervertebrale des 5. und 6. Halswirbels gewandert war (74). Medved et al. berichteten über einen Fall, bei dem ein K-Draht mit der Länge von 13,5 cm in den rechten Ventrikel wanderte und zum Tod führte (75). Aus diesem Grund werden regelmäßige Röntgenkontrollen zur Überwachung etwaiger Lockerungen empfohlen (74). Die K-Draht-

Transfixierung ist in der Lage das AC-Gelenk ausreichend zu stabilisieren und verbessert das Outcome der Patient\*innen, ist jedoch mit hohen Komplikationsraten verbunden (76).

### **1.4.3 Modifiziertes Weaver-Dunn-Verfahren**

Der Hautschnitt erfolgt hierbei ca. 2-3 cm medial und posterior des AC-Gelenks und verläuft bis zur Spitze des Proc. Coracoideus. Nachfolgend wird die laterale Clavicula und das AC-Gelenk dargestellt, woraufhin auch das Lig. coracoacromiale aufgesucht und dargestellt werden muss. Um später eine Knochen-zu-Knochen-Heilung zu ermöglichen, wird jenes Band samt einem kleinen Knochenstück vom Acromion abgelöst. Der Markkanal des Schlüsselbeines wird darauffolgend vom lateralen Ende aus eröffnet. Zwei Bohrlöcher werden im Abstand von 5-6 und 5-7 mm vom Rand der lateralen Clavicula gebohrt, hierbei ist darauf zu achten, dass die beiden Bohrlöcher weder zu nah am Ende der Clavicula noch zu nah beieinanderliegen. Nun wird das abgelöste Lig. coracoacromiale mithilfe von Fäden in den Markkanal der Clavicula gezogen, so kommt es zu einer nicht-anatomischen Rekonstruktion des AC-Gelenks. Diese Rekonstruktion kann noch mittels Cerclagen um Proc. Coracoideus und Clavicula verstärkt werden. Postoperativ sollte der Arm für ca. 6 Wochen mittels Schlinge entlastet werden (77).

Das modifizierte Weaver-Dunn-Verfahren verbessert zwar die vertikale, nicht aber die horizontale Stabilität (78,79). Bei bis zu 30% der behandelten Patient\*innen wird eine rezidivierende Instabilität, vor allem in antero-posteriorer Richtung, detektiert, was diesem Verfahren Unpopularität bescherte (80,81).

### **1.4.4 LARS ©-Band**

Das LARS ©-Band besteht aus synthetischen Fasern und ahmt die mechanischen und anatomischen Bändeigenschaften nach. Es wird neben der Rekonstruktion des AC-Gelenks auch bei der Versorgung der Kreuzbänder und der Achillessehne eingesetzt. Das System besteht aus einem intra- und einem extraartikulären Anteil. Während der intraartikuläre Anteil aus Längsfasern besteht, die das Einwachsen von Fibroblasten ermöglichen, besteht der extraartikuläre Anteil aus gewebten Fasern, die mit Widerstand gegenüber Dehnung aufwarten können (82).

Ausgangspunkt der Operation ist ein ca. 5-6 cm langer Hautschnitt beginnend vom AC-Gelenk entlang des anterioren Randes der Clavicula. Das AC-Gelenk wird anschließend dargestellt und der Discus zwischen den beiden Gelenkflächen wird entfernt. Auch der Proc. Coracoideus und das laterale Schlüsselbein werden freigelegt. Zwei Bohrlöcher werden an der Clavicula angelegt, wobei drauf zu achten ist, dass die anteriore und posteriore

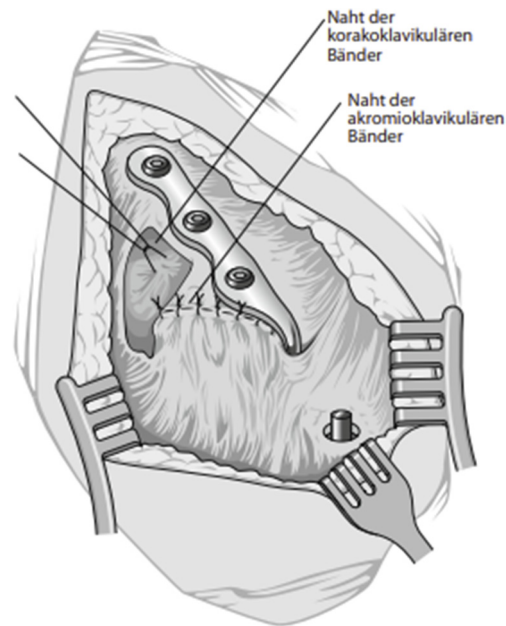


Kortikalis erhalten bleibt. Daraufhin wird das LARS©-Band unter den Proc. Coracoideus geführt, um es dann in die zuvor angelegten Bohrlöcher einzubringen. Das mediale Ende des Bandes wird mit einer nicht resorbierbaren Schraube an der Clavicula befestigt. Sobald die Luxation entsprechend reponiert wurde, kann auch das laterale Ende des Bandes mit einer Schraube am Schlüsselbein fixiert werden. Diese Band-Positionierung sollte die Anatomie der Ligg. Conoidea und trapezoidea nachempfinden. Um die horizontale Stabilität wiederherzustellen, soll eine Rekonstruktion der rupturierten Kapsel und Bänder vorgenommen werden. Das postoperative Management umfasst eine Stabilisierung mittels Schlinge, welche 2 bis 3 Tage getragen werden sollte. 80° Abduktion und 60° Flexion sollten in den ersten 5 Tagen nach der Operation vermieden werden und Bewegungen über 90° Abduktion sollten erst nach 18 Tagen erfolgen. Eine Rückkehr zur vollen Aktivität kann nach ca. 28 Tagen erfolgen. Ein Zweiteingriff zur Entfernung des Bandes ist in der Regel nicht notwendig (82).

In einer retrospektiven Untersuchung von 24 Patient\*innen kamen Hunter et al. zum Schluss, dass die Versorgung mittels LARS©-Band eine wirksame Methode zur Rekonstruktion des AC Gelenkes ist, das gute Outcomes liefert. Als Hauptkomplikationen wurden die progressive Erosion bis hin zur vollständigen Teilung des Coracoids beschrieben (83).

### **1.4.5 Hakenplatte**

Die Versorgung mittels Hakenplatte ist das derzeit häufigste angewandte operative Verfahren zum Management von AC-Gelenksluxationen und wird folgend in Anlehnung an das Review von Kani et al. beschrieben (84,85). Das AC-Gelenk wird durch einen Längsschnitt entlang der lateralen Clavicula freigelegt. Die dislozierte laterale Clavicula wird mittels transartikulären K-Drähten aus dem lateralen Acromion reduziert und temporär stabilisiert. Nach einer entsprechenden Repositionierung wird der namensgebende Haken der Platte entlang der Hinterkante des AC-Gelenks unter dem Acromion eingehakt und die Platte mit bikortikalen Schrauben am Schlüsselbein fixiert. Um etwaiges unphysiologisches Impingement zu detektieren, wurde das Glenohumeralgelenk intraoperativ passiv durchbewegt.



*Abbildung 11: Hakenplatte in situ (39)*

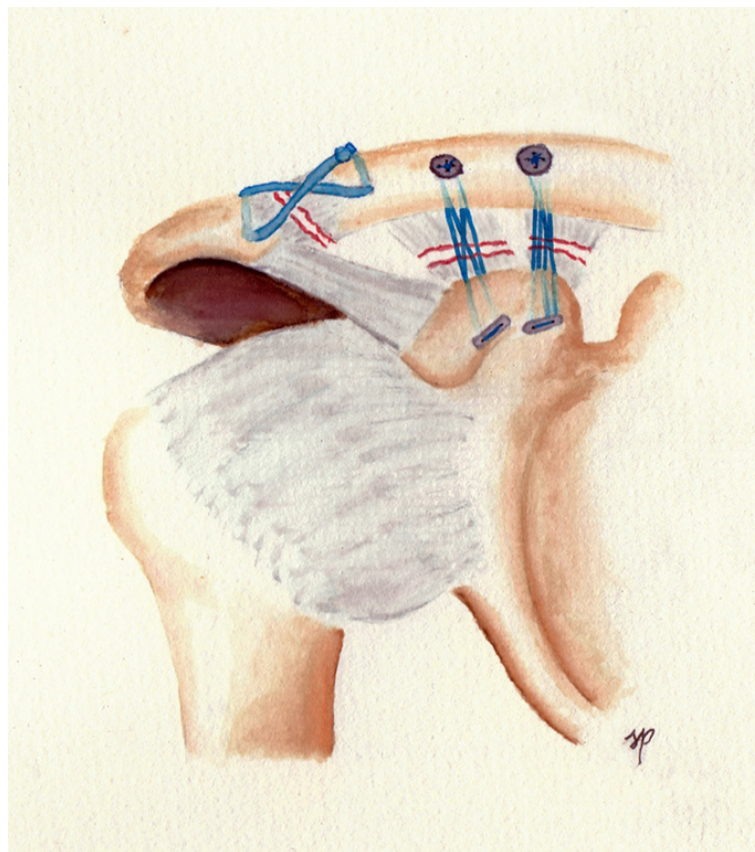
Postoperativ erfolgt eine Schlingen-Immobilisierung für 4 Wochen, anschließend kann mit passiven Bewegungen der Schulter begonnen werden (86). Hakenplatten können neben dem alleinigen Einsatz auch in Verbindung mit einer Bandrekonstruktion oder einem Weichteil-Repair durchgeführt verwendet werden (87–89). Diese sind anatomisch vorkonturierte Platten unterschiedlicher Größe und Form (89). Mehrere Studien zeigten gute bis ausgezeichnete Scores an der Versorgung mittels Hakenplatte (90–92). Allerdings besteht Unsicherheit hinsichtlich der Überlegenheit dieses Verfahrens in Vergleich zu einer konservativen Versorgung bei Patient\*innen mit Verletzungen vom Typ III-V (61).

Eine relativ hohe Komplikationsrate von bis zu 74% wird in der Literatur beschrieben. Diese umfassen Wundheilungsstörungen, Einschränkungen der Bewegung, anhaltende Schmerzen und Instabilität, Infektionen, periimplantäre Frakturen, Reduktionsverlust, Komplikationen die Platte betreffend und bei bis zu 41% der Patient\*innen AC-Gelenksarthrosen (87,88,92–96). Das subacromiale Einhaken der Platte kann ein subacromiales Impingement, welches zusätzlich mit einer Bursitis der Bursa subacromiale und Rupturen von Rotatorenmanschetten assoziiert sein kann, subacromialer Osteolyse und Frakturen des Acromions hervorrufen (94–97). Eine Überkorrektur des AC-Gelenks während der Operation ist der häufigste Grund für das mechanische Versagen von Hakenplatten (84). Die Raten vom Auftreten eines subacromialen Impingement variieren in der Literatur von 5-68% und hängen mit dem Zeitpunkt der Entfernung der Platte zusammen. Um dieses Impingement und auch subacromiale Osteolyse zu verhindern, werden Hakenplatten in der

Regel nach 3 Monaten wieder entfernt (85,89,94,96,97). Symptome des subacromialen Impingements und der Ostelyse des Acromions klingen typischerweise nach der Entfernung der Platte wiederum ab (94,96). Ein Verlust der AC-Gelenkreduktion kann bei einem Hardwarefehler oder bei 2–12% der Patient\*innen nach Entfernung der Platte auftreten (90,92).

#### **1.4.6 Offene Technik mittels Fadenzugsystemen wie zum Beispiel TightRope© der Firma Arthrex ©**

Der Proc. Coracoideus wird palpirt und eine ca. 2 cm lange Hautinzision wird senkrecht zu diesem über der lateralen Clavicula gemacht. Ein weiterer ca. 2 cm langer Hautschnitt wird über dem AC-Gelenk gesetzt. Anschließend wird ein Führungsdraht durch die Clavicula und den Proc. coracoideus gebohrt. Darüber wird mithilfe eines kanülierten Bohrers mit einem Durchmesser von 4,5 mm ein Kanal gebohrt. Daraufhin wird der Führungsdraht entfernt und das Implantat in den Kanal eingebracht. Die Lage wird mithilfe eines Bildwandlers kontrolliert und sobald diese zufriedenstellend ist, werden die Fäden verknüpft, sodass das Implantat an der korrekten Stelle verweilt (98). Bei der doppelten TightRope®-Technik wird ein zweiter Bohrkanal auf dieselbe Weise mit einem Abstand von ca. 45 mm angelegt und ein zweites TightRope® auf dieselbe Weise eingebracht und fixiert (99).



*Abbildung 12: Lage der Implantate bei Anlage zweier TightRopes© (99)*

### 1.4.7 Arthroskopische Technik mittels TightRope® – Arthrex ©

Das Arthroskop wird über das posteriore Standard-Portal in das Glenohumeralgelenk eingeführt, welches anschließend gründlich inspiziert wird. Dabei ist v. a. auf assoziierte Begleitverletzungen zu achten. Mithilfe der Outside-In-Technik wird ein antero-inferiores Portal angelegt, damit der Proc. Coracoideus erreicht werden kann. Mithilfe eines Shavers und Hochfrequenzablationsgeräts wird der Proc. Coracoideus freigelegt. Sobald dies geschehen ist, wird ein ca. 1 cm langer Querschnitt über der Clavicula auf Höhe des Coracoids angelegt. Durch das antero-inferiore Portal wird dann eine Bohrführung eingeführt, deren Führungsspitze sich unter der Basis des Coracoids (dies wird arthroskopisch unterstützt) befindet, während die Oberseite der Führung über der Clavicula in der Linie des Proc. coracoideus zu liegen kommt. Ein Führungs-Pin wird unter arthroskopischer Sicht in die Clavicula und das Coracoid eingebracht. Danach wird durch einen kanülierten Bohrer über diesen Pin ein Tunnel angefertigt, durch welchen ein Führungsdraht eingebracht wird, der durch ein arthroskopisches Instrument durch das antero-inferiore Portal gefasst und herausgezogen wird. Über diesen Führungsdraht werden nun die Traktionsfäden und der Button des TightRopes® in den Tunnel eingebracht. Danach kann der Führungsdraht wiederum entfernt werden. Anschließend wird der Button unter arthroskopischer Sicht positioniert und das Schlüsselbein reponiert, dies wird durch eine Kontrolle mithilfe eines Bildwandlers kontrolliert (100).

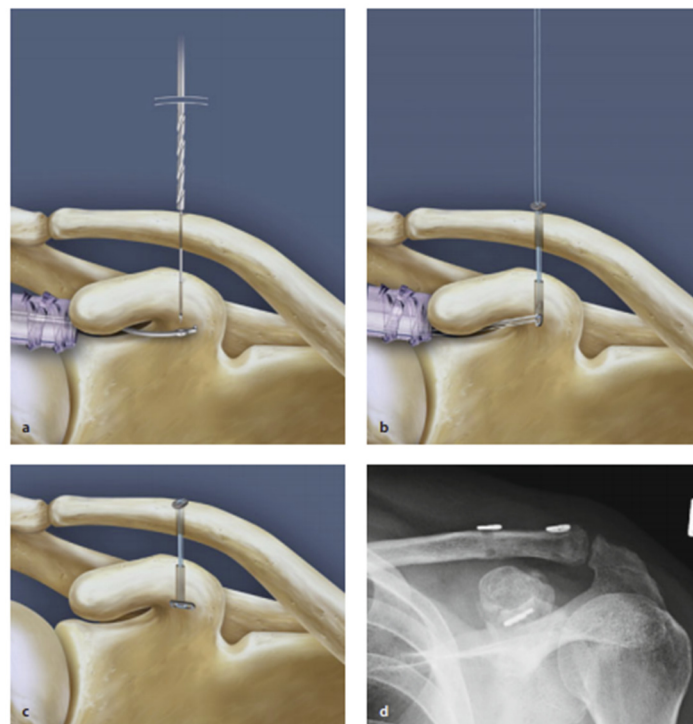


Abbildung 13: Schematische Darstellung der Versorgung mit TightRope (arthroskopische Technik)  
(39)

Der Arm wird für 6 Wochen in einer Schlinge gestützt. Passive Mobilisierungs- und Pendelübungen sollten begonnen werden, sobald die Schmerzsituation dies zulässt. Nach 2 Wochen können aktive Abduktion und Flexion bis 30° begonnen werden, dies sollte innerhalb von 6 Wochen auf 90° gesteigert werden. 10 Wochen nach der OP ist der volle Bewegungsumfang wieder möglich und nach 12 Wochen sollte mit Kräftigungsübungen begonnen werden (100).

Bei ca. 5% der Patient\*innen, die mit einem TightRope© versorgt wurden, zeigten sich rezidivierende Luxationen. Die häufigste Komplikation ist die Migration oder Nachsinterung des Implantats in das Schlüsselbein, das Coracoid oder in beide davon, jedoch besteht keine Korrelation zwischen einer Implantatmigration und dem CC-Abstand. Rund ein Drittel der Patient\*innen klagt nach der Operation über lokale Reizungen über dem oberen Fixierungspunkt des TightRopes©. Bei falsch ausgeführter Bohrtechnik (falsche Lage, Größe und/oder Nähe des Knochentunnels zum lateralen Schlüsselbein oder anderen Knochentunnel) kann es zu einer Rate von kombinierten Frakturen (Schlüsselbein und Coracoid) von 20% kommen. Deshalb sollte intraoperativ darauf geachtet werden, dass die Anlage der Tunnel bei einem einzeitigen Vorgehen genau durch die Knochenmitte erfolgt und ein maximal möglicher Abstand zu Knochenenden und anderen Bohrlöchern gewählt wird (101).

Die Fixierung mittels TighRope© ist ein geeignetes Verfahren zur Stabilisierung luxierter AC-Gelenke, das gute bis ausgezeichnete Ergebnisse bringt. Darüber hinaus ist es eine minimalinvasive Technik, bei der keine obligatorische Implantatentfernung vonnöten ist. Weiters ist die Möglichkeit der arthroskopischen Diagnose und Therapie von assoziierten Glenohumeralgelenksverletzungen ein großer Vorteil dieses Verfahrens (102).

Xu et al. verglichen 2018 Einzel- und Doppel-Endo-Button-Technik miteinander und stellten fest, dass die Doppel-Endo-Button-Technik ein besseres Ergebnis bei weniger Komplikationen bei der arthroskopischen Behandlung von akuten AC-Gelenksluxationen vom Rockwood-Typ IV bringt (103).

### ***1.5 Operatives vs. non-operatives Vorgehen***

Der Frage nach der Gleichwertigkeit eines operativen gegenüber eines nicht-operativen Managements von AC-Luxationen gingen Tamaoki et al. 2019 in ihrem Review nach, in welchem 5 randomisierte und ein quasi-randomisiertes Trial inkludiert wurden. Diese fanden heraus, dass es eine geringe Evidenz dafür gibt, dass eine chirurgische Behandlung keine Vorteile bezüglich der Funktion, einer Rückkehr zu früher ausgeführten Aktivitäten

und der Lebensqualität nach einem Jahr verglichen mit einer konservativen Behandlung hat. Jedoch konnten wiederum Beweise mit geringer Evidenz gefunden werden, dass ein konservatives Vorgehen gegenüber einem operativen Managements Vorteile in puncto Funktion nach 6 Wochen bringt (104). Im Jahr 2020 wurde dieses Review von Darren et al. bewertet, mit dem Ergebnis, dass die in dieser Cochrane-Übersicht erfassten Studien schwerwiegende Verzerrungen in sich bergen. Als Hauptmängel werden die Einbeziehung von Studien mit einer Reihe von Verletzungsarten und das Fehlen von standardisierten Klassifizierungsschemata genannt. Auch der Umstand, dass die Hälfte der eingeschlossenen Studien vor über 30 Jahren veröffentlicht wurden, ist ein Kritikpunkt (105). Die Autor\*innen sind sich einig, dass es einer multizentrischen randomisierten Kontrollstudie bedarf, um die Frage zu klären, von welchem Vorgehen die Patient\*innen am meisten profitieren (104,105).

### ***1.6 Frühe vs. spätere chirurgische Intervention***

Song et al. fassten in ihrem Review 8 Studien, die frühe und verzögerte Versorgung von AC-Gelenksluxationen von mindestens Typ III miteinander verglichen, zusammen. Die beschriebenen OP-Verfahren waren: Versorgung mittels Hakenplatte, LARS-Band, Dewar-Barrington-Technik und eine arthroskopische Rekonstruktion der CC-Bänder mittels synthetischen Transplantats. Diese kamen zum Ergebnis, dass eine frühere OP bessere funktionelle Ergebnisse und bessere Werte bezgl. partieller Dislokationen/Re-Dislokationen zeigt. Bezugnehmend auf die Rate der CC-Ossifikation und der Komplikationsraten konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Die Autor\*innen berichten, dass es sich bei den untersuchten Studien um Studien mit geringem Evidenzgrad handelt und es multizentrische, prospektive Studien mit großer Fallzahl braucht, um diese Frage seriös beantworten zu können (106).

Lädemann et al. untersuchten retrospektiv 53 Patient\*innen bei denen entweder eine frühe (< 2 Wochen nach der Verletzung) oder eine spätere ( $\leq$  2 Wochen nach der Verletzung) offene Stabilisierung einer AC-Gelenksluxation durchgeführt wurde. Bei allen Patient\*innen wurde dieselbe OP-Technik angewendet, mit Ausnahme der eines M. gracilis-Allotransplantates zur CC-Bandkomplex-Rekonstruktion bei verzögerter Intervention. Die Patient\*innen wurden mindestens 12 Monate nachuntersucht. Vergleicht man die frühe und spätere Versorgung, so konnten die Autor\*innen im Rahmen ihrer Studie gleichwertige klinische Ergebnisse ermitteln (107).

### ***1.7 Offene vs. arthroskopische Versorgung mittels TightRope®***

Vergleicht man die offene mit der arthroskopischen Versorgung von Luxationen des AC-Gelenkes, so können im klinischen Outcome weder in größeren Reviews noch in prospektiven Studien Unterschiede im postoperativen Schmerz oder in der Funktion festgestellt werden (1,108)

### ***1.8 Hakenplatte vs. TightRope®***

Die über 162 beschriebenen Operationstechniken zur Behandlung von AC-Gelenksluxationen (63) lassen darauf schließen, dass derzeit kein Konsensus über die optimale operative Versorgungsart besteht. So sind auch die Versorgung mittels TightRope®-Technik und die Versorgung mithilfe einer Hakenplatte umstritten. Qi et al. führten eine Metanalyse durch und erstellten einen systematischen Review, um eine Präferenz für eine der beiden Methoden abzuleiten. Hierzu wurden 13 Studien mit insgesamt 732 Patient\*innen untersucht, bei denen zumindest eine AC-Gelenksluxation von Rockwood Typ III bestand und welche das 18. Lebensjahr vollendet hatten. In allen eingeschlossenen Studien betrug das Follow-up zumindest 12 Monate (109).

Die höheren funktionell Scores und die geringeren Schmerz-Scores in der TightRope®-Gruppe waren die signifikantesten Ergebnisse der Arbeit. Die Versorgung mittels TightRope® führt zu gleichen bis sogar höheren Belastbarkeiten in vitro als die nativen Bänder erreichen. Darüber hinaus stiegen Kraft und Steifigkeit um ca. 40% verglichen mit den physiologischen CC-Bändern. Es stellte sich heraus, dass es keinerlei Auswirkung auf die Scores hatte, ob die TightRope®-Technik im Rahmen eines arthroskopischen Eingriffes vonstattenging oder eine Mini-Inzision als Zugang gewählt wurde. Die double-bundle Variante unter der Verwendung von 3 Endobuttons erhöhte die Gefahr einer Fraktur des Proc. Coracoideus. Darüber hinaus stiegen auch die Operationsdauer und mitunter dadurch die Kosten. Deshalb empfehlen die Autor\*innen ein Ausführen mit einem Single-bundle unter Verwendung von 2 Endobuttons (109).

Die Hakenplatte führte oft zu subacromialen Osteolyse und weiterführend zu Frakturen des Acromions. Als mögliche Ursachen hierfür und etwaige Schmerzquelle wurde die hohe Spannung zwischen dem Haken der Hakenplatte und dem Acromion angegeben. Weitere Nachteile der Hakenplatte sind das meistens notwendige zweizeitige Vorgehen und Infektionen, die aufgrund der längeren Inzision und der Weichteilverletzungen häufiger als bei der TightRope®-Technik auftraten (109).

Betrachtet man die besseren funktionellen Scores, die geringeren Schmerzen, die geringere OP-Zeit und den seltener nötigen Zweitengriff, so sollte die TightRope©-Technik gegenüber der Versorgung mittels Hakenplatte bevorzugt werden.

## ***1.9 Scores***

Zwei der gängigsten Scores, die im Rahmen der Untersuchung des Schultergürtels angewandt werden, werden folgend beschrieben.

### **1.9.1 Constant-Shoulder-Score**

Dieser Score wurde zwischen 1981 und 1986 von Christopher Constant und Alan Murlex entwickelt und ist eine Funktionsbewertung, die für gesunde, erkrankte und behandelte Schultern eingesetzt wird, um z.B. das Follow-up zu dokumentieren oder eine OP-Indikation zu stellen. Insgesamt werden 100 Punkte vergeben, wobei 35 auf die subjektive Bewertung von Schmerzen und Aktivitäten des täglichen Lebens entfallen und 65 Punkte auf objektive Messungen des Bewegungsumfanges und der Kraft vergeben werden (110).

### **1.9.2 DASH-Score**

Der „Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand“, kurz DASH-Score, dient der Selbsteinschätzung der Symptome und der Funktion der gesamten oberen Extremität. Insgesamt werden 30 Punkte vergeben, wovon 6 auf Symptome wie Schmerzen, Kribbeln bzw. Taubheitsgefühl, Schwäche und Steifheit entfallen. Die restlichen 24 Punkte werden beziehungsweise auf die körperliche Funktion und die Funktion im berufsspezifischen/sozialen Leben vergeben (111).

## ***1.10 Kosteneffizienzanalyse***

Gibt es mehrere gängige Operationsverfahren mit ähnlichem klinischen Outcome, so sollten diese Verfahren in der modernen Medizin, neben dem Nutzen und dem ggf. auftretenden Schaden, den diese generieren, auch auf ihren Umgang mit wirtschaftlichen Ressourcen bewertet werden. Im medizinischen Kontext können z.B. die Länge des stationären Aufenthalts, die OP-Dauer und in diesem Zusammenhang ggf. notwendige Zweiteingriffe oder der Materialeinsatz definiert werden. Die Durchführung einer Kosteneffizienzanalyse ist zum oben beschriebenen Zweck ein gängiges Werkzeug. Sanders et al. gaben 2019 in ihrer Arbeit einen Überblick zu Kosteneffizienzanalysen. Anhand dieser Arbeit werden in den folgenden Kapiteln Grundzüge der Kosteneffizienzanalyse beschrieben (112).



### **1.10.1 Rechtfertigung von Kosteneffizienzanalysen**

Soll eine Auswahl innerhalb der Versorgungsmöglichkeiten getroffen werden, so müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden, da Nutzen, Schaden und Kosten auf folgende Weisen variieren können: Der Nutzen kann sich in einer verringerten Morbidität oder Mortalität widerspiegeln. Interventionen unterscheiden sich sowohl im Preis als auch in den Kosten, die aufgewendet werden müssen, um diese bereitzustellen. Ein Beispiel hierfür sind die Kosten pro OP-Minute. Die Kosten und der Nutzen fallen auch für verschiedene Komponenten wie Patient\*innen, Pflegepersonal, Ärzt\*innen Gesundheitssysteme und Gesellschaft unterschiedlich an und bedürfen so einer jeweils gesonderten Bewertung. Zusammenfassend soll eine Kosteneffizienzanalyse den Entscheidungsträger\*innen in deren Beurteilung helfen. Dahingehend muss die Balance zwischen Nutzen, Schaden und Kosten gefunden werden, um das bestmögliche Outcome für die Patient\*innen zu ermöglichen und das unter Berücksichtigung des ressourcensparend Handelns (112).

### **1.10.2 Charakteristik von Kosteneffizienzanalysen**

Bei einer Kosteneffizienzanalyse werden der Nutzen, die Kosten und der Schaden mindestens zweier Interventionen berechnet und anschließend miteinander verglichen. Dies wird anschließend als Verhältnis der inkrementellen Kosten (= Kosten, die direkt einer Entscheidung zurechenbar sind) und des inkrementellen Effekts dargestellt. Dieses Verhältnis wird als „ICER“ (Incremental cost-effectiveness ratio) bezeichnet. Als inkrementelle Kosten werden die zusätzlichen Ressourcen bezeichnet, die durch die Verwendung von Intervention A gegenüber Intervention B entstehen. Der inkrementelle Effekt repräsentiert die zusätzlichen Gesundheitsereignisse, die durch den Einsatz von Intervention A gegenüber Intervention B gewonnen wurden. Niedrige ICER-Werte deuten darauf hin, dass Intervention A die Gesundheit bei geringen zusätzlichen Kosten pro Gesundheitseinheit verbessert, vorausgesetzt, Intervention A ist sowohl teurer als auch effektiver als B. Wenn die ICER negativ ist, ist die Interpretation komplexer. Negative ICERs können z.B. aus negativen inkrementellen Kosten (d.h. die neue Behandlung ist weniger kostspielig als die bestehende Behandlung) oder aber auch aus negativen inkrementellen Vorteilen (d.h. die neue Behandlung ist weniger effektiv als die bestehende Behandlung) entstehen. Eine neue Behandlung gilt als „dominant“, wenn sie kostengünstiger und effektiver ist als die Vergleichsbehandlung und eindeutig ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis aufweist. Die neue Behandlung gilt jedoch als „dominiert“, wenn sie teurer und weniger effektiv ist, also ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bietet (112).

### **1.10.3 Limitationen bei der Verwendung von Kosteneffizienzanalysen**

Kosteneffizienzanalysen weisen zahlreiche Einschränkungen auf. Beispiele hierfür sind die Heterogenität der Populationen, aus denen die Daten stammen können und das möglicherweise Nichtvorhandensein von Daten zu wichtigen Ergebnissen. Ein weiteres Problem könnte sein, dass möglicherweise nur kurzfristige Ergebnisse verfügbar sind und zu langfristigen Ergebnissen hochgerechnet werden müssen, was Ungenauigkeiten beinhalten würde. Darüber hinaus müssen häufig die mit einer Krankheit verbundenen Gesundheitszustände vereinfacht dargestellt werden, was die mögliche Folge in sich birgt, dass die Nuancen und Komplexitäten des klinischen Umfelds nur unzureichend wiedergegeben werden können.

2016 wurde in einem Panel zu Kosteneffizienzanalysen festgehalten, dass diese eine Diskussion der relevanten Einschränkungen und Bemühungen zum Ausgleich der Mängel der Kosteneffizienzanalysen enthalten sollte. Es wurde außerdem empfohlen, Ergebnisse aus der Sicht des Gesundheitssektors darzustellen. Es sollte dahingehend einerseits die Sicht der Entscheidungsträger\*innen und andererseits die gesellschaftliche Perspektive beleuchtet werden. Um sicherzustellen, dass alle Konsequenzen für Patient\*innen, Pflegekräfte, soziale Dienste und andere Personen außerhalb des Gesundheitssektors berücksichtigt werden, empfahl das Panel die Verwendung eines „Impact Inventory“, in dem die gesundheitlichen und nicht gesundheitsbezogenen Auswirkungen einer Intervention aufgeführt sind. Mit diesem Tool können Analyst\*innen Kategorien von Effekten bewerten, die für verschiedene Stakeholder\*innen zur Entscheidungsfindung am wichtigsten sein könnten (113).

### **1.10.4 Einzelkosten**

Das Bundesministerium für Gesundheit veröffentlichte 2014 einen Leitfaden zur Kalkulationsmethodik. Dort wird vorgegeben, wie Kosten für medizinische Leistungen in Österreich verrechnet werden sollten (114).

#### **1.10.4.1 Personalkosten**

Ca. 70% der Kosten entfallen im Operationsbereich auf die Personalkosten (115). Personalkosten werden über die Leistungserbringung kalkuliert, diese kann im OP-Saal, im Untersuchungs-/Behandlungsraum oder im Kreißaal erfolgen. Die Erfassung der Zeiten und Besetzungen hat differenziert nach Personalkategorien, OP bzw. Untersuchung/Behandlung und nach Zeiten zu erfolgen. Zu den Personalkategorien zählen Ärzt\*innen, Gesundheits- und Krankenpflegedienst (DGKP), Pflegehilfe und Sanitätshilfsdienste, gehobene medizinisch-technische Dienste, medizinisch-technische Fachdienste und Masseur\*innen

bzw. sonstiges Personal (z.B. Kardiotechniker, Hebamme). Als Zeiten sind folgende anzuführen: OP-Zeit bzw. Untersuchungs-/Behandlungs-Zeit, Anästhesiezeit, Rüstzeit für die OP bzw. für Untersuchungen und Behandlungen und Rüstzeit Anästhesie.

Als OP-Zeit wird die Zeit zwischen dem initialen Schnitt und der abschließenden Hautnaht definiert, zur OP-Rüstzeit gehören folgende Arbeitsschritte: Vor- und Nachbereitungszeiten des OP-Personals (Zeit vor und nach der Operationszeit für Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit der Operation stehen, wie z.B. chirurgische Händedesinfektion, Lagerung der Patient\*innen, OP-Feld-Abdeckung, Blutkonservenvorbereitung, Wäsche- und Gerätevorbereitung, Erstellen OP-Protokoll). Hierzu muss noch beachtet werden, dass Ärzt\*innen welche während der OP-Zeit nur teilweise präsent sind, anteilig bei der Anzahl der Ärzt\*innen anzusetzen sind und Ärzt\*innen in Ausbildung, die nur zu Ausbildungszwecken an der Operation teilnehmen, ohne das Operationsteam unmittelbar zu unterstützen, für die Leistungskalkulation nicht heranzuziehen sind (114).

Die Anästhesie-Zeit ist die Dauer von der Einleitung der Anästhesie bis zur Übergabe der Patient\*innen an den Aufwachraum. Zur dazugehörigen Rüstzeit werden folgende Tätigkeiten gezählt: Vor- und Nachbereitungszeiten des Anästhesie-Personals (Zeit vor dem Einleiten der Anästhesie und nach der Übergabe der Patient\*innen an den Aufwachraum für Tätigkeiten wie erstes Tätigwerden des\*der Anästhesist\*in an Patient\*innen bis zur Einleitung der Anästhesie, Vorbereitung Beatmungsmaschine, Erstellen Anästhesieprotokoll).

Sollten zwei Personen mit unterschiedlichen OP-Zeiten am Leistungsprozess teilhaben, wird die längere Zeit in Ansatz gebracht und die kürzere Zeit über die Anzahl gewichtet. In einem Beispiel könnte dies wie folgt aussehen: 1 Ärzt\*in zu 60 Minuten und 1 Ärzt\*in zu 30 Minuten = 1,5 Ärzt\*innen zu 60 Minuten (114).

### **1.10.4.1.1 Leistungszeit**

Die Leistungszeit wird mit Hilfe einer Näherungsrechnung auf Basis Normalzeit (40-Stunden-Woche) angesetzt. Die Näherungsrechnung wird wie folgt vorgenommen (114):

Kalendertage	365
- Sonntage	52
- Samstage	52
- Feiertage	11
- durchschn. Urlaub	28
- durchschn. Sonderurlaub	5
- durchschn. Krankenstand	8
- sonstige Fehlzeiten	4
<hr/>	
= Jahresarbeitstage	205
<hr/>	

205 Jahresarbeitstage x 8 Stunden = 1.640 Jahresleistungsstunden

Die Jahresleistungsstunden sind für die einzelnen Berufsgruppen wie folgt festgelegt:

- Arzt:	1.640 Stunden
- DGKP:	1.680 Stunden
- SHD:	1.680 Stunden
- MTA/RTA:	1.680 Stunden
- Sonstiges Personal:	1.680 Stunden

### **1.10.4.1.2 Kostensatz pro Leistungsminute**

Für die Berechnung des Kostensatzes je Leistungsminute werden die Jahreskosten und die Leistungszeit je korrigiertem Beschäftigten herangezogen, dies geschieht nach Berufsgruppen:

$$\frac{\text{Personalkosten p. aa}}{\text{Anzahl korr. Beschäftigte} \times \text{Leistungszeit in min}} = \text{Kostensatz in min}$$

Die Kostensätze werden jeweils für die einzelnen Berufsgruppen ermittelt - das geschieht für das Krankenhaus im Gesamten, folglich erfolgt keine Differenzierung nach Kostenstellen.

In der folgenden Tabelle sind als Beispiel die durchschnittlichen Personalkosten aller österreichischen Fondskrankenhäuser für das Jahr 2012 angeführt (114).

Table 1: Kostensatz pro min (114)

	Durchschn. Personalkosten in EUR	Jahresleistungsstunden	Kostensatz (in EUR pro min)
Ärzt*innen	99.801	1.640	<b>1,01</b>
Apotheker*innen, Chemiker/innen, Physiker/innen und ähnliche	72.718	1.680	<b>0,72</b>
Hebammen	58.655	1.680	<b>0,58</b>
Gehobener Dienst für Gesundheits- und Krankenpflege	52.980	1.680	<b>0,53</b>
Gehobener med.-techn. Dienste, med.-techn. Fachdienste u. Masseur*innen	55.161	1.680	<b>0,55</b>
Pflegehilfe und Sanitätshilfsdienste	42.855	1.680	<b>0,43</b>
Verwaltungs- und Kanzleipersonal	46.734	1.680	<b>0,46</b>
Betriebspersonal	37.568	1.680	<b>0,37</b>
Sonstiges Personal	36.319	1.680	<b>0,36</b>

#### 1.10.4.2 Materialkosten

Im Sinne der Materialkosten wird zwischen „teuren“ Materialien, die jedenfalls zu kalkulieren sind, und „zusätzlichen“ Materialien unterschieden (114).

Als „teure“ Materialien sind jedenfalls folgende zu kalkulieren:

- Blut
  - Fremdblut
  - Eigenblut mit Fremdaufbereitung
  - Cell saver (Setkosten)
- Behandlungsbedarf
  - Implantate
  - Prothesen
  - Narkose- und Intensivpflegebedarf/Sets
- OP-Wäsche
  - Eigenwäsche
  - Einmalwäsche
  - Mietwäsche/Abdecksets
- Kontrastmittel

„Zusätzliche“ Materialien sind:

- Pharmazeutische Spezialitäten (inkl. Dentalpharmaka)
- Chemikalien, Reagenzien
- Seren, Impfstoffe, Vakzine
- Nahrungsmittel, Diätetika

- Desinfektionsmittel, komprimierte Gase
- Verbandstoffe und Nahtmaterial
- Behandlungsbedarf und Einmalbehandlungsbedarf
- Laborbedarf und Einmallaborbedarf
- Medizinische Filme, Registriermaterial

„Teure“ Materialien können auf der Basis „Menge x Preis“ oder „Absolutkosten“ kalkuliert werden (114).

### 1.10.4.3 Gerätekosten

Gerätekosten sind grundsätzlich für nicht-operative MEL zu kalkulieren. Die Gerätezeit in Minuten repräsentiert die Blockadezeit des Gerätes, umfasst somit neben der Zeit für die direkte Leistungserbringung auch Vor- und Nachbereitungszeiten. Die Leistungszeit ist jene Zeit, in der das Gerät tatsächlich zur Leistungserbringung eingesetzt wird. Die kann entweder auf Basis von Standardbetriebszeiten (z.B. 2000 Stunden pro Jahr (250 Betriebstage, 8 Stunden pro Tag)) oder auf Basis der Betriebszeiten des einzelnen Gerätes (z.B. Betriebsstundenzähler oder Aufzeichnungen) erfolgen (114).

#### 1.10.4.3.1 *Gerätekostensatz*

Die Kalkulation des Gerätekostensatzes erfolgt differenziert in Abschreibungen pro Jahr, Wartungskosten pro Jahr und kalkulatorischen Zinsen pro Jahr.

Im folgenden Beispiel wird die Ermittlung der Gerätekosten für eine CT-Leistung exemplarisch ermittelt (114).

*Tabelle 2: Gerätekostensatz (114)*

<b>Anschaffungskosten (EUR):</b>	<b>700.000</b>				
<b>Nutzungsdauer (Jahre):</b>	7				
<b>Betriebszeit pro Jahr (Std.):</b>	2.000				
<b>Wartungskosten pro Jahr (% der Anschaffung):</b>	10%				
<b>Kalkulatorischer Zinssatz (%)</b>	3%				
		Abschrei- bungen	Wartungs- kosten	Kalk. Zinsen	<b>Gesamt</b>
<b>Gerätekosten pro Jahr in EUR:</b>		100.000	70.000	21.000	<b>191.000</b>
<b>Gerätekosten pro Betriebsstunde in EUR:</b>		50	35	11	<b>96</b>
Gerätekosten pro Minute in EUR:		0,83	0,58	0,18	<b>1,59</b>
<b>Gerätezeit (Minuten):</b>	<b>10</b>				
		Abschrei- bungen	Wartungs- kosten	Kalk. Zinsen	<b>Gesamt</b>
Gerätekosten in EUR je Leistung:		8,33	5,83	1,75	<b>15,92</b>

#### 1.10.4.4 Kosten pro OP-Minute

Im OP-Bereich werden die Kernerlöse eines Krankenhauses erzielt, gleichzeitig ist dieser auch einer der teuersten Bereiche des Krankenhauses. In die Gesamtkosten einer OP-Minute sind sowohl die materiellen als auch personellen hineingerechnet (116). Die pauschale Beantwortung der Frage, wie viel eine OP-Minute tatsächlich zu Buche schlägt, ist nicht seriös durchzuführen, da dies immer eine Berechnung der tatsächlich gebrauchten Güter und Personalaufwendungen bedarf. Das deutsche Ärzteblatt veranschlagte 2012 durchschnittlich 40 bis 50 Euro pro OP-Minute (117). Thomas Busse veranschlagte in seinem Buch Werte zwischen 10 bis 120 Euro pro OP-Minute (115). Waeschle et al. analysierten in ihrer Arbeit insgesamt 21.384 Operationen und berechneten die durchschnittlichen Kosten pro OP-Minute, die zwischen 10,45 bis 24,34 Euro/min lagen. Nicholas Beck berechnete im Rahmen seiner Dissertation die Kosten pro OP-Minute für die Kinderchirurgische Klinik des Marienhospital Herne im Jahre 2010. Hierbei wurden die Gesamtkosten auf 15,11 Euro pro OP-Minute kalkuliert, die sich wie folgt aufteilten (Werte in EUR) (116):

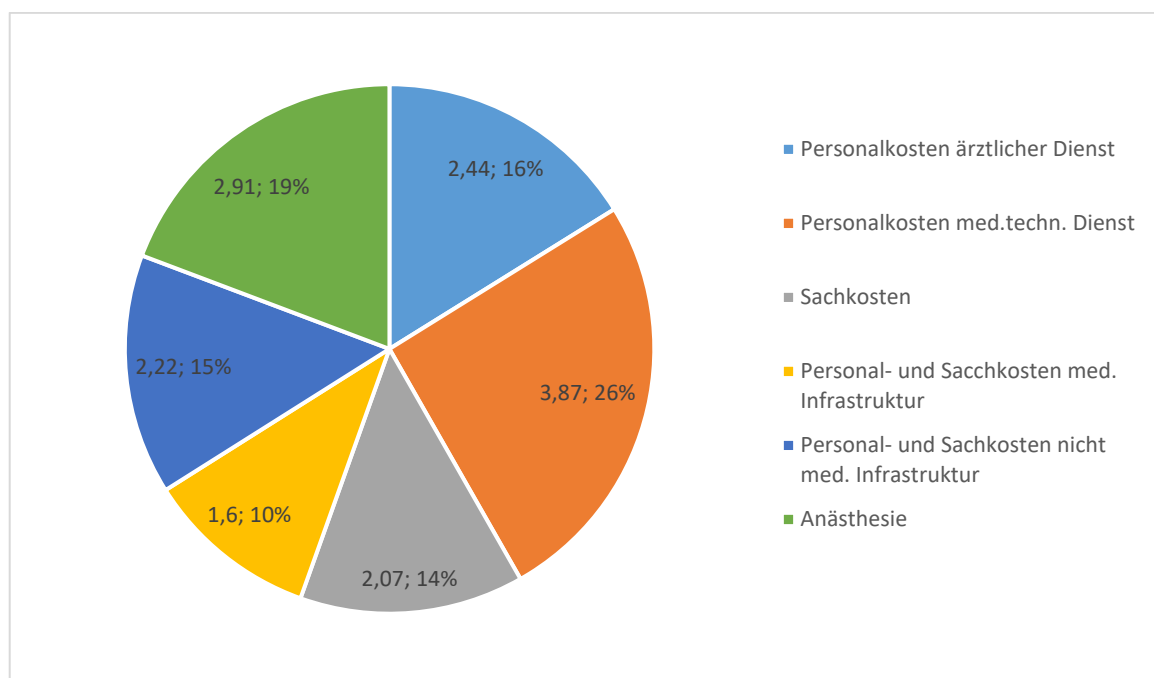


Abbildung 14: Kosten pro OP-Minute (116)

#### 1.10.4.5 Forschungsfrage

Die Forschungsfrage dieser Diplomarbeit lautet: Gibt es Unterschiede in der Kosteneffizienz von operativen Verfahren in der Behandlung von AC-Gelenksverletzungen? Folgende Nullhypothese wird aufgestellt: Bezüglich der Kosteneffizienz besteht kein Unterschied zwischen den verwendeten operativen Verfahren. Die Alternativhypothese lautet: Bezüglich

der Kosteneffizienz besteht ein Unterschied zwischen den verwendeten operativen Verfahren.

## **2 Material und Methoden**

Zwischen Jänner 2015 und Dezember 2020 wurden in der Klinik Diakonissen Schladming insgesamt 81 Personen mit AC-Gelenksverletzungen vorstellig. Diese Patient\*innen wurden für die Beschreibung der Häufigkeiten in Tabelle 3 herangezogen. Von diesen 81 Personen unterzogen sich 74 Patient\*innen einer operativen Versorgung. Aus dieser Gruppe wurden wiederum 10 Patient\*innen aufgrund des Ausschlusskriteriums Alter > 60 Jahre exkludiert, demzufolge wurden die Daten von insgesamt 64 Patient\*innen für die weiteren Berechnungen herangezogen. Alle diese Patient\*innen wurden entweder arthroskopisch mittels TightRope® oder mit offener Technik ebenfalls mittels TightRope® versorgt.

### ***2.1. Statistische Methoden***

Die Auswertung wurde in SPSS statistical software (version 20.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) durchgeführt. Die Grafiken wurden mit Graph Pad Prism (Version 8, Graph Pad Software Inc., San Diego, California, USA) erstellt. Stetige Variablen wurden als Mittelwert und Standardabweichung, kategoriale Parameter als absolute und relative Häufigkeiten dargestellt. Unterscheide zwischen den Gruppen (ASK versus offen) in Bezug auf die Schwere der Verletzung wurden mittels Chi-quadrat Test ermittelt. Die Normalverteilung wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Test und durch visuelle Beurteilung der Histogramme überprüft. Unterschiede in Bezug auf die Operationskosten und Gesamtkosten der Behandlung zwischen den beiden operativ versorgten Gruppen wurden mittels T-Test ermittelt. Das Signifikanzniveau wurde mit  $p < 0,05$  festgesetzt.

## **3 Ergebnisse**

Das durchschnittliche Alter bei der Verletzung lag bei 37,5 Jahren (SD=14,0, min=17,1, max.=85,1, n=81). Tabelle 3 zeigt die Häufigkeitsverteilungen für die Variablen Geschlecht, Operationsmethode, Unfallhergang, Monat, in dem die Verletzung geschah und die Schwere der Verletzung nach Rockwood. 90,1% der Verletzungen entfielen auf Personen männlichen Geschlechts, 9,9% der Verletzten waren Frauen. 45 Patient\*innen, das entspricht 55,6% des Patient\*innenkollektivs wurden, mittels offener Technik versorgt, 29 (35,8%) unterzogen sich einer arthroskopischen Therapie und 7 Patient\*innen (8,6%) wurden konservativ versorgt. Die mit Abstand häufigste Verletzungsursache mit 44,4% war das Schifahren, gefolgt vom Snowboarden mit 14,8% und dem Sturz mit 13,6%. Mehr als die Hälfte (59,3%)



der Verletzungen geschahen in den Monaten Jänner bis März. 60,5% der Verletzungen waren dem Typ IV nach Rockwood zuzuordnen, diese war somit die häufigste Ausprägungsform. 24,7% wurden als Typ V nach Rockwood klassifiziert und 12,3% als Grad III. Eine Verletzung (1,2%) wurde als Typ I angesehen, während eine weitere nicht klassifiziert wurde.

*Tabelle 3: Häufigkeiten (n=81)*

Geschlecht	Häufigkeit	%
weiblich	8	9,9
männlich	73	90,1
Versorgung	Häufigkeit	%
Offene Operation	45	55,6
Arthroskopische Operation	29	35,8
Konservative Versorgung	7	8,6
Unfallhergang	Häufigkeit	%
Skifahren	36	44,4
Snowboarden	12	14,8
Sturz	11	13,6
Fahrradsturz	6	7,4
Fußball	5	6,2
Mountainbike	4	4,9
Downhillbiken	2	2,5
Skidoo	2	2,5
Langlaufen	1	1,2
Mountain-Gokart	1	1,2
Sturz vom Pferd	1	1,4
Monat der Verletzung	Häufigkeit	%
Jänner	17	21,0
Februar	19	23,5
März	12	14,8
April	3	3,7
Mai	2	2,5
Juni	2	2,5
Juli	6	7,4
August	7	8,6

September	2	2,5
Oktober	4	4,9
November	1	1,2
Dezember	6	7,4

Schwere der Verletzung nach Rockwood	Häufigkeit	%
Grad 1	1	1,2
Grad 3	10	12,3
Grad 4	49	60,5
Grad 5	20	24,7
Nicht klassifiziert	1	1,2

Es zeigte sich kein Unterschied hinsichtlich der Wahl des Operationsverfahrens in Bezug auf die Schwere der Verletzung nach Rockwood (Chi-quadrat=5,1; p=0,079, n=64).

Es zeigte sich kein Unterschied hinsichtlich der Wahl des Operationsverfahrens in Bezug auf Geschlecht (Chi-quadrat=0,014; p=0,904, n=64), Alter (p=0,915) sowie die Schwere der Verletzung nach Rockwood (Chi-quadrat=5,1; p=0,079, n=64) (Tabelle 4).

Tabelle 4: Unterschiede offene vs. arthroskopische Versorgung (n=64)

	offen	ASK	P
Geschlecht			
weiblich	3	2	0,904 <sup>a</sup>
männlich	37	22	
Schwere der Verletzung nach Rockwood			
Grad 3	4	2	0,079 <sup>a</sup>
Grad 4	21	19	
Grad 5	15	3	
Alter bei Verletzung *	34,9 +/- 10,0	34,6 +/- 11,3	0,915 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Chi-Quadrat-Test

<sup>b</sup> t-test für unabhängige Stichproben

\* dargestellt in Mittelwert +/- Standardabweichung

### 3.1 Kosten stationärer Aufenthalt

Die Dauer des stationären Aufenthaltes war durchschnittlich um 1,72 Tage kürzer in der Gruppe die arthroskopisch versorgt wurde (2,58 +/- 0,88 Tage; n=24) im Vergleich zur Gruppe die mittels offenem Zugang operiert wurde (4,30 Tage +/- 2,07; n=40; p < 0,001).

Die Kosten für den stationären Aufenthalt sind demnach im Mittel um 1509,30 Euro höher in der Gruppe die offen operiert wurde (3780,60 +/-1816,10 Euro; n=40) im Vergleich zur ASK Gruppe (2271,30 +/- 774,20 Euro; n=24;  $p < 0,001$ ; Abbildung 15).

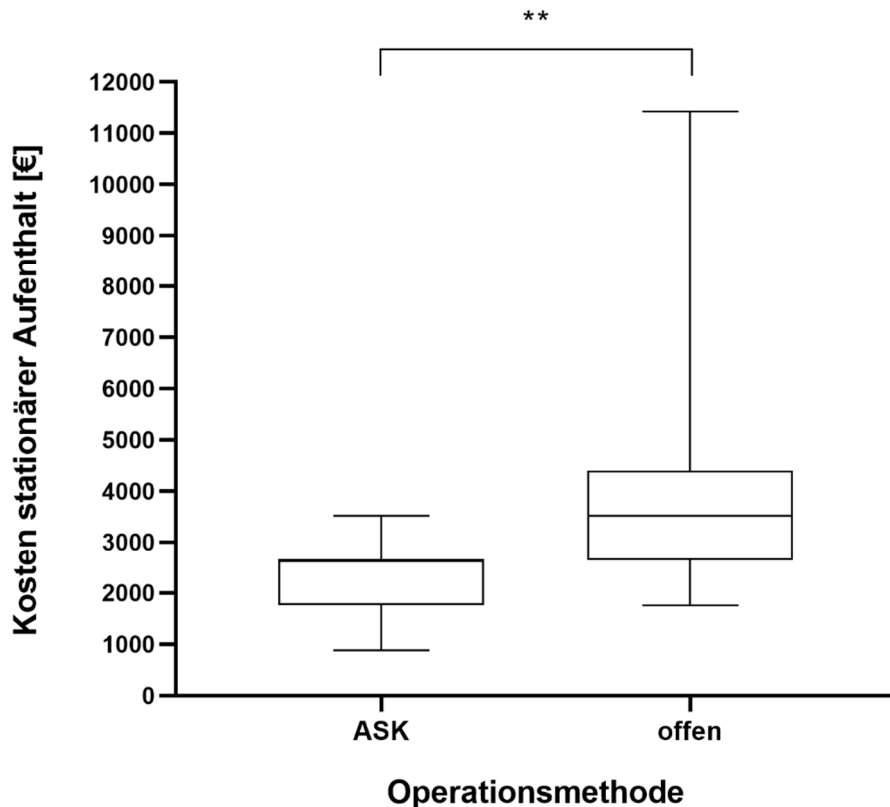


Abbildung 15: Kosten für den stationären Aufenthalt in den beiden Gruppen: Arthroskopie (ASK) versus offene operative Versorgung; n=64; Whisker = Minimum und Maximum; \*\*  $p < 0,001$

### 3.2 Operationskosten

Die Materialkosten belaufen sich auf 1308,60 Euro für die arthroscopische Versorgung und 1027.13 Euro für die offene Operation.

Die Operationskosten anhand der Operationsdauer (eine OP-Minute entspricht 22 Euro) sind durchschnittlich um 759,40 Euro höher in der ASK Gruppe (2239,40 +/- 537,80 Euro) im Vergleich zur Gruppe die offen operiert wurde (1480,10 +/- 454,00 Euro;  $p < 0,001$ ; Abbildung 16).

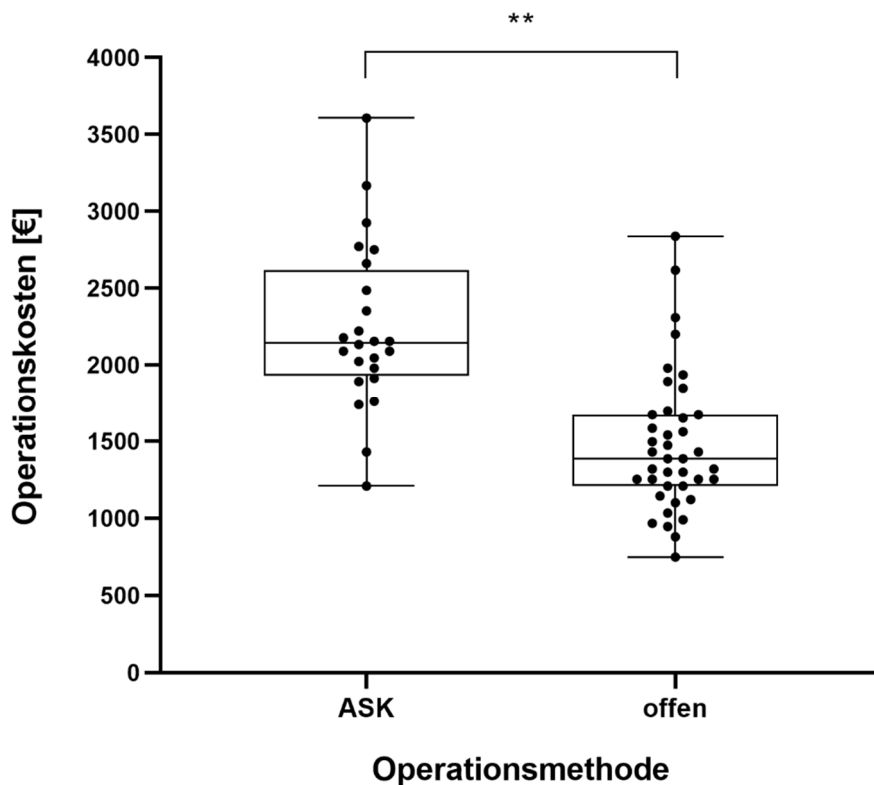


Abbildung 16: Operationskosten in den beiden Gruppen: Arthroskopie (ASK) versus offene operative Versorgung; n=64; Whisker = Minimum und Maximum; \*\*  $p < 0,001$

Tabelle 5: Aufschlüsselung der Materialkosten für die offene Versorgung

<b>KOSTEN STERILISATION DER STERILEN TASSEN</b>	Knochen klein	€ 30,17
	Colibri© (Fa. DePuySynthes)	€ 30,17
	Schultertasse	€ 60,34
<b>KOSTEN STERILES ABDECKUNGSMATERIAL</b>	Obere Extremität	€ 48,40
	Stockinette groß	€ 1,00
	BW Bezug	€ 1,55
	Trimano© (Fa. Arthrex ©)	€ 46,25
<b>KOSTEN ZUBEHÖR</b>	Abdeckung	
	Handschuhe	€ 2,82
	Sauger	€ 2,33
<b>KOSTEN NÄHTE</b>	Dafilon© (Fa. B. Braun©)	€ 1,99
	FiberWire© (Fa. Arthrex©)	€ 10,83
	Vicryl© 2	€ 5,56
	Vicryl© 2/0 sh plus	€ 3,80
	FiberTape© (Fa. Arthrex©)	€ 63,67
<b>SONSTIGE KOSTEN</b>	Low Profile AC Repair Set - Fa. Arthrex ©	€ 718,25
<b>SUMME</b>		€ 1.027,13

Tabelle 6: Aufschlüsselung der Materialkosten für die arthroskopische Versorgung

<b>KOSTEN STERILISATION DER STERILEN TASSEN</b>	Knochen klein	€ 30,17
	Colibri© (Fa. DePuySynthes)	€ 30,17
	Arthroskopie-Tasse	€ 30,17
	Schultertasse	€ 60,34
<b>KOSTEN STERILES ABDECKUNGSMATERIAL</b>	Obere Extremität	€ 48,40
	Stockinette groß	€ 1,00
	BW Bezug	€ 1,55
	Trimano© (Fa. Arthrex ©)	€ 46,25
<b>KOSTEN ZUBEHÖR</b>	Abdeckung	
	Handschuhe	€ 2,82
	Sauger	€ 2,33
	Rollenpumpschlauch	€ 8,58
	Spül- Saug System Schulter	€ 24,05
	Rollenpumpschlauch Tagessystem	€ 30,57
	gelbe Kanüle	€ 0,08
	50° Elektrode	€ 188,00
<b>KOSTEN NÄHTE</b>	Dafilon© (Fa. B. Braun©)	€ 1,99
	FiberWire© (Fa. Arthrex©)	€ 10,83
	Vicryl© 2	€ 5,56
	Vicryl© 2/0 sh plus	€ 3,80
	FiberTape© (Fa. Arthrex©)	€ 63,67
<b>SONSTIGE KOSTEN</b>	Low Profile AC Repair Set - Fa. Arthrex ©	€ 718,25
<b>SUMME</b>		€ 1.308,58

### 3.3 Gesamtkosten

Die Gesamtkosten setzen sich zusammen aus Materialkosten, Operationskosten sowie Kosten für den stationären Aufenthalt und sind nicht signifikant unterschiedlich zwischen der ASK Gruppe (5819,30 +/- 963,70 Euro) und der Gruppe die offen operiert wurde (6287,70 +/- 1850,30 Euro; p=0,255; Abbildung 17). Die Kosten für die Operation sowie die Gesamtkosten der Behandlung sind normalverteilt.

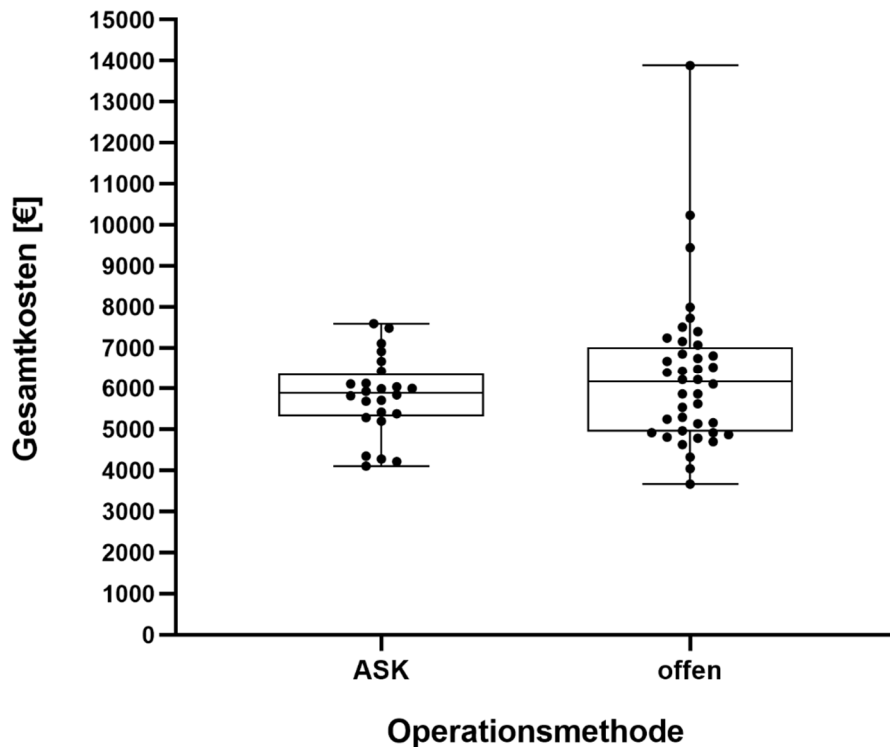


Abbildung 17: Gesamtkosten für die Operation (= Materialkosten + Operationskosten + Kosten für den stationären Aufenthalt) in den beiden Gruppen: Arthroskopie (ASK) versus offene operative Versorgung; n=64; Whisker = Minimum und Maximum

## 4 Diskussion

Epidemiologisch verhielten sich die Verletzungen des Acromioclaviculargelenkes wie es auch aus der Literatur zu erwarten war. Dieses Verletzungsbild betrifft in erster Linie den sportlich aktiven Mann jungen Alters. Dass der Großteil der in der Literatur verwendeten Datensätze, die für epidemiologische Berechnungen herangezogen wurden, aus dem angloamerikanischen Raum stammt, merkt man spätestens in Anbetracht der Ätiologie. So werden in der Literatur hauptsächlich die dort sehr verbreiteten Sportarten Rugby, Basketball und Fußball als Risikosportarten angeführt. Bei unserer Datenanalyse war das Schifahren die mit Abstand am häufigsten für die Verletzung verantwortliche Sportart, was aufgrund der geographischen Nähe großer Skigebiete in der Region Schladming/Dachstein auch nicht weiter verwundert.

Auf Basis der erhobenen Daten konnte in unserem Patient\*innenkollektiv kein signifikanter Unterschied in puncto Kosteneffizienz bei den Operationsverfahren nachgewiesen werden. Die Nullhypothese konnte daher nicht verworfen werden.

Das offene Verfahren ist verglichen mit dem arthroskopischen Verfahren das kostengünstigere Vorgehen, was die Material- und Operationskosten (berechnet anhand der Kosten pro OP-Minute) betrifft. Bei Patient\*innen, die sich dem arthroskopischen Verfahren

unterzogen haben, war im Schnitt ein um 1,72 Tage kürzerer stationärer Aufenthalt vonnöten. In Bezug auf die entstandenen Gesamtkosten (berechnet aus Materialkosten, Operationskosten und Kosten für den stationären Aufenthalt) handelte es sich hierbei um zwei gleichwertige Verfahren. In Anbetracht der in der Literatur beschriebenen klinischen Gleichwertigkeit der beiden Verfahren, wird der Umstand, dass es sich hierbei um zwei ebenbürtige Operationstechniken handelt, bekräftigt.

Der Autor ist der Meinung, dass in Anbetracht der kürzeren stationären Aufenthalte und der damit verbundenen wahrscheinlichen kürzeren Krankenstände, die arthroskopische Versorgung zu favorisieren ist. Jedoch sollte in diesem Zusammenhang immer bedacht werden, dass Outcomes von Operationsverfahren nicht zuletzt von den Fertigkeiten und Fähigkeiten der Chirurg\*innen abhängig sind.

Die in dieser Arbeit angenommenen 22 Euro pro OP-Minute sind ein Kompromiss aus Daten der Literatur, Empfehlungen des Controllings der Klinik Diakonissen Schladming und eigenen Einschätzungen.

Der pro Tag stationären Aufenthalts veranschlagte Pauschalsatz (879,20 Euro) berechnet sich aus den p.a. budgetierten Kosten gemäß §79 (1) StKAG dividiert durch die Planpflegetage für 2021 = kostendeckende Pflegegebühr, verlautbart als „Amtliche Pflegegebühr der Allgemeinen Gebührenklasse“ im Landesgesetzblatt – jedes Krankenhaus in der Steiermark hat hier seine eigene, berechnete amtliche Pflegegebühr.

#### ***4.1 Limitationen***

Es handelt sich um eine monozentrische Studie. Somit sind alle die Kosteneffizienz betreffenden Zahlen ein Hausspezifikum der Klinik Diakonissen Schladming, was als Limitation angesehen werden muss. Weiters handelt es sich um eine retrospektive Studie ohne Randomisierung des OP-Verfahrens. Gruppenunterschiede durch nicht bekannte Patient\*innenspezifische Faktoren wie beispielsweise Komorbiditäten könnten auf die Dauer des Krankenhausaufenthaltes und weiterführend auch auf die Gesamtkosten der Versorgung Auswirkungen gehabt haben. Auch hausspezifische Procedere, wie z.B. das Entlassungsmanagement oder die verwendeten Materialien, hatten schlussendlich Auswirkungen auf die Gesamtkosten, weshalb die errechneten Zahlen nicht ohne Weiteres unkritisch auf andere Krankenhäuser umgelegt werden können. Als weitere Limitation muss die relativ kleine Fallzahl angegeben werden.

## **4.2 Conclusio**

Auf Basis der erhobenen Daten konnte in unserem Patient\*innenkollektiv kein signifikanter Unterschied in puncto Kosteneffizienz bei den Operationsverfahren nachgewiesen werden. Um zu einer adäquaten Aussage zu gelangen, ob bezüglich der Kosteneffizienz ein Unterschied zwischen den verwendeten operativen Verfahren besteht, müsste eine multizentrische, prospektiv randomisierte Studie mit einer ausreichenden Fallzahl durchgeführt werden.



## Literaturverzeichnis

1. Frank RM, Cotter EJ, Leroux TS, Romeo AA. Acromioclavicular Joint Injuries: Evidence-based Treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(17):E775–88.
2. Mazzocca AD, Bontempo NA. Biomechanics and treatment of acromioclavicular and sternoclavicular joint injuries. *Br J Sports Med.* 2010;44(5):361–9.
3. Milz S, Putz R, Haasters F, Ockert B. Anatomie der akromiokoraklavikulären Region: Funktionell-klinische Aspekte. *Unfallchirurg.* 2015;118(5):390–6.
4. Renfree KJ, Wright TW. Anatomy and biomechanics of the acromioclavicular and sternoclavicular joints. *Clin Sports Med.* 2003;22(2):219–37.
5. Saccomanno MF, De Ieso C, Milano G. Acromioclavicular joint instability: Anatomy, biomechanics and evaluation. *Joints.* 2014;2(2):87–92.
6. Salter EG, Nasca RJ, Shelley BS. Anatomical observations on the acromioclavicular joint and supporting ligaments. *Am J Sports Med.* 1987;15(3):199–206.
7. Rios CG, Arciero RA, Mazzocca AD. Anatomy of the clavicle and coracoid process for reconstruction of the coracoclavicular ligaments. *Am J Sports Med.* 2007;35(5):811–7.
8. DEPALMA AF. Surgical Anatomy of Acromioclavicular and Sternoclavicular Joints. *Surg Clin North Am.* 1963;43(6):1541–50.
9. Heers G, Götz J, Schubert T, Schachner H, Neumaier U, Grifka J, et al. MR imaging of the intraarticular disk of the acromioclavicular joint: A comparison with anatomical, histological and in-vivo findings. *Skeletal Radiol.* 2007;36(1):23–8.
10. Wurzinger LJ. Schultergürtel. In: Aumüller G, Aust G, Conrad A, Engele J, Kirsch J, Maio G, et al., editors. 5., korrig. Georg Thieme Verlag; 2020.
11. Atoun E, van Tongel A, Narvani A, Rath E, Sforza G, Levy O. Arthroscopically assisted internal fixation of the symptomatic unstable os acromiale with absorbable screws. *J Shoulder Elb Surg.* 2012;21(12):1740–5.
12. Hurst SA, Gregory TM, Reilly P. Os acromiale: A review of its incidence, pathophysiology, and clinical management. *EFORT Open Rev.* 2019;4(8):525–35.
13. Ortiguera CJ, Buss DD. Surgical management of the symptomatic os acromiale. *J Shoulder Elb Surg.* 2002;11(5):521–8.
14. Spiegl UJ, Millett PJ, Josten C, Hepp P. Optimal management of symptomatic os acromiale: Current perspectives. *Orthop Res Rev.* 2018;10:1–7.
15. Maffulli N, Longo UG, Berton A, Loppini M, Denaro V. Biological factors in the pathogenesis of rotator cuff tears. *Sports Med Arthrosc.* 2011;19(3):194–201.
16. Gladstone JN, Rosen AL. Disorders of the acromioclavicular joint. *Curr Opin Orthop.* 1999;10(4).
17. Codman EA. The shoulder. Rupture supraspinatus tendon other lesions or about subacromial bursa. 1984;216–24.
18. Ludewig PM, Meyer SM, Wilson L a. During Arm Elevation : Reliability and Descriptive Data. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2004;34(3):140–50.
19. Mazzocca AD, Arciero RA, Bicos J. Evaluation and treatment of acromioclavicular joint injuries. *Am J Sports Med.* 2007;35(2):316–29.
20. Klimkiewicz JJ, Williams GR, Sher JS, Karduna A, Des Jardins JD, Iannotti JP. The acromioclavicular capsule as a restraint to posterior translation of the clavicle: A biomechanical analysis. *J Shoulder Elb Surg.* 1999;8(2):119–24.
21. Debski RE, Parsons IV IM, Woo SLY, Fu FH. Effect of capsular injury on acromioclavicular joint mechanics. *J Bone Jt Surg - Ser A.* 2001;83(9):1344–51.
22. Kaplan LD, Flanigan DC, Norwig J, Jost P, Bradley J. Prevalence and variance of shoulder injuries in elite collegiate football players. *Am J Sports Med.*

- 2005;33(8):1142–6.
23. Dias JJ, Gregg PJ. Acromioclavicular Joint Injuries in Sport: Recommendations For Treatment. *Sport Med.* 1991;11(2):125–32.
  24. Lemos MJ. The evaluation and treatment of the injured acromioclavicular joint in athletes. *Am J Sports Med.* 1998;26(1):137–44.
  25. Gorbaty JD, Hsu JE, Gee AO. Classifications in Brief: Rockwood Classification of Acromioclavicular Joint Separations. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(1):283–7.
  26. Tauber M. Management of acute acromioclavicular joint dislocations: Current concepts. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133(7):985–95.
  27. Kromer TO. Schulterkomplex BT - Rehabilitation der oberen Extremität: Klinische Untersuchung und effektive Behandlungsstrategien. In: Kromer TO, editor. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013. p. 81–163.
  28. Nordin JS, Olsson O, Lunsjö K. Acromioclavicular joint dislocations: incidence, injury profile, and patient characteristics from a prospective case series. *JSES Int.* 2020;4(2):246–50.
  29. Chillemi C, Franceschini V, Dei Giudici L, Alibardi A, Salate Santone F, Ramos Alday LJ, et al. Epidemiology of Isolated Acromioclavicular Joint Dislocation. *Emerg Med Int.* 2013;2013(Table 1):1–5.
  30. Kocher MS, Feagin JA. Shoulder injuries during alpine skiing. *Am J Sports Med.* 1996;24(5):665–9.
  31. Williams GR, Nguyen VD, Rockwood CA. Classification and radiographic analysis of acromioclavicular dislocations. *Appl Radiol.* 1989;18(2):29–34.
  32. Monica J, Vredenburg Z, Korsh J, Gatt C. Acute shoulder injuries in adults. *Am Fam Physician.* 2016;94(2):119–27.
  33. Wirth CJ, Mutschler W, Kohn D, Pohlemann T, editors. 44 Schultergürtel. 3., vollst. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013.
  34. Beitzel K, Mazzocca AD, Bak K, Itoi E, Kibler WB, Mirzayan R, et al. ISAKOS upper extremity committee consensus statement on the need for diversification of the rockwood classification for acromioclavicular joint injuries. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg.* 2014;30(2):271–8.
  35. Tauber M, Koller H, Hitzl W, Resch H. Dynamic radiologic evaluation of horizontal instability in acute acromioclavicular joint dislocations. *Am J Sports Med.* 2010;38(6):1188–95.
  36. Granville-Chapman J, Torrance E, Rashid A, Funk L. The Rockwood classification in acute acromioclavicular joint injury does not correlate with symptoms. *J Orthop Surg.* 2018;26(2):1–5.
  37. Hawkins RJ, Hobeika PE. Impingement syndrome in the athletic shoulder. *Clin Sports Med.* 1983;2(2):391–405.
  38. D S, P V. Die Untersuchung Der Schulter. *Ars Med.* 1980;70(5):232–6.
  39. Hoffmann F, Weigel B, Coenen S. Schulter BT - Praxisbuch Unfallchirurgie. In: Weigel B, Nerlich ML, editors. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. p. 233–301.
  40. Simovitch R, Sander B, Ozbaydar M, Lavery K, Warner JJP. Acromioclavicular joint injuries. *Shoulder Elb Trauma its Complicat.* 2015;1(4):215–31.
  41. Tauber M. Bildgebung in der Schulter-und Ellenbogenchirurgie: Schulterreckgelenksprengung–akut und chronisch. *Obere Extrem.* 2017;12(Suppl 1):34–5.
  42. Martetschläger F, Kraus N, Scheibel M, Streich J, Venjakob A, Maier D. Diagnostik und Therapie der akuten Luxation des Acromioclaviculargelenks. *Dtsch Arztebl Int.* 2019;116(6):89–95.

43. Melenevsky Y, Yablon CM, Ramappa A, Hochman MG. Clavicle and acromioclavicular joint injuries: A review of imaging, treatment, and complications. *Skeletal Radiol.* 2011;40(7):831–42.
44. Maier D, Jaeger M, Reising K, Feucht MJ, Südkamp NP, Izadpanah K. Injury patterns of the acromioclavicular ligament complex in acute acromioclavicular joint dislocations: A cross-sectional, fundamental study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016;17(1):1–10.
45. Tischer T, Salzmann GM, El-Azab H, Vogt S, Imhoff AB. Incidence of associated injuries with acute acromioclavicular joint dislocations types III through V. *Am J Sports Med.* 2009;37(1):136–9.
46. Abolmaali N, Asmussen M, Buchner M, Decker J, Dickob M, Flechtenmacher J, et al. *Praktische Röntgendiagnostik Orthopädie und Unfallchirurgie.* 2014th ed. Indikation, Einstelltechnik, Strahlenschutz. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2014.
47. Koppe D, Reilmann H. Die Fraktur der Lateralen Klavikula. *Unfallchirurg.* 2010;113(1):45–53.
48. Flint JH, Wade AM, Giuliani J, Rue JP. Defining the terms acute and chronic in orthopaedic sports injuries: A systematic review. *Am J Sports Med.* 2014;42(1):235–41.
49. Stucken C, Cohen SB. Management of Acromioclavicular Joint Injuries. *Orthop Clin North Am.* 2015;46(1):57–66.
50. Park J, Arnold J, Coker T, Harris W BD. Treatment of acromioclavicular separations. *Orthop Clin North Am.* 1973;4(3):747–57.
51. Mikek M. Long-term shoulder function after type I and II acromioclavicular joint disruption. *Am J Sports Med.* 2008;36(11):2147–50.
52. Song HS, Song SY, Yoo YS, Lee YB, Seo YJ. Symptomatic residual instability with grade II acromioclavicular injury. *J Orthop Sci.* 2012;17(4):437–42.
53. Bannister GC, Wallace WA, Stableforth PG, Hutson MA. The management of acute acromioclavicular dislocation. A randomised prospective controlled trial. *J Bone Jt Surg - Ser B.* 1989;71(5):848–50.
54. Gstettner C, Tauber M, Hitzl W, Resch H. Rockwood type III acromioclavicular dislocation: Surgical versus conservative treatment. *J Shoulder Elb Surg.* 2008;17(2):220–5.
55. Nissen CW, Chatterjee A. Type III acromioclavicular separation: results of a recent survey on its management. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2007;36(2):89–93.
56. Johansen JA, Grutter PW, McFarland EG, Petersen SA. Acromioclavicular joint injuries: Indications for treatment and treatment options. *J Shoulder Elb Surg.* 2011;20(SUPPL. 2):S70–82.
57. Shaw MBK, McInerney JJ, Dias JJ, Evans PA. Acromioclavicular joint sprains: The post-injury recovery interval. *Injury.* 2003;34(6):438–42.
58. Dias JJ, Steingold RF, Richardson RA, Tesfayohannes B, Gregg PJ. The conservative treatment of acromioclavicular dislocation. Review after five years. *J Bone Jt Surg - Ser B.* 1987;69(5):719–22.
59. Schlegel TF, Burks RT, Marcus RL, Dunn HK. A prospective evaluation of untreated acute grade III acromioclavicular separations. *Am J Sports Med.* 2001;29(6):699–703.
60. Smith TO, Chester R, Pearse EO, Hing CB. Operative versus non-operative management following Rockwood grade III acromioclavicular separation: A meta-analysis of the current evidence base. *J Orthop Traumatol.* 2011;12(1):19–27.
61. McKee M, Pelet S, McCormack RG, Harvey E, Papp S, Rouleau D, et al.

- Multicenter Randomized Clinical Trial of Nonoperative Versus Operative Treatment of Acute Acromio-Clavicular Joint Dislocation. *J Orthop Trauma*. 2015;29(11):479–87.
62. Natera Cisneros LG, Sarasquete Reiriz J. Acute high-grade acromioclavicular joint injuries: quality of life comparison between patients managed operatively with a hook plate versus patients managed non-operatively. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2017;27(3):341–50.
  63. Beitzel K, Cote MP, Apostolakos J, Solovyova O, Judson CH, Ziegler CG, et al. Current concepts in the treatment of acromioclavicular joint dislocations. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg*. 2013;29(2):387–97.
  64. Borbas P, Churchill J, Ek ET. Surgical management of chronic high-grade acromioclavicular joint dislocations: a systematic review. *J Shoulder Elb Surg*. 2019;28(10):2031–8.
  65. Poigenfürst J. Die Technik der korakoklavikulären Verschraubung bei Rupturen des akromioklavikulären Gelenks (AC-Gelenk). *Oper Orthop Traumatol*. 1990;2(4):233–44.
  66. Hackenberger J, Schmidt J, Altmann T. [The effects of hook plates on the subacromial space--a clinical and MRT study]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2004;142(5):603–10.
  67. Armbrecht A, Graudins J. Temporary extra-articular fixation after Bosworth in complete separation of the acromioclavicular joint. Results of follow-up studies in 41 operated patients. *Aktuelle Traumatol*. 1990 Dec;20(6):283–7.
  68. Broos P, Stoffelen D, Van de Sijpe K, Fourneau I. [Surgical management of complete Tossy III acromioclavicular joint dislocation with the Bosworth screw or the Wolter plate. A critical evaluation]. *Unfallchirurgie*. 1997 Aug;23(4):153–9; discussion 160.
  69. Murena L, Vulcano E, Ratti C, Ceconello L, Rolla PR, Surace MF. Arthroscopic treatment of acute acromioclavicular joint dislocation with double flip button. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2009;17(12):1511–5.
  70. Wang Y, Zhang J. Surgical treatment of fresh complete acromioclavicular dislocation by coracoid process transfer and K-wire transfixation. *Indian J Surg*. 2013;75(6):436–9.
  71. Vrgoč G, Japjec M, Jurina P, Gulan G, Janković S, Šebečić B, et al. Operative treatment of acute acromioclavicular dislocations Rockwood III and V—Comparative study between K-wires combined with FiberTape® vs. TightRope System®. *Injury*. 2015;46:S107–12.
  72. Ewerbeck V, Wentzensen A, Grützner PA, Holz F, Krämer K-L, Pfeil J, et al., editors. *Akromioklavikulargelenksprengung, laterale Klavikulafrakturen*. 4., vollst. Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2014.
  73. Horst K, Dienstknecht T, Pishnamaz M, Sellei RM, Kobbe P, Pape HC. Operative treatment of acute acromioclavicular joint injuries graded Rockwood III and IV: Risks and benefits in tight rope technique vs. k-wire fixation. *Patient Saf Surg*. 2013;7(1):1.
  74. Regel JP, Pospiech J, Aalders TA, Ruchholtz S. Intraspinal migration of a Kirschner wire 3 months after clavicular fracture fixation. *Neurosurg Rev*. 2002;25(1–2):110–2.
  75. Medved I, Simic O, Bralic M, Stemberga V, Kovacevic M, Matana A, et al. Chronic Heart Perforation With 13.5 cm Long Kirschner Wire Without Pericardial Tamponade: An Unusual Sequelae After Shoulder Fracture. *Ann Thorac Surg*.

- 2006;81(5):1895–7.
76. Moatshe G, Kruckeberg BM, Chahla J, Godin JA, Cinque ME, Provencher MT, et al. Acromioclavicular and Coracoclavicular Ligament Reconstruction for Acromioclavicular Joint Instability: A Systematic Review of Clinical and Radiographic Outcomes. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg*. 2018;34(6):1979-1995.e8.
  77. Gupta R, Sood M, Malhotra A, Masih GD, Khanna T, Raghav M. Functional Outcome of Modified Weaver Dunn Technique for Acromioclavicular Joint Dislocation. *Indian J Orthop*. 2018;52(4):418–22.
  78. Lee SJ, Nicholas SJ, Akizuki KH, McHugh MP, Kremenic IJ, Ben-Avi S. Reconstruction of the coracoclavicular ligaments with tendon grafts a comparative biomechanical study. *Am J Sports Med*. 2003;31(5):648–54.
  79. Harris RI, Wallace AL, Harper GD, Goldberg JA, Sonnabend DH, Walsh WR. Structural properties of the intact and the reconstructed coracoclavicular ligament complex. *Am J Sports Med*. 2000;28(1):103–8.
  80. Lee S, Bedi A. Shoulder acromioclavicular joint reconstruction options and outcomes. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2016;9(4):368–77.
  81. Sood A, Wallwork N, Bain GI. Clinical results of coracoacromial ligament transfer in acromioclavicular dislocations: A review of published literature. *Int J Shoulder Surg*. 2008 Jan;2(1):13–21.
  82. Giannotti S, Dell’Osso G, Bugelli G, Cazzella N, Guido G. Surgical treatment of acromioclavicular dislocation with LARS artificial ligament. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2013;23(8):873–6.
  83. Hunter TJA, Abdus-Samee M, Balasubramanian S, Grocott N, McClelland D. Medium- to long-term results of acromioclavicular joint stabilisation using the Ligament Augmentation Reconstruction System (LARS) ligament. *Shoulder Elb*. 2020;12(3):163–9.
  84. Kani KK, Porrino JA, Mulcahy H, Chew FS. Surgical techniques for management of acromioclavicular joint separations: review and update for radiologists. *Skeletal Radiol*. 2020;49(8):1195–206.
  85. Cook JB, Krul KP. Challenges in treating acromioclavicular separations: Current concepts. *J Am Acad Orthop Surg*. 2018;26(19):669–77.
  86. Gao YS, Zhang YL, Ai ZS, Sun YQ, Zhang CQ, Zhang W. Transarticular fixation by hook plate versus coracoclavicular stabilization by single multistrand titanium cable for acute Rockwood grade-V acromioclavicular joint dislocation: A case-control study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;16(1):1–7.
  87. Epstein D, Day M, Rokito A. Current concepts in the surgical management of acromioclavicular joint injuries. *Bull NYU Hosp Jt Dis*. 2012;70(1):11–24.
  88. Modi CS, Beazley J, Zywiell MG, Lawrence TM, Veillette CJH. Controversies relating to the management of acromioclavicular joint dislocations. *Bone Jt J*. 2013;95 B(12):1595–602.
  89. Phadke A, Bakti N, Bawale R, Singh B. Current concepts in management of ACJ injuries. *J Clin Orthop Trauma*. 2019;10(3):480–5.
  90. Kienast B, Thietje R, Queitsch C, Gille J, Schulz AP, Meiners J. Mid-term results after operative treatment of Rockwood Grade III-V acromioclavicular joint dislocations with an AC-hook-plate. *Eur J Med Res*. 2011;16(2):52–6.
  91. Salem KH, Schmelz A. Treatment of Tossy III acromioclavicular joint injuries using hook plates and ligament suture. *J Orthop Trauma*. 2009;23(8):565–9.
  92. Di Francesco A, Zoccali C, Colafarina O, Pizzoferrato R, Flamini S. The use of hook plate in type III and v acromio-clavicular Rockwood dislocations: Clinical and

- radiological midterm results and MRI evaluation in 42 patients. *Injury*. 2012;43(2):147–52.
93. Tan H-L, Zhao J-K, Qian C, Shi Y, Zhou Q. Clinical results of treatment using a clavicular hook plate versus a T-plate in neer type II distal clavicle fractures. *Orthopedics*. 2012 Aug;35(8):e1191-7.
  94. Lin HY, Wong PK, Ho WP, Chuang TY, Liao YS, Wong CC. Clavicular hook plate may induce subacromial shoulder impingement and rotator cuff lesion - dynamic sonographic evaluation. *J Orthop Surg Res*. 2014;9(1):1–9.
  95. Chang HM, Hong CK, Su WR, Wang TH, Chang CW, Tai TW. Comparison of clavicular hook plate with and without coracoclavicular suture fixation for acute acromioclavicular joint dislocation. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2019;53(6):408–13.
  96. Renger R. J., Roukema G.R., Reurings J. C., Raams P.M., Font J. VEJMM. The Clavicle hook plate for neer type II lateral clavicle fractures. *J Orthop Trauma*. 2011;25(3):e30.
  97. Kashii M, Inui H, Yamamoto K. Surgical treatment of distal clavicle fractures using the clavicular hook plate. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;(447):158–64.
  98. Cai L, Wang T, Lu D, Hu W, Hong J, Chen H. Comparison of the Tight Rope Technique and Clavicular Hook Plate for the Treatment of Rockwood Type III Acromioclavicular Joint Dislocation. *J Investig Surg*. 2018;31(3):226–33.
  99. Borbas P, Angelella D, Laux CJ, Bachmann E, Ernstbrunner L, Bouaicha S, et al. Acromioclavicular joint stabilization with a double cow-hitch technique compared to a double tight-rope: a biomechanical study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021;(0123456789).
  100. Zhang LF, Yin B, Hou S, Han B, Huang DF. Arthroscopic fixation of acute acromioclavicular joint disruption with tightrope™: Outcome and complications after minimum 2 (2–5) years follow-up. *J Orthop Surg*. 2017;25(2):1–6.
  101. Nelson A, Woodmass J, Esposito J, Ono Y, Lo I, Boorman R, et al. Complications following arthroscopic fixation of acromioclavicular separations: a systematic review of the literature. *Open Access J Sport Med*. 2015;97.
  102. Horst K, Garving C, Thometzki T, Lichte P, Knobe M, Dienstknecht T, et al. Comparative study on the treatment of Rockwood type III acute acromioclavicular dislocation: Clinical results from the TightRope® technique vs. K-wire fixation. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103(2):171–6.
  103. Xu J, Liu H, Lu W, Li D, Zhu W, Ouyang K, et al. A retrospective comparative study of arthroscopic fixation in acute Rockwood type IV acromioclavicular joint dislocation: Single versus double paired Endobutton technique. *BMC Musculoskeletal Disord*. 2018;19(1):4–9.
  104. Tamaoki M.J.S., Lenza M, Matsunaga F.T., Belloti J.C., Matsumotot M.H. FF. Surgical versus conservative interventions for treating acromioclavicular dislocation of the shoulder in adults (Review). *Cochrane Database Syst Rev Surg*. 2019;(Issue 10).
  105. de Sa DL, Bhandari M. Cochrane in CORR®: Surgical Versus Conservative Interventions For Treating Acromioclavicular Dislocation of The Shoulder in Adults. *Clin Orthop Relat Res*. 2020;478(3):462–8.
  106. Song T, Yan X, Ye T. Comparison of the outcome of early and delayed surgical treatment of complete acromioclavicular joint dislocation. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2016;24(6):1943–50.
  107. Lädermann A, Denard PJ, Collin P, Cécile Cau JB, Van Rooij F, Piotton S. Early and delayed acromioclavicular joint reconstruction provide equivalent outcomes. *J*

- Shoulder Elb Surg. 2020;
108. Abdelrahman AA, Ibrahim A, Abdelghaffar K, Ghandour TM, Eldib D. Open versus modified arthroscopic treatment of acute acromioclavicular dislocation using a single tight rope: randomized comparative study of clinical outcome and cost-effectiveness. *J Shoulder Elb Surg.* 2019;28(11):2090–7.
  109. Qi W, Xu Y, Yan Z, Zhan J, Lin J, Pan X, et al. The Tight-Rope Technique versus Clavicular Hook Plate for Treatment of Acute Acromioclavicular Joint Dislocation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Investig Surg.* 2019;0(0):1–10.
  110. Constant CR, Gerber C, Emery RJH, Søjbjerg JO, Gohlke F, Boileau P. A review of the Constant score: Modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elb Surg.* 2008;17(2):355–61.
  111. Angst F, Schwyzer HK, Aeschlimann A, Simmen BR, Goldhahn J. Measures of adult shoulder function: Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (DASH) and Its Short Version (QuickDASH), Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Society Standardized Shoulder . *Arthritis Care Res.* 2011;63(SUPPL. 11):174–88.
  112. Gillian D. Sanders P, Matthew L. Maciejewski, PhD Anirban Basu P. Overview of Cost-effectiveness Analysis. *JAMA - J Am Med Assoc.* 2018;319(24):2473–4.
  113. Sanders GD, Neumann PJ, Basu A, Brock DW, Feeny D, Krahn M, et al. Recommendations for conduct, methodological practices, and reporting of cost-effectiveness analyses: Second panel on cost-effectiveness in health and medicine. *JAMA - J Am Med Assoc.* 2016;316(10):1093–103.
  114. Embacher G., Bartosik W., Brosch P., Fritz G., Iskra S., Sebek W., Egger A., Gretzl G., Renner G., Neuner L., Pfeifer K. P. PB. LKF-Kalkulation - Leitfaden zur Kalkulationsmethodik - Bundesministerium für Gesundheit 2012.
  115. Busse T. OP-Management: Grundlagen. Medhochzwei; 2010. (Gesundheitswesen in der Praxis).
  116. Peter N. OP-Management : Prozesszeiten des Kinderchirurgischen Operationssaales im retrospektiven Vergleich ; Operationszeiten-Katalog zur Verbesserung der Qualität in der OP-Planung. 2016;
  117. Fleischer W. Erste Hilfe für das Herzstück. *Dtsch Arztebl.* 2012;109 (50):2555–6.