

Aus der
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Klinik der Universität München
Direktoren: Prof. Dr. Wolfgang Böcker und Prof. Dr. Boris Holzapfel

**Klinischer und radiologischer Vergleich der arthroskopischen
isolierten coracoclaviculären und der kombinierten acromioclaviculären
AC-Gelenkstabilisierung mittels Tight-Rope Verfahren**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
David Stefan Endell

aus
Essen

Jahr
2025

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Benjamin Ockert

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Peter Müller

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Prof. Dr. med. Mark Tauber

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 24.07.2025

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Zusammenfassung:	5
Abstract (English):	6
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis	8
1. Einleitung	9
1.1 Anatomie und Topographie des Acromioclaviculargelenks	9
1.1.1 Ossäre Strukturen und ligamentäre Verbindungen	9
1.1.2 Muskuläre Verbindungen	10
1.1.3 Der acromioclaviculäre Diskus	11
1.2 Spezieller Teil.....	11
1.2.1 Bio- und Pathomechanik des Acromioclaviculargelenks.....	11
1.2.2 Traumatische Verletzungen des Acromioclaviculargelenks – Distorsion und Luxation	12
1.2.3 Klassifikationen der Acromioclaviculargelenkverletzungen	13
1.2.4 Folgen der akuten und chronischen Traumatisierung	15
1.3 Diagnostik der Acromioclaviculargelenkverletzungen.....	15
1.3.1 Anamnese	15
1.3.2 Inspektion	16
1.3.3 Palpation.....	16
1.3.4 Bewegungsprüfung.....	18
1.3.5 Spezifische Funktionstests	18
1.3.6 Bildgebung	19
1.4 Überblick der bisher etablierten Therapien bei Acromioclaviculargelenkverletzungen.....	20
1.4.1 Konservative Therapie	20
1.4.2 Operative Therapie.....	22
2. Material und Methoden	25
2.1 Ziel der Studie	25
2.2 Studiendesign	25
2.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien.....	25
2.3 Epidemiologische Daten des Patientenguts.....	25
2.4 Verletzungsmechanismen.....	26
2.5 Operative Techniken	27
2.6 Postoperative Nachbehandlung.....	28
2.7 Klinische Evaluation	29
2.7.1 Constant Score (CS).....	29
2.7.2 Subjective Shoulder Value (SSV)	29
2.7.3 American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Score	29
2.7.4 Acromioclavicular Joint Instability (ACJI) Score.....	29
2.7.5 Taft Score	30

2.7.6	Untersuchungsbogen nach Tauber	30
2.8	Radiologische Evaluation.....	30
2.9	Datenmanagement.....	31
2.10	Statistische Auswertung	31
3.	Ergebnisse	32
3.1	Klinische Ergebnisse	32
3.1.1	Klinische Scores	32
3.1.2	Kraftentwicklung.....	33
3.2	Radiologische Ergebnisse.....	34
3.2.1	Klinisch-radiologische Scores.....	34
3.2.2	Radiologische Evaluation.....	35
3.2.3	Zusätzliche radiologische Beobachtungen	35
4.	Diskussion.....	37
4.1	Diskussion der Methodik und Limitationen.....	37
4.2	Ergebnisse und Operationstechniken im Vergleich	37
5.	Zusammenfassung.....	41
5.1	Schlussfolgerung und Fazit für die klinische Praxis	41
	Literaturverzeichnis	42
	Anhang A: Datenanalyse.....	52
	Danksagung	88
	Affidavit und Erklärung der Übereinstimmung.....	89

Zusammenfassung:

Hintergrund und Ziel der Studie: Trotz Weiterentwicklung der chirurgischen Techniken verbleibt eine hohe Rate an Rezidivinstabilitäten nach arthroskopischer Stabilisierungsoperation von akuten AC-Gelenkluxationen. Insbesondere die horizontale Instabilität mit residualer posteriorer Translation der Clavicula ist eine bisher inadäquat adressierte und persistierende Problematik. Ziel ist der Vergleich der technischen Weiterentwicklung der arthroskopischen Operationstechnik zur Behandlung von acromioclaviculären Gelenkluxationen durch zusätzliche horizontale Stabilisierung (CC-AC) mit einer Vergleichskohorte, die nur eine isolierte coracoclaviculäre Stabilisierung (CC) erhalten hatte.

Methodik: Es handelt sich um eine retrospektive Analyse von prospektiv erhobenen Datensätzen von 40 Patienten mit akuten ACG-Luxationen (Typ Rockwood IV-V), wobei die mittelfristigen klinischen und radiologischen postoperativen Ergebnisse mittels verschiedener Scores (ACJI, Taft, SSV, CS) evaluiert und verglichen wurden. Beide Gruppen (CC-AC und CC) wurden hinsichtlich Alter, Geschlecht und Schweregrad der Verletzung gepaart. Statistische Auswertungen erfolgten mittels Wilcoxon- und Mann-Whitney-U-Tests.

Ergebnisse: Die klinischen Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich des Subjective Shoulder Value (SSV) und des Constant Scores (CS) ($p > 0,202$). Die postoperative Kraftentwicklung und die klinischen Subscores zur Kraftentwicklung im ACJI Score zeigten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,107$). Jedoch ergaben der ACJI Score (86,1 vs. 77,1 Punkte, $p = 0,018$) und der Taft Score signifikant höhere Werte für die CC-AC Gruppe (11,0 vs. 10,1 Punkte, $p = 0,049$). Radiologische Auswertungen zeigten eine tendenziell bessere horizontale Stabilität und geringere Raten von Implantatmigration in der CC-AC Gruppe ($p < 0,026$).

Zusammenfassung: Die zusätzliche horizontale Stabilisierung bei der operativen Behandlung von höhergradigen acromioclaviculären Gelenkluxationen führt zu verbesserten radiologischen Ergebnissen, insbesondere hinsichtlich der horizontalen Stabilität. Klinische Ergebnisse wie Kraft, Schmerz und Funktion zeigen jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen. Trotz optimierter radiologischer Ergebnisse zeigen sich gleichwertig gute klinische Ergebnisse bei einer verbliebenen hohen Rate an vertikalen und horizontalen Rezidivinstabilitäten.

Abstract (English):

Background and objective: Despite advancements in surgical techniques, there remains a high rate of recurrent instability following arthroscopic stabilization surgery for acute AC joint dislocations. In particular, horizontal instability with residual posterior translation of the clavicle is an inadequately addressed and therefore persistent issue. The aim of this investigation is to compare the technical advancement of arthroscopic surgical techniques for the treatment of acromioclavicular joint dislocations through additional horizontal stabilization (CC-AC) with a control cohort that only received isolated coracoclavicular stabilization (CC).

Methodology: This study is a retrospective analysis of prospectively collected data from 40 patients with acute high-grade ACJ dislocations (Rockwood type IV-V), evaluating and comparing mid-term clinical and radiological postoperative outcomes using various scores (ACJI, Taft, SSV, CS). Both groups (CC-AC and CC) were matched for age, gender, and injury severity. Statistical analyses were performed using Wilcoxon and Mann-Whitney U-tests.

Results: Clinical outcomes showed no significant differences between the groups in terms of the Subjective Shoulder Value (SSV) and Constant Scores (CS) ($p > 0,202$). Postoperative strength development and clinical subscores for strength development in the ACJI score also showed no significant differences ($p > 0,107$). However, the ACJI score (86,1 vs. 77,1 points, $p = 0,018$) and the Taft score (11,0 vs. 10,1 points, $p = 0,049$) were significantly higher for the CC-AC group. Radiological assessments indicated a tendency for better horizontal stability and lower rates of implant migration in the CC-AC group ($p < 0,026$).

Conclusion: Additional horizontal stabilization in the surgical treatment of acromioclavicular joint dislocations leads to improved radiological outcomes, particularly concerning horizontal stability. Clinical outcomes such as strength, pain, and function, however, show no significant differences between the analyzed groups. Despite better radiological results, clinical results show no relevant difference and a high rate of vertical and horizontal recurrent instability persists.

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Muskuläre und ligamentäre Ansätze der Claviculaunterfläche (links) und -oberfläche (rechts)....	10
Abb. 2: Direkter Sturz auf die Schulter beim Sport als typischer Unfallmechanismus für ACG-Verletzungen.....	13
Abb. 3: Klassifikation der traumatischen Acromioclaviculargelenkverletzungen nach Rockwood.....	14
Abb. 4: Prüfung der vertikalen Instabilität des ACGs mittels Klaviertastenphänomens durch direkte kaudal gerichtete Kompression der Clavicula (a) und indirekt durch kranial gerichtete Stauchung des Humerus (b).....	17
Abb. 5: Prüfung der horizontalen Instabilität des AC-Gelenks.....	17
Abb. 6: Modifizierter Behandlungsalgorithmus der ACG-Luxationstypen nach ISAKOS Konsensus und AGA-Komitee-Schulter-Instabilität.....	21
Abb. 7: Schematische Darstellung der kombinierten coracoclaviculären und acromioclaviculären Stabilisierungstechnik der CC-AC Gruppe mittels Fadencerclage (rot) und Titanplättchen-Implantaten (blau)..	28
Abb. 8: Vergleich der klinischen postoperativen Ergebnisse mittels Subjective Shoulder Value (SSV) zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung (p=0,793).....	33
Abb. 9: Vergleich der klinischen postoperativen Ergebnisse mittels Constant Score (CS) zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung (p=0,202).....	34
Abb. 10: Vergleich der klinisch-radiologischen postoperativen Ergebnisse mittels ACJI Score zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung (p=0,018)	35
Abb. 11: Vergleich der klinisch-radiologischen postoperativen Ergebnisse mittels Taft Score zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung (p=0,049)	35

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Klassifikation der traumatischen Acromioclaviculargelenkverletzungen nach Rockwood.....	13
Tab. 2: Normalwerte der aktiven, globalen Bewegungsprüfung des Schultergelenks und -gürtels.....	18
Tab. 3: Epidemiologische Daten des Patientenguts der CC-AC Gruppe und der CC Gruppe.....	26
Tab. 4: Vergleich der klinischen und radiologischen Ergebnisse zwischen kombinierter CC-AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung.....	33

Abkürzungsverzeichnis

- (Abb.) Abbildung
- (ACG) Acromioclaviculargelenk
- (a.p.) antero-posterior
- (AO) Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
- (ASES) American Shoulder and Elbow Surgeons
- (AC) acromioclavicular
- (bzw.) beziehungsweise
- (CC) coracoclavicular
- (CS) Constant Score
- (DGU) Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
- (DHT) dynamische horizontale Translation
- (ISAKOS) International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopedic Sports Medicine
- (Lig.) Ligamentum
- (M.) Musculus
- (N) Newton
- (PDS) Poly-p-dioxanon-sulfat
- (Proc.) Processus
- (SCG) Sternoclaviculargelenk
- (sog.) sogenannte/sogenannten
- (SSV) Subjective Shoulder Value
- (Tab.) Tabelle
- (TRS) Tight-Rope® System
- (UHMWPE) ultrahochmolekulargewichtigem Polythetylen

1. Einleitung

1.1 Anatomie und Topographie des Acromioclaviculargelenks

Um ein Verständnis über die komplexe Anatomie und den biomechanischen Aufbau des Acromioclaviculargelenks (ACG) zu erlangen, muss man sowohl die Verbindungen der Clavicula zu den angrenzenden ossären Strukturen als auch die Weichteilbeteiligungen berücksichtigen.

1.1.1 Ossäre Strukturen und ligamentäre Verbindungen

Das ACG ist eine *Junctura Synovialis* (Diarthrosis) und bildet zusammen mit dem Sternoclaviculargelenk (SCG) die einzigen beiden knöchernen Verankerungspunkte des Schlüsselbeins. Die Verbindung aus Clavicula und Scapula verläuft V-förmig und bedeckt die superiore Thoraxapertur. Die Gelenkflächen des ACG werden aus der lateralen Clavicula und dem medialen Rand des Acromions gebildet und haben eine durchschnittliche Größe von 9 x 19 mm beim Erwachsenen.^[1] Die acromioclaviculäre Gelenkmorphologie wurde in drei Hauptgruppen unterteilt und ist überwiegend gerade verlaufend (50,6%) und seltener oblique (35,4%) oder konkav (5,1%), insgesamt jedoch variabel und auch als Mischform ausgeprägt.^[2] Hierbei überragt die laterale Clavicula das Acromion, somit entsteht in antero-posteriorer Blickrichtung eine Gelenkinklination von im Durchschnitt 12°, wobei auch bis zu 50° beschrieben sind.^[3,4] In der axialen Ebene ist eine Gelenkausrichtung von durchschnittlich 51° dokumentiert.^[4] Diese knöchernen Führung zeigt auch eine biomechanische Bedeutung für das ACG, wobei in einer Studie dokumentiert werden konnte, dass nach Resektion der lateralen Clavicula von bereits 10mm die posteriore Gelenktranslation um ca. 35% ansteigt.^[5] Die ACG Morphologie zeigte jedoch in einer Studie mit 85 Patienten keinen Einfluss auf die postoperativen Ergebnisse nach chirurgischer ACG-Stabilisierung.^[6]

Die statischen Hauptstabilisatoren des Gelenks sind die ACG-Kapsel und die Ligamente: Es existieren vier acromioclaviculäre Ligamente (AC-Ligamente) und zwei coracoclaviculäre Ligamente (CC-Ligamente). Die ACG-Kapsel ummantelt das Gelenk vollständig und ist mit einer Synovialschicht ausgekleidet. Der Kapselapparat steuert hauptsächlich durch seine ligamentäre Verstärkung einen Teil zur Gelenkstabilität bei, es wird hierbei in die superioren, inferioren, anterioren und posterioren acromioclaviculären Bandanteile unterschieden. Der Kapselbandapparat inseriert im Durchschnitt 2,8 mm lateral der acromialen und 3,5 mm medial der claviculären Gelenkfläche. Die Kapseldicke beträgt zwischen 1,6 und 2,9 mm.^[4] Es gilt insbesondere das kräftige, superiore AC-Ligament zu beachten, da diesem von mehreren Autoren zugeschrieben wird, vor allem in der Horizontalebene mit einem Anteil von bis zu 56% das ACG nach anterior bzw. posterior zu stabilisieren.^[7-9] In einer biomechanischen Kadaver-Studie konnten die intakten coracoclaviculären Ligamente die antero-posteriore Belastung des ACG bei durchtrenntem Kapselbandapparat nicht kompensieren.^[7] Die Aponeurose des M. deltoideus und des M. trapezius vermischen sich mit den Fasern des superioren Kapseligaments und bieten zusätzliche Stabilität, insbesondere entgegen einer Rotation und superioren Translation des ACGs.^[10] Die anterioren und inferioren Kapselbandanteile zeigten keinen signifikanten Einfluss auf die posteriore Translationsstabilität.^[8]

Bei den beiden CC-Ligamenten wird zwischen dem posterior und medial verlaufenden Lig. conoideum und dem anterior und lateral verlaufenden Lig. trapezoideum unterschieden. Der hakenförmig verlaufende Proc. coracoideus (das Korakoid) bietet den Fusspunkt der V-förmig verlaufenden CC-Ligamente, wobei diese keinen gemeinsamen Footprint aufweisen, sondern im Abstand von im Mittel 10,1 mm zueinander ansetzen.^[11] Die Ligamente selbst sind im Durchschnitt 14,8 mm (Lig. trapezoideum) bzw. 10,3 mm (Lig. conoideum) lang.^[12] Das Lig. trapezoideum inseriert an einer schmalen Crista mit einem durchschnittlichen Abstand von 14,7 mm zum lateralen Claviculaende und ist zum Teil (15%) mit einem zusätzlichen lateralen Faszikel angelegt.^[4,13] Das Lig. conoideum setzt mit einer Distanz von 32,1mm zum ACG an und kann auch als anatomische Variante zusammen mit dem Lig. superiores transversum scapulae konfluieren.^[4,13]

Die CC-Ligamente bilden den Hauptanteil der vertikalen Stabilität des ACGs, wobei das Lig. conoideum primär die superiore Rotationsbewegung als auch anteriore und superiore Dislokationsbewegungen der Clavicula beschränkt.^[9,14] Das Lig. trapezoideum limitiert diese Bewegungen vor allem bei axialen Kompressionsbewegungen.^[14]

Das coracoacromiale Ligament ist zwar ein wichtiger statischer glenohumeraler Stabilisator, zeigte jedoch in biomechanischen Untersuchungen keinen signifikanten Einfluss auf die Stabilität des ACGs.^[7]

1.1.2 Muskuläre Verbindungen

Bei der Clavicula kann man eine Unterscheidung der muskulären Verbindungen mit Ansätzen an den medialen zwei Dritteln und am lateralen Drittel des Knochens treffen.

Die Muskulatur der medialen Clavicula spielt für die Mechanik des ACGs eine untergeordnete Rolle. Der anteriore Anteil der Clavicula ist durch das Platysma bedeckt, welcher rein mimische Funktion besitzt. Am unteren Rand entspringen Fasern der Pars clavicularis des M. pectoralis major, der als Gesamteinheit eine Anteversion, Adduktion und Innenrotation des Humerus ausführt, jedoch keine direkte Auswirkungen auf das ACG besitzt. Zusätzlich dazu verläuft von der Unterfläche der Clavicula zur ersten Rippe der M. subclavius, welcher die Clavicula an der ersten Rippe fixiert, als Stabilisator des SCGs.^[15] Am medialen Ende des Knochens setzen der M. sternocleidomastoideus und sternohyoideus an, welche die Kopfnähe bzw. Zungenbeinposition beeinflussen.

Die für das ACG relevantesten muskulären Verbindungen bestehen zum M. deltoideus, dem M. trapezius (siehe Abbildung 1) und deren gemeinsamer deltoideotrapezoidaler Faszie, welche sich über das ACG spannt mit einer durchschnittlichen Dicke von 2mm.^[16] Der M. deltoideus wird in drei Teile unterschieden, entsprechend der Differenzierung des Ursprungs: die Pars spinalis, Pars acromialis und Pars clavicularis. Der Ansatzpunkt des Deltamuskels ist die Tuberositas deltoidea, wodurch der Muskel eine vielfältige Funktion je nach Aktivierung der unterschiedlichen Anteile und je nach Armposition aufweist. Zusammengefasst bewirkt die Pars acromialis die initiale Abduktion, welche über 60° durch die beiden anderen Parties unterstützt wird. Die Pars clavicularis kann zusammen mit der Pars acromialis eine Anteversion des Armes und auch eine Innenrotation bewirken. Antagonistisch dazu kann die Pars spinalis eine Außenrotation unterstützen.

Der M. trapezius ist der größte Muskel, der an der Clavicula und Scapula ansetzt. Der Ursprung ist einerseits am Occiput, sowie an den Proc. spinosi der 2.-7. Halswirbelkörper und der Brustwirbelsäule. Die Ansatzpunkte unterteilen den Muskel zudem auch entsprechend einem jeweils anderen Faserverlauf: Die Pars descendens inseriert an dem kranialen, lateralen Drittel der Clavicula, die Pars transversa verläuft horizontal zum Acromion und die Pars ascendens verläuft steil aufsteigend und setzt an der Spina Scapulae an.

Im Bereich des ACGs verbinden sich die Aponeurosen der Mm. deltoideus und trapezius und bilden die deltoideotrapezoidale Faszie, welche durch Einschmelzen in Fasern des Lig. acromioclaviculare superius die ACG-Stabilität verstärkt.^[17]

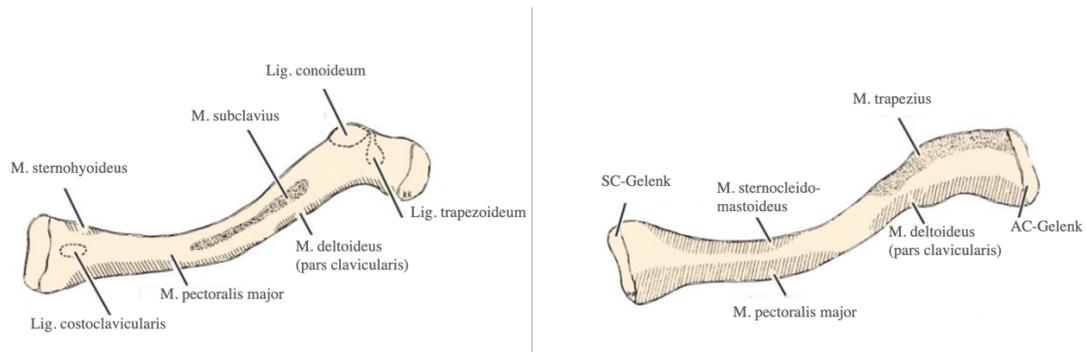


Abbildung 1: Muskuläre und ligamentäre Ansätze der Claviculaunterfläche (links) und -oberfläche (rechts)^[18]

1.1.3 Der acromioclaviculäre Diskus

Die knöchernen Anteile des Gelenks sind mit hyalinem Knorpel überzogen, dazwischen befindet sich ein fibrocartilaginärer Diskus, welcher die Gelenkflächen unvollständig trennt und Inkongruenzen ausgleichen und die Lastübertragung abfedern kann, ähnlich zu den Menisken des Kniegelenks.^[19] Der Diskus kann stark in Größe, Form und Breite variieren. Außerdem unterliegt der Diskus einem altersbedingten Degenerationsprozess und ist ab der vierten bzw. fünften Lebensdekade merklich ausgedünnt oder sogar gänzlich resorbiert, wobei der Gelenkspalt dadurch verschmälert und es insgesamt zur einer Gelenkdegeneration mit ACG-Arthrose kommen kann.^[20,21] Bei einer ACG-Luxation erfolgt durch die acromioclaviculäre Separation auch eine Verletzung des Diskus, infolge dessen kann das Auftreten einer posttraumatischen ACG-Arthrose in 29-48% der Fälle observiert werden.^[22] Zur Stabilität des ACG trägt der acromioclaviculäre Diskus jedoch nach aktuellem Wissensstand keinen relevanten Anteil bei.

1.2 Spezieller Teil

1.2.1 Bio- und Pathomechanik des Acromioclaviculargelenks

Die Hauptfunktion des ACG besteht in der Lastübertragung der oberen Extremität zum Torso, dies insbesondere bei variierenden Abduktionsbewegungen des Armes. Es wurde hierbei gezeigt, dass insbesondere bei der initialen Schulterabduktion (bis 30°) und bei hoher Elevation (über 135°) die meiste Bewegung im ACG auftritt.^[23] Das ACG besitzt zwei translatorische Hauptbewegungsrichtungen und so kann sich die Clavicula in der antero-posterioren und supero-inferioren Ebene bewegen. Ob es über eine relevante Rotationskomponente gegenüber dem Acromion verfügt ist Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion. Während Rockwood et al. nur eine sehr geringe Rotationskomponente im ACG von 5-8° beschrieben hat, konnten aktuellere MRT-Untersuchungen von Sahara et al. eine größere Rotation von 15-20° beobachten.^[24,25] Gesichert ist allerdings, dass die Clavicula als Ganzes einen größeren Rotationsumfang hat, beschrieben sind 30-65°.^[26] Dies ist auf die ausgeprägte Verschieblichkeit im SCG und die synchron kombinierte Scapularotation, durch Codman als synchrone scapula-claviculäre Rotation tituliert, zurückzuführen.^[27] Die Beweglichkeiten von ACG und SCG sind somit eng miteinander gekoppelt, das kombinierte Bewegungsausmaß der zwei Gelenke liegt dabei auf einem Kegelmantel.

Bei den pathomechanischen Überlegungen bildete die Arbeit von Urist et al. die Grundlage für das weitere Verständnis der Instabilitätsentwicklung im ACG.^[28] In Kadaverpräparaten wurden sukzessive die statischen Stabilisatoren des ACGs durchtrennt und die Gelenkstabilität überprüft: Bei isolierter Durchtrennung der coracoclaviculären Bänder resultierte noch keine eindeutige Instabilität. In einem weiteren Präparat wurden der acromioclaviculäre Kapselbandkomplex inklusive des Lig. acromioclaviculare superius

entfernt, wodurch eine Subluxation des ACGs entstand. Nach anschließender Ablösung der Aponeurosen des M. deltoideus und trapzium konnte das laterale Claviulaende nach kranial und posterior luxieren.^[28] Zusätzlich wurden die Kombinationen aus Durchtrennung der deltoideotrapezoidalen Faszie und des Kapselbandkomplexes des ACG wie zuvor, mit anschließender isolierter Durchtrennung des Lig. trapezoideum oder des Lig. conoideum durchgeführt. In beiden Fällen war die Gelenkluxation möglich, bei durchtrenntem Lig. conoideum jedoch ausgeprägter, wobei dieses Ligament auch in anderen biomechanischen sog. *load-to-failure* Untersuchungen praktisch immer zuerst rupturierte.^[29] Des Weiteren zeigten Urist et al. wie auch weitere Studien, dass eine isolierte vertikale ACG-Luxation bei intaktem coracoclaviculärem Bandapparat nicht möglich ist.^[30] Den Ausnahmefall einer Distalisierung der Schulter, und dadurch gleichzeitigen relativen Hochstand der Clavicula bei intakten coracoclaviculären Bändern, bilden die lateralen Claviculafrakturen oder juvenile Periostschlauchverletzungen, welche jedoch nicht die klassische Entität der adulten ACG-Luxation abbilden.^[31]

1.2.2 Traumatische Verletzungen des Acromioclaviculargelenks – Distorsion und Luxation

Die Traumatisierung des ACGs ist die häufigste Sportverletzung im Bereich des Schultergürtels, insbesondere bei jüngeren Athleten mit einer Inzidenz von 92 / 10.000 Patientenjahren, aber auch in der Allgemeinbevölkerung eine relativ häufige Verletzung mit einer Inzidenz von 0,8 bis 2 / 10.000 Patientenjahren.^[32-34] Es werden insgesamt zwei Verteilungsgipfel bezüglich des Patientenalters beschrieben (20-24 Jahre und 55-59 Jahre), zudem entstehen die meisten (über 75%) der Verletzungen beim Sport und häufiger beim männlichen Geschlecht mit einer Verteilung von 8,6 zu 1.^[35,36] Die Sportarten mit der größten Verletzungsanfälligkeit des ACGs sind Rugby, Ringen, Eishockey und Radfahren, wobei hier das Risiko im Spiel 12-mal höher als im Training kalkuliert wurde.^[33,35,37]

Die traumatischen Verletzungen des ACGs entstehen in den meisten Fällen durch einen der beiden Unfallmechanismen: Entweder durch direkten Anprall der Schulter bei angelegtem oder abduziertem Oberarm (siehe Abbildung 2), oder andererseits durch einen Unfallmechanismus mit Sturz auf den Ellbogen bei angelegtem Oberarm. Beim zuerst erwähnten direkten Anprall erfolgt durch die direkte Fortleitung der Kompressionskraft auf das ACG ein Zerreißen der Kapselbandstrukturen, da diese in den meisten Dislokationsrichtungen der initiale Stabilisator sind.^[14] Im weiteren kommt es zur sequentiellen Rupturierung des coracoclaviculären Bandapparates, wobei hier das Lig. conoideum immer zuerst rupturiert.^[29,38] Bei höhergradigen Verletzungen kommt es im Anschluss noch zur Verletzung der deltoideotrapezoidalen Faszie mit oftmals Ablösung vom lateralen Ende der Clavicula. Typische Situationen sind der Bandencheck beim Eishockey oder der Sturz vom Fahrrad.

Der zweite mögliche Unfallmechanismus ist der Sturz auf den Ellbogen bei angelegtem Oberarm wie z.B. bei einem rückwärtsgerichteten Sturz nach einem frontalen Anprall durch einen Gegenspieler beim Rugby.^[39] Dabei kann die axiale Kraftübertragung den Humerus und die Scapula mit dem Acromion gegenüber der lateralen Clavicula nach kranial schieben. Dadurch entstehen eher seltener hochgradige ACG-Luxationen als durch den direkten Schulteranprall.^[40] Generell hängt bei diesen Unfallmechanismen der Schweregrad der Verletzung, das heißt ob der ACG-Kapselbandapparat nur gezerrt wird oder zerreißt, und ob es im Weiteren zur Ruptur der coracoclaviculären Bänder und der deltoideotrapezoidalen Faszie kommt, von der kinetischen Energie des Ereignis ab. Ein äußerst seltenes, aber beschriebenes Verletzungsmuster bei Hochrasanztraumata wie z.B. einem Zugunfall, ist die kaudale Dislokation der lateralen Clavicula unter den Proc. coracoideus, wie beschrieben durch Rockwood selbst.^[41] Dadurch sind insbesondere die infraklavikulär verlaufenden Strukturen wie der Plexus brachialis und die A. und V. subclavia gefährdet. Eine ebenfalls sehr rare, aber beschriebene Sonderform stellt die Fraktur der Basis des Proc. coracoideus mit gleichzeitiger ACG-Luxation dar.^[42] Durch den Abriss des Verankerungspunktes der CC-Ligamente kann bei gleichzeitiger Ruptur des ACG-Kapselbandapparates eine Separation des ACG stattfinden, während die

CC-Bänder selbst unversehrt bleiben und somit auch eine Vergrößerung der CC-Distanz radiologisch ausbleibt.

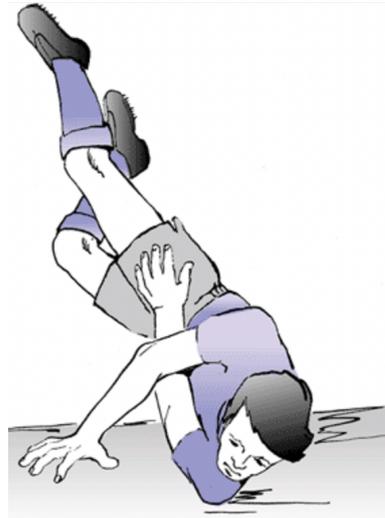


Abbildung 2: Direkter Sturz auf die Schulter beim Sport als typischer Unfallmechanismus für höhergradige ACG-Verletzungen ^[43]

1.2.3 Klassifikationen der Acromioclaviculargelenkverletzungen

Die geläufigste Klassifikation der traumatischen ACG-Verletzungen erfolgt in der Einteilung nach Rockwood, welcher die ursprüngliche Einteilung von Tossy um 3 Verletzungstypen erweiterte.^[24,44] Die Rockwood Klassifikation unterscheidet in 6 verschiedene Verletzungsmuster (vgl. Tabelle 1 und Abbildung 3), wobei die Evaluation anhand dem prozentualen Seitenunterschied der coracoclaviculären Distanz, gemessen in einer konventionell-radiologischen belasteten Panorama-Röntgenaufnahme beider Schultern, erfolgt.

Klassifikation der traumatischen Acromioclaviculargelenkverletzungen nach Rockwood ^[24]					
Typ	Coracoclaviculärer Hochstand	Deltoideotrapezoidale Faszie	AC-Ligamente	CC-Ligamente	Luxationsrichtung der Clavicula
I	0 %	intakt	Distorsion	intakt	keine Luxation
II	25 %	intakt	Ruptur	Distorsion	superior
III	25 – 100 %	partielle Verletzung	Ruptur	Ruptur	superior
IV	25 – 100 %	Ruptur	Ruptur	Ruptur	posterior
V	> 100 %	Ruptur	Ruptur	Ruptur	superior
VI	Tiefstand der Clavicula	Ruptur	Ruptur	Ruptur	infracoracoidal

Tabelle 1: Klassifikation der traumatischen Acromioclaviculargelenkverletzungen nach Rockwood ^[24]

Beim Verletzungstyp Rockwood Typ I liegt lediglich eine Zerrung des ACG-Kapselbandapparates vor, während beim Typ II bereits hier eine Ruptur und eine zusätzliche Zerrung der coracoclaviculären Bänder vorhanden sind. Ab Rockwood Typ III ist es zu einer Ruptur der coracoclaviculären Bänder gekommen^[45], wobei in den weiteren Subtypen entsprechend der Dislokationsrichtungen unterschieden wird: Beim Typ IV luxiert die laterale Clavicula nach posterior in den M. trapezius, wobei hier auch das Auftreten einer Perforation beobachtet werden kann. Beim Typ V wandert die Clavicula nach superior durch die rupturierte deltoideotrapezoidale Faszie, so dass bei schlankem Habitus auch ein sogenanntes *Tenting*, ein zeltartiges Aufspannen, der Haut festgestellt werden kann. Im Sonderfall des Typ VI hat eine subcoracoidale Luxation stattgefunden.^[41]

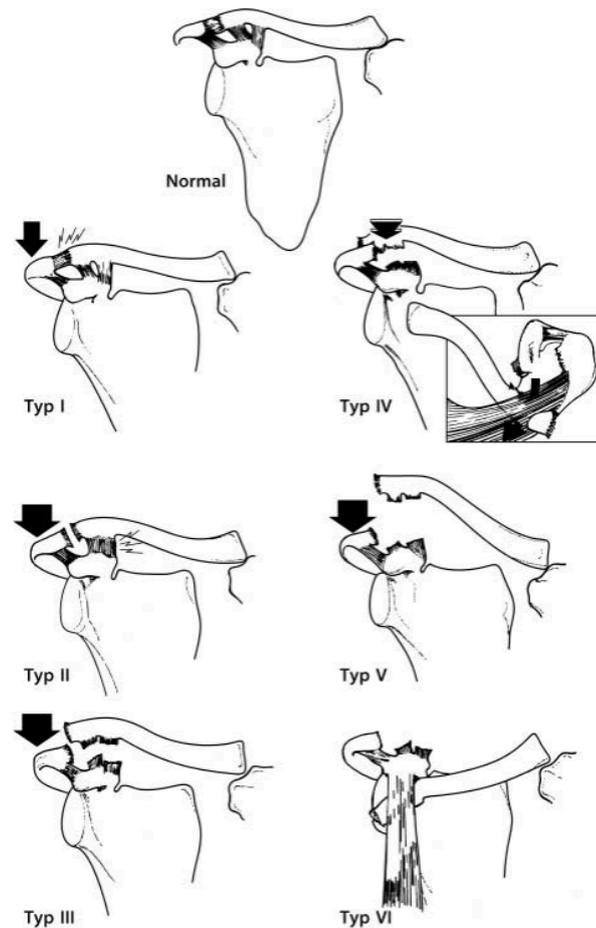


Abbildung 3: Klassifikation der traumatischen Acromioclaviculargelenkverletzungen nach Rockwood^[46]

Die Notwendigkeit, die horizontale Instabilitätskomponente präziser zu erfassen, ergab sich trotz Rockwoods Erweiterung der Klassifikation.^[47] Tauber et al. beschreiben eine funktionelle axiale Evaluation als Möglichkeit zur biplanaren radiologischen Diagnostik der horizontalen Instabilität.^[48] Kraus et al. haben einen Zusatz der etablierten ACG-Luxationsklassifikation nach Rockwood vorgeschlagen, der auch die horizontale Instabilitätskomponente mitberücksichtigt und ein reproduzierbares Klassifikationssystem darstellt.^[49,50] Es wurde hierbei einerseits unterschieden in eine nicht vorhandene oder nur partielle dynamische horizontale Translation (Subtyp A) und andererseits in eine vollständige Translation (Subtyp B). Unter Verwendung von konventionell-radiologischen Alexander-Aufnahmen konnten die Autoren zeigen, dass bereits bei niedrig-gradigen Verletzungstypen I-II eine dynamische horizontale Translation (DHT) in 35% der Fälle beobachtet werden kann, diese ist jedoch in den meisten Fällen (83%) nur partiell vorhanden. Beim Typ III lag in 68% der Fälle eine DHT vor, welche zu 53% einer kompletten horizontalen Instabilität entsprach. Bei hochgradiger vertikaler Instabilität (Rockwood Typ V) lag fast immer auch eine radiologisch nachgewiesene komplette DHT vor (95%).^[49]

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) unterscheidet in der aktuellsten Ausgabe der Fraktur- und Dislokationsklassifikationen nicht im speziellen die acromioclaviculären Luxationsgrade, sondern nur mittels zusätzlichem Modifikator nach Dislokationsrichtung.^[51]

Interessanterweise existieren unterschiedliche Angaben in der Literatur bezüglich des Verteilungsmusters von niedrig- bzw. hochgradigen Verletzungstypen. In der Originalarbeit von Rockwood wurden überwiegend Typ I (36%), Typ II (23%) und Typ III (39%) Verletzungen beobachtet, während Typ IV (0,7%), Typ V (1,2%) und Typ VI (0,1%) nur sehr selten diagnostiziert wurden. Spätere Studien zeigen andere

Verteilungsmuster in den Studienpopulationen mit einer größeren Anzahl höhergradiger Verletzungstypen, wie zum Beispiel in der Arbeit von Kraus et al. mit Typ I (13%), Typ II (15%), Typ III (36%) und Typ V (36%).^[49]

1.2.4 Folgen der akuten und chronischen Traumatisierung

Um die Veränderungen der akuten und chronischen Verletzungen unterscheiden zu können, wird zunächst eine zeitliche Differenzierung der Kategorien „akut“ und „traumatisch“ benötigt. Hierzu sind die Angaben in der Literatur jedoch sehr unterschiedlich: In einer Umfrage der amerikanischen Fachgesellschaft der orthopädischen Chirurgen wurde dies als Zeitraum kleiner als 3 Wochen seit dem Unfalldatum beschrieben.^[52] Die Autoren anderer Arbeiten setzen die Unterscheidung bei 6 Monaten posttraumatisch.^[53] Barth et al. publizierten radiologische Ergebnisse einer französischen multi-zentrischen Studie und beschrieben weniger Repositionsverlust, wenn die operative Versorgung innerhalb von 10 Tagen nach Unfallereignis erfolgte.^[54] Song et al. beobachteten in einem systematischen Review ähnliche Ergebnisse mit tendenziell besseren klinischen Scores und radiologischen Ergebnissen bei frühzeitiger operativer Adressierung höhergradiger AC-Gelenkluxationen.^[55]

Maier et al. untersuchten den frühen Heilungsprozess auf zellulärer Ebene und stratifizierten die intraoperativ gewonnenen Gewebeproben anhand der Latenzzeit zum Unfallereignis in den jeweiligen ersten drei posttraumatischen Wochen.^[56] Die Autoren konnten zeigen, dass in der Rupturzone bereits unmittelbar eine biologische Reaktion anhand höherer CD68-positiven Zellen und Proliferation von Fibroblasten-ähnlichen Zellen zu beobachten ist. Bereits in der dritten posttraumatischen Woche wurden Konsolidationszeichen beobachtet, so dass die Empfehlung für eine möglichst frühzeitige chirurgische Behandlung formuliert wurde, um das frühe biologische Heilungspotential ausnutzen zu können. Eine weitere Arbeit der gleichen Arbeitsgruppe untersuchte Gewebeproben des acromioclaviculären Bandkomplexes bei AC-Gelenkstabilisierung mittels Hakenplatte, sowie zum Zeitpunkt der Osteosynthesematerialentfernung.^[57] Hierbei zeigte sich ein bandartige Ausheilung der Strukturen ca. 12 Wochen postoperativ, wobei ein zelluläres Remodeling noch nachgewiesen werden konnte. Trotz erster biologischer Untersuchungen auf zellulärer Ebene existiert kein klarer Konsens in der Literatur über den idealen Zeitraum einer Operation. Im deutschsprachigen Raum wird, trotz aktuell noch ausstehender Leitlinie zur Behandlung von Schulterreckgelenkverletzungen, eine zeitnahe Operation innerhalb der ersten 3 Wochen empfohlen.^[58,59]

1.3 Diagnostik der Acromioclaviculargelenkverletzungen

Wie bei jeder medizinischen Diagnostik empfiehlt sich auch bei Acromioclaviculargelenkverletzungen ein standardisiertes, schrittweises Vorgehen. Es haben alle hier aufgezählten diagnostischen Stationen ihren eigenen Stellenwert, wobei die Summe der erhobenen Befunde evaluiert werden muss und mit den am wenigsten invasiven Methoden begonnen wird.

1.3.1 Anamnese

Zunächst gilt es den Unfallmechanismus zu klären und hierbei das Unfalldatum genau zu erfragen und zu dokumentieren, da dies für die zeitliche Planung der Therapie, wie bereits diskutiert, eine wichtige Rolle spielt.

Wesentlich ist neben der Schulter-fokussierten Anamnese auch das Erfragen weiterer Symptome, insbesondere der angrenzenden Gelenke (SC-Gelenk, gleno-humerales Gelenk), des angrenzenden Thorax, der Halswirbelsäule und des Neuro- und Viszerocraniums. Bakir et al. beobachteten in Daten des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), dass Begleitverletzungen von

Schwerverletzten mit claviculären Gelenkverletzungen (Verletzungen des ACG oder SCG) am häufigsten am Thorax und an der ipsilateralen oberen Extremität zu beobachten sind.^[60]

Granville-Chapman et al. zeigten, dass die klinischen Symptome bezüglich Schmerz und defizitärer Funktion interessanterweise nicht direkt mit dem Schweregrad der ACG-Verletzung (entsprechend der Rockwood-Einteilung) korrelieren.^[61] Das Schmerzverteilungsmusters bei Irritation des ACGs zeigte einerseits eine lokale Schmerzprojektion, sowie Schmerzausstrahlung in den lateralen Oberarm und in den M. trapezius, wie durch eine Untersuchung an gesunden Probanden nach Injektion mit hypertonischer Kochsalzlösung in das ACG gezeigt werden konnte.^[62]

Da Verletzungen des Integuments bei akuten ACG-Traumata nicht selten sind, empfiehlt es sich auch den aktuellen Tetanus-Impfschutz zu erfragen.

1.3.2 Inspektion

Der nächste Schritt im diagnostischen Ablauf ist die Inspektion. Diese wird beim stehenden Patienten mit entkleidetem Thorax, bei unbelasteten, hängenden Armen in Neutralstellung von ventraler und dorsaler Blickrichtung durchgeführt. Hierbei sind, nebst Verletzungen der Haut und Hämatombildung, insbesondere der Verlauf der Clavicula, etwaige Deformitäten und eine Schwellung des ACGs bzw. ein Überstand der lateralen Clavicula im Seitenvergleich zu beurteilen. Bei ACG-Luxationen entsteht durch die Schwerkraft ein Tiefstand der Schulter mit Versatz im AC-Gelenk. Bei hochgradigen ACG-Verletzungen und schwächlichen Weichteilmantel kann ein zeltförmiges Aufspannen der Weichteile und Haut beobachtet werden, wobei es in chronischen Fällen bis zur Nekrose mit Perforation der Haut kommen kann.^[63]

Vorbestehende Erkrankungen oder Eingriffe des Schultergürtels und etwaige Atrophien der Muskulatur lassen sich bei der Inspektion ebenso mitbeurteilen.

1.3.3 Palpation

Die Palpation ist bei der Diagnose ACG-Verletzungen ein wesentlicher Bestandteil der klinischen Untersuchung, da sie einerseits die lokale Druckdolenz der ACG-Region bestätigt und eine erste dynamische Stabilitätsprüfung erlaubt. Wichtig ist eine klinische Untersuchung der gesamten Schulter und auch der angrenzenden Gelenke. Durch eine systematische Untersuchung kann der Kliniker Schwellungen, Deformitäten oder Stufenbildungen erkennen, die auf die Traumatisierung des AC-Gelenks und ggf. eine Dislokationen hinweisen können.^[64] Das sogenannte Klaviertastenphänomen, bei welchem die heruntergedrückte Clavicula in der vertikalen Ebene nach Loslassen wieder eine eigenständige Kranialisierung durch den Zug des M. trapezius durchführt, ist besonders pathognomonisch für die ACG-Dislokation.^[64] Hier kann zwischen einer direkten und indirekten Prüfung (inverses Klaviertastenphänomen) unterschieden werden (vgl. Abb. 4).^[65]

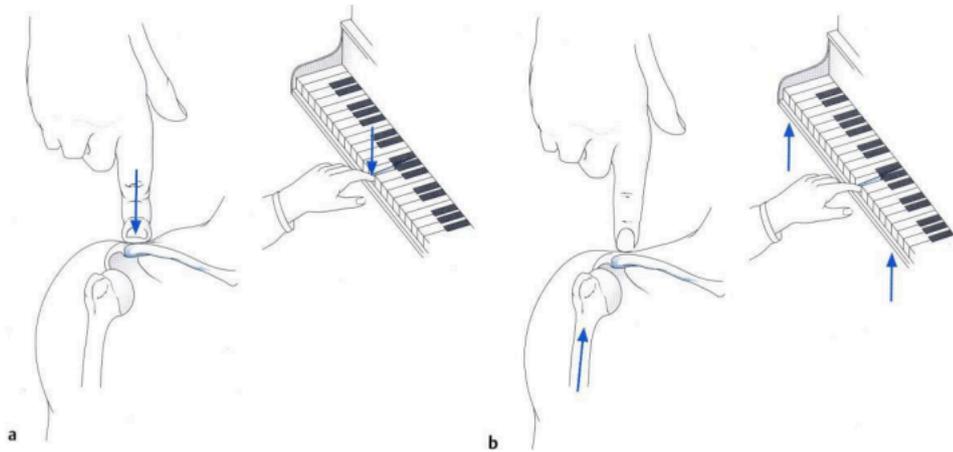


Abbildung 4: Prüfung der vertikalen Instabilität des ACGs mittels Klaviertastenphänomens durch direkte kaudal gerichtete Kompression der Clavicula (a) und indirekt durch kranial gerichtete Stauchung des Humerus (b)^[65]



Abbildung 5: Prüfung der horizontalen Instabilität des AC-Gelenks^[66]

Wichtig ist neben einer Einschätzung der vertikalen Translationsfähigkeit der Clavicula auch die Prüfung der horizontalen Instabilität. Hier fasst und fixiert der Untersucher das Acromion und übt mit der anderen Hand einen ventralen und dorsalen Translationsstress aus (vgl. Abb. 5).^[48] Besonders bei subtilen oder unklaren radiographischen Befunden ist die Sensitivität der Palpation mit dynamischer Untersuchung der horizontalen und vertikalen Instabilität von wichtiger Bedeutung, um eine Verletzung und relevante Instabilität nicht zu verpassen.

Abschließend ist es notwendig, eine Kompromittierung der peripheren Sensomotorik auszuschließen, da insbesondere bei Hochrasanztraumata relevante neurovaskuläre Schäden beschrieben worden sind.^[60,67]

1.3.4 Bewegungsprüfung

In der allgemeinen Messung des Bewegungsumfangs der Schulter wird einerseits in einen aktiven und einen passiven Bewegungsumfang unterschieden. Die aktive Beweglichkeit bezieht sich auf den Bewegungsumfang, der willkürlich durch Muskelkraft des Patienten erreicht werden kann, während passive Beweglichkeit das Ausmaß einer Gelenkbewegung beschreibt, das durch Muskelkraft eines Untersuchers ohne Hilfe des Patienten erreicht werden kann. Die passive Beweglichkeit ist meist größer als die aktive. Generell empfiehlt es sich den Schultergürtel von ventral und dorsal zu begutachten, um auch pathologische scapulothorakale Bewegungsmuster zu detektieren, welche insbesondere bei chronischen Fällen der ACG-Instabilität anzutreffen sind.^[47]

Zudem wird zwischen der globalen Beweglichkeit des Schultergürtels (Summe der kombinierten Bewegungen des gleno-humeralen Gelenks, des AC-Gelenks, des SC-Gelenks und der scapulo-thorakalen Verschiebung) und der isolierten gleno-humeralen Bewegungsprüfung bei fixierter Scapula unterschieden.

Anhand der Neutral-Null-Methode, welche auf einer standardisierten Ausgangsposition basiert, kann der Bewegungsumfang in Winkelgraden durch drei Zahlenwerte angegeben werden (vgl. Tabelle 2): die beiden Bewegungsendpunkte und die Null-Position.^[68] Die Ausgangsposition umfasst eine aufrechte Körperhaltung mit hängenden Armen, nach vorn gerichteten Daumen, parallel zueinander angeordneten Füßen in hüftbreiter Stellung, leicht gebeugten Ellbogen- und Kniegelenken und einem horizontal nach vorn gerichteten Blick.

Normalwerte der Bewegungsprüfung des Schultergelenks und Schultergürtels	
Anteversion/Retroversion	170° – 0 – 40°
Abduktion/Adduktion	170° – 0 – 40°
Horizontalextension/-flexion	130° – 0 – 40°
Außen-/Innenrotation in Neutralstellung	60° – 0 – 90°
Außen-/Innenrotation in 90° Abduktion	70° – 0 – 70°

Tabelle 2: Normalwerte der aktiven, globalen Bewegungsprüfung des Schultergelenks und Schultergürtels^[66]

Für die Bewegungsprüfung bei schmerzhaftem ACG gilt es auf einen typischerweise hohen horizontalen schmerzhaften Bogen (im Englischen sog. „painful arc“) ab ca. 140° bis 180° zu achten.^[64] Durch die Abduktion des Oberarms entsteht eine Druckerhöhung und Torquierung im ACG, wobei im Gegensatz zum typischen schmerzhaften Bogen bei Impingementsyndrom und Rotatorenmanschettenläsion (zwischen 70 und 120° Armabduktion) die Schmerzen bei hoher Abduktion nicht regredient sind.^[66] Dieser hohe Bewegungsradius ist aber in erster Linie bei chronisch-degenerativen ACG-Erkrankungen schmerzhaft und in der akut-traumatisierten Situation schmerzüberlagert nicht immer eindeutig prüfbar bzw. durchführbar.

1.3.5 Spezifische Funktionstests

In der Frühphase zeigen Patienten mit akuter Instabilität des ACGs oft erhebliche Schulterschmerzen und Funktionsbeeinträchtigungen. Nebst der erwähnten Palpation und manuellen vertikalen und horizontalen Translation der Clavicula, existieren verschiedene Untersuchungstechniken zur spezifischeren Untersuchung von Verletzungen des AC-Gelenks: der Horizontal-Adduktionstest (engl. „cross-arm adduction test“), der Paxinos-Test und der O'Brien-Test.^[69] Beim Cross-Arm-Adduktionstest wird der Arm auf 90 Grad flektiert und über die Brust adduziert, um Schmerzen bei axialer Stauchung des ACG zu prüfen. Der Paxinos-Test beurteilt Druckempfindlichkeit am hinteren AC-Gelenk durch Daumendruck. Der O'Brien-Test unterscheidet Schmerzen, indem ein abwärts gerichteter Druck auf den auf 90 Grad erhobenen und leicht adduzierten und vollständig gestreckten Arm ausgeübt wird, bei maximal proniertem Unterarm.

Schmerzen im Bereich des ACG deuten auf eine Verletzung des AC-Gelenks hin, während Schmerzen mit eher ventraler Projektion am vorderen Glenohumeralgelenk auf eine Labrum- oder Bizepsverletzung hindeuten.^[69] Chronopoulos et al. fanden heraus, dass der Cross-Body-Adduktionstest der sensitivste (77% Sensitivität) und der aktive Kompressionstest (O'Brien-Test) der spezifischste (95% Spezifität) für die Diagnose chronischer AC-Gelenkverletzungen bzw. AC-Gelenkdegeneration ist.^[70] Die Kombination der Funktionstests und insbesondere der manuellen Stabilitätsprüfung (vgl. Kapitel 1.3.3) des ACG erhöht die Genauigkeit der klinischen Diagnose von AC-Gelenkverletzungen. Generell sollten gleno-humerale Begleitpathologien mit in Betracht gezogen werden, da behandlungswürdige Begleitverletzungen in einem aktuellen systematischen Review und Meta-Analyse mit einem Auftreten von ca. 20% der Fälle beschrieben wurden.^[71] Zudem gilt es Anschlussinstabilitäten zu detektieren, die sich dorsal im Bereich des scapulothorakalen Gelenks durch Skapuladyskinesien äußern können oder auch ventral durch Affektion des neurovaskulären Bündels auftreten können.^[72] Ein wesentlicher Anteil der persistierenden Symptomatik nach hochgradigen ACG-Verletzungen ist durch die zusätzlich entstandene Instabilität und den Verlust der optimalen Kraft- und Bewegungsübertragung zwischen der Scapula und der Clavicula zu begründen und die hierdurch sekundäre scapuläre Dysfunktion.^[73] Die unterbrochene scapuläre Stabilisierung und die daraus resultierende muskuläre Dysbalance kann sich bis zum Vollbild eines sog. SICK Scapula Syndroms mit scapulärer Malposition und Dyskinesie, Prominenz des inferioren medialen Scapularandes, coracoidaler Malposition und Schmerzen äußern.^[74]

1.3.6 Bildgebung

In der konventionell-radiographischen Diagnostik von Verletzungen des Acromioclaviculargelenks ist ein methodischer Ansatz für eine exakte Beurteilung und anschließende Behandlung von zentraler Bedeutung. Jedoch existiert bisher kein internationaler wissenschaftlicher Konsensus für einen Goldstandard und keine publizierten nationalen Leitlinien zur Diagnostik.^[75] Bei noch unklarer klinischer Diagnose wird in der Regel die initiale Radiographie mit konventionellen anteroposterioren (a.p.) und axialen Röntgenaufnahmen des ACG und der Clavicula durchgeführt, da hierdurch ein grundlegendes Verständnis der Ausrichtung des Gelenks und möglicher Luxation oder ossären Verletzungen geboten wird. Die Komplexität der Verletzungen des ACG erfordert jedoch zusätzliche Bildgebungsperspektiven. Die Zanca-Aufnahme ist eine spezialisierte Projektion und beinhaltet eine kraniale Neigung des Röntgenstrahls von 10°, wodurch die Darstellung des ACG durch Verringerung der überlappenden Röntgenshatten der umgebenden Strukturen verbessert wird.^[76] Durch die singuläre Zanca-Aufnahme kann jedoch keine verlässliche Evaluation der vertikalen und horizontalen Instabilität erfolgen und der Schweregrad der Verletzung kann anhand von einzelnen Gelenkaufnahmen stark unterschätzt werden.^[77]

Für die Begutachtung der vertikalen Instabilität des ACG zeigt die bilaterale gleichzeitige Abbildung beider Schultergürtel in der sogenannten Panorama-Aufnahme mit hängender Gewichtsbelastung beider Arme (10kg, sog. „Wasserträger“-Aufnahme) eine hohe Zuverlässigkeit zwischen unterschiedlichen Beobachtern.^[75,78] Hierbei wird die coracoclaviculäre Dislokation anhand der Distanz zwischen Claviculaunterrand und kranialstem Punkt des Proc. coracoideus digital vermessen.^[78] Es existieren unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der Notwendigkeit von belasteten Aufnahmen, es wurden sowohl die Überschätzung als auch Unterschätzung des Verletzungsausmaßes beschrieben.^[77,79] Der adäquate Strahlenschutz der Schilddrüse muss selbstverständlich beachtet werden. Beidseitige Zanca-Aufnahmen bieten den Vorteil einer besseren Strahlenhygiene, bilden aber die AC-Gelenke nicht im selben Strahlengang ab.

Für die Begutachtung der horizontalen Instabilität ist Darstellung in der zweiten Ebene notwendig, jedoch kann die statische radiologische Untersuchung die Dynamik einer horizontalen Verschiebung nur bedingt darstellen. Es wurden mehrere Spezialaufnahmen untersucht mit dem Ziel einer möglichst präzisen Diagnostik der horizontalen Ebene, wobei die Reproduzierbarkeit der Aufnahme- und Befundungstechniken weiterhin ein relevantes Problem darstellt.^[48,80] Die vielversprechendste Methode zur radiologischen

Darstellung einer horizontalen Instabilitätskomponente scheint die Alexander-Aufnahme zu sein, bei dieser Art der Stressaufnahme wird die Y-Aufnahme mit gleichzeitigem Cross-body Manöver angefertigt.^[49,81,82] Liegt eine horizontale Instabilität vor, so projiziert sich das Acromion ventral unter das laterale Ende der Clavicula, der harmonische acromio-claviculäre Bogen erscheint in dieser Untersuchung stufenartig unterbrochen.^[83] Jüngere Studien analysieren Messmethoden mit Verwendung von Kreisen zur akkurateren Darstellung und Vermessung, hier sind jedoch weitere Analysen notwendig, die die Reproduzierbarkeit verifizieren.^[84,85]

Die sonographische Diagnostik stellt eine kostengünstige und meist schnell verfügbare Methode dar und ermöglicht die dynamische Diagnostik der horizontalen ACG-Instabilität, jedoch ohne die vertikale Instabilität exakt klassifizieren zu können.^[86]

Magnetresonanztomographie- (MRT) und Computertomographie-Aufnahmen (CT) können eingesetzt werden, um spezifische Fragen wie z.B. den Ausschluss möglicher Begleitpathologien oder bei Revisionsfällen zu beantworten. Begleitende Verletzungen der Rotatorenmanschette, des Gelenkknorpels und des SLAP-Komplexes (superior labrum anterior to posterior) werden im MRT im Besonderen beschrieben, was gemäß Studienlage auch der Häufigkeit der intraoperativ verifizierten Befunde widerspiegelt.^[87-90] Für die Klassifikation der ACG-Instabilität eignet sich das MRT gemäß der Literatur nur bedingt, wobei es erste Bestrebungen gibt, belastete Aufnahmen erstellen zu können.^[91-93]

1.4 Überblick der bisher etablierten Therapien bei Acromioclaviculargelenkverletzungen

Die Entscheidungsfindung zur Bestimmung der adäquaten Therapie akuter ACG-Instabilitäten ist nach wie vor eine Herausforderung für das behandelnde medizinische Personal. Dieses Kapitel wird die möglichen Therapieformen und Behandlungsalgorithmen beschreiben und vergleichen.

1.4.1 Konservative Therapie

Insbesondere bei geringgradigen Verletzungen bietet sich eine konservative Therapie an, da eine ausreichende verbliebene Gelenkstabilität durch die intakten coracoclaviculären Bänder gegeben ist und so die Risiken einer operativen Therapie vermieden werden können.^[94,95] Es werden Verletzungsgrade I und II nach Rockwood üblicherweise konservativ therapiert und höhergradige Verletzungen mit Rockwood Grad IV-VI primär eher operativ therapiert, wobei sich auch hierbei nur eine relative Operationsindikation ergibt.^[24,96-99] Die Therapie von Rockwood Typ III Verletzungen ist noch immer Bestandteil wissenschaftlicher Diskussionen, wobei sich ein gewisser Konsensus, wie durch die International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopedic Sports Medicine (ISAKOS) dokumentiert, ablesen lassen kann: Es wird bei Rockwood Typ III Verletzungen anhand der horizontalen Instabilität in den Subtyp IIIa (stabil) und IIIb (instabil) unterschieden und Subtyp IIIa initial konservativ therapiert, während IIIb Subtypen primär eher eine operative Stabilisierung empfohlen wird (siehe Abbildung 6).^[47] Dennoch zeigen prospektiv-randomisierte Kontrollstudien und Meta-Analysen keinen Unterschied bezüglich der klinischen Entwicklung der Funktion, der Schmerzreduktion, der Kraft, der Wurffähigkeit und dem Auftreten einer acromioclaviculären Arthrose nach konservativer oder operativer Therapie der Typ III Verletzungen.^[100-103] Die operative Rekonstruktion zeigt beim Typ III bessere oder gleichwertige Ergebnisse bezüglich des kosmetischen Ergebnisses, aber einen längeren Arbeitsausfall und höhere Behandlungskosten.^[100,101,104,105]

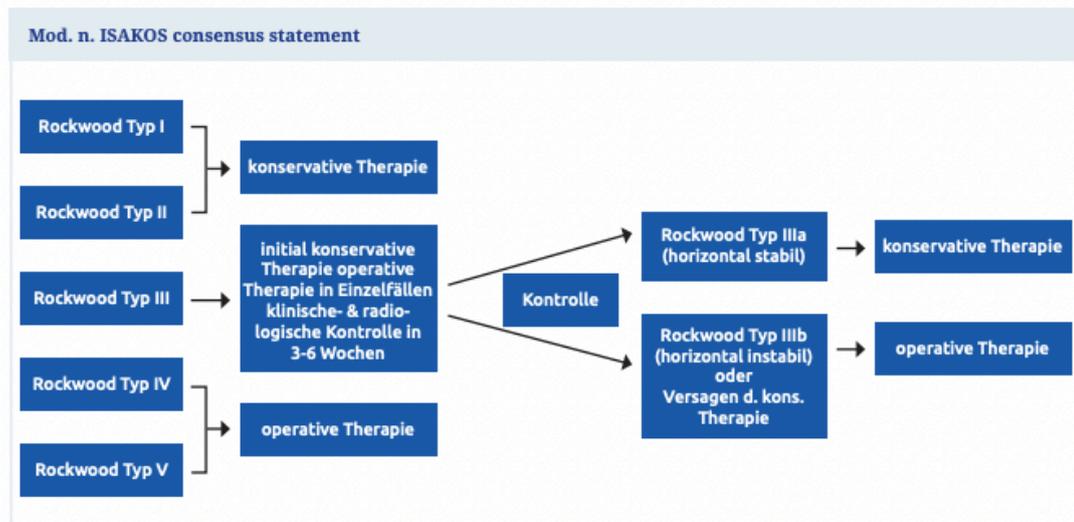


Abbildung 6: Modifizierter Behandlungsalgorithmus der ACG-Luxationstypen nach ISAKOS Konsensus und AGA-Komitee-Schulter-Instabilität^[47,106]

Die zusätzliche horizontale Instabilität wurde als unabhängiger Risikofaktor für ein schlechteres funktionelles Ergebnis beschrieben, jedoch sind diese Beobachtungen in der Literatur nicht eindeutig reproduzierbar und damit bleibt es weiterhin nicht eindeutig prognostizierbar, bei welchen Patienten der Langzeitverlauf symptomatisch bleiben wird.^[101,107,108] Das Phänomen der SICK Scapula wurde in chronischen ACG-Luxationen Rockwood Typ III in bis zu 58% der Fälle beschrieben.^[109] Die ISAKOS schließt die therapieresistente scapuläre Dysfunktion als Unterscheidungsmerkmal für die Behandlung von chronischen Rockwood Typ III Verletzungen mit ein.^[47]

Auch die Möglichkeiten einer konservativen Therapie der akuten Rockwood V Verletzung werden anhaltend wissenschaftlich untersucht und kontrovers diskutiert. Obwohl die gängige Therapieform in Europa mit der operativen ACG-Stabilisierung der Regel entspricht, wird im amerikanischen Raum nur in Ausnahmefällen eine primär operative Therapie durchgeführt, dies vermutlich wegen der besseren Verfügbarkeit von Sehnen-Allografts für eine etwaige Notwendigkeit einer ACG-Stabilisierung in der chronischen Situation.^[58,110,111] Aktuelle Studien zeigen, dass auch bei höhergradigen ACG-Instabilitäten (Typ III und V) kein eindeutiger Unterschied in der Schulterfunktion oder Patientenzufriedenheit 24 Monate nach konservativer Behandlung oder operativer Therapie, wie beispielsweise der Hakenplatte, dokumentiert werden kann.^[112,113] Dennoch werden reproduzierbar gute bis exzellente Ergebnisse nach operativer Stabilisierung hochgradiger ACG-Instabilitäten bei entsprechend selektiertem Patientengut berichtet.^[114-118]

In dem Entscheidungsprozess der Therapiewahl sollten neben dem Schweregrad der Verletzung auch die folgenden Kriterien berücksichtigt werden: Funktionsanspruch des Patienten bzgl. Alltag, Beruf und Sport, Patientenalter und Komorbiditäten, Dominanz der betroffenen Seite und der Gelenkstatus (acromioclaviculärer und gleno-humeraler Arthrosegrad).^[106]

Bei einer nicht-operativen Therapie erfolgt die Behandlung des Patienten im Sinne eines sog. *skillfull neglect*, wobei bewusst nicht die Pathologie direkt, sondern die Symptome der Akutphase mittels kurzfristiger Ruhigstellung, Kühlung des Gelenks mit Eis, Analgetika-Therapie und im Verlauf mit begleitender Physiotherapie der Bewegungs- und Kraftaufbau adressiert werden.^[96] Einheitliche Rehabilitationsprotokolle existieren nicht, vielmehr erfolgt eine Patienten-angepasste Rehabilitation, wobei eine Belastung und eine Bewegung über der Horizontalen (über 90° Abduktion/Flexion) in der Regel vermieden wird.^[119] Im Verlauf erfolgt der Beginn des Kraftaufbaus anhand der Annahme, dass der acromioclaviculäre

Bandapparat 12 Wochen nach traumatischem Ereignis ausgeheilt ist.^[57] Bezüglich einer Ruhigstellung der oberen Extremität zeigten sich sowohl nach redressierenden Tapeverbänden, als auch nach Immobilisation durch eine Orthese, dass eine radiologische Instabilität in fast allen Fällen persistiert.^[120,121] In einer randomisierten Studie, die die konservative Therapie mittels Redressions-Orthese oder entlastender Schlinge untersuchte, konnten keine Unterschiede in den klinischen Scores (SSV, ASES, Constant Score) oder in den radiologischen Verlaufskontrollen zwischen den Behandlungsmethoden festgestellt werden.^[122] Obwohl in Einzelfällen eine erfolgreiche radiologische Gelenkreposition nach Orthesenbehandlung dokumentiert werden konnte, ist ein standardmäßiger Einsatz von Orthesen in der konservativen Akutbehandlung von ACG-Luxationen in Anbetracht einer zu favorisierenden frühfunktionellen Rehabilitationen nicht eindeutig zu empfehlen.^[123]

1.4.2 Operative Therapie

Die operative Stabilisierung der ACG-Luxationen weist eine lange und vielfältige Geschichte auf, wobei die erste dokumentierte Stabilisierungstechnik im Jahr 1917 von Cadenat unter Verwendung des Lig. coracoacromialis als Bandersatz beschrieben wurde.^[38] Seitdem wurden über 100 verschiedene Operationstechniken zur ACG-Stabilisierung dokumentiert, obgleich existiert nach wie vor kein sog. Goldstandard und es werden auch in der aktuellen Praxis weiterhin noch eine Vielzahl an Techniken verwendet.^[47,124] Es existieren trans- und extraartikuläre Techniken mit Verwendung von unterschiedlichen Implantaten, sowie daraus entstehende Mischformen. Darüber hinaus existieren auch Stabilisierungstechniken, bei denen Sehnengrafts als Bandersatz der rupturierten coracoclaviculären Bänder zum Einsatz kommen. Da die Sehnengrafttechniken fast ausschliesslich nur bei chronischen ACG-Instabilitätspathologien zum Einsatz kommen, werden sie in diesen Abschnitt nicht weiter beschrieben.

1.4.2.1 Transartikuläre Techniken

Bei den transartikulären Techniken wird die Gelenkstabilisierung durch das acromioclaviculäre Gelenk hindurch fixiert, wie zum Beispiel durch Schrauben-, Draht- oder metallischer Cerclagenfixation. Bei acromioclaviculärer Zuggurtung mittels Kirschnerdrähten und metallischen Cerclagen entsteht ein Fixationssystem mit hoher Rigidität und somit auch eine extraanatomische Biomechanik mit reduzierter Beweglichkeit bis zur Arthrodesse des ACG.^[125,126] Die Plattenfixationssystemen, wie zum Beispiel die vorgeformten Hakenplatten von Balsler oder der Doppelplatte von Rahmzadeh, verwenden standardisierte Implantate.^[127,128] Das Implantatdesign der Hakenplatte wurde mehrfach verändert und entwickelte sich durch die relativ einfache Reproduzierbarkeit der Operationstechnik und der Ergebnisse zum am häufigsten verwendeten offenen Fixationssystem im deutschsprachigen Raum.^[99] Die Nachteile der Plattensysteme sind einerseits die Komplikationsrate wie z.B. die eingeschränkte frühe Bewegungsfähigkeit, das subacromiale Impingement, Rotatorenmanschettenläsionen und die zum Teil schwer adressierbaren Komplikationen wie die sekundäre Acromionerosion und -fraktur.^[129-131] Des Weiteren besteht ein Nachteil durch die Notwendigkeit eines frühzeitigen planmäßigen Zweiteingriffs zur Osteosynthesematerialentfernung nach 3-4 Monaten.

1.4.2.2 Extraartikuläre Techniken

Eine in der Vergangenheit gängige Therapie im amerikanischen Raum stellt die Bosworth-Schraube da, bei der durch eine einfache perkutane Bohrung das redressierte ACG mittels transclaviculärer und transcorticoidaler Schraubenfixation rigide stabilisiert wird.^[132] Hierbei handelt es sich ebenfalls um eine initial rigide, extraartikuläre Fixation des ACG, wodurch im Verlauf es jedoch zu Bewegungseinschränkungen bzw. Implantatlockerungen kommen kann. Wegen der Einschränkungen und insbesondere auf Grund des Progress der verfügbaren Techniken kommt die Bosworth-Schraube heutzutage praktisch nicht mehr zur Verwendung.^[99]

1.4.2.3 Arthroskopische und minimalinvasive Techniken

1.4.2.3.1 Operative Versorgung mittels PDS-Cerclage

Eine der weiterentwickelten offenen Techniken ist die Verwendung von nicht-rigiden, resorbierbaren Poly-p-dioxanon-sulfat (PDS) Cerclagen, welche als ring- oder achtförmige Schlinge um die Clavicula und den Proc. coracoideus geschlungen werden.^[130] Obwohl die Vorteile der Verwendung eines einzeitigen Operationsverfahrens, dem resorbierbarem Fadenmaterial und der Abwesenheit von störendem Osteosynthesematerial offensichtlich sind, zeigt die PDS-Cerclage eine geringere langfristige Korrektur des radiologischen coracoclaviculären Abstands, als es mit der Hakenplatte möglich ist.^[130] Die Verwendung eines Polyestertapes und zusätzlicher temporärer Kirschnerdraht Fixierung zeigte in einem kleinen Patientenkollektiv (n=16) exzellente klinische Ergebnisse nach 2 Jahren Nachuntersuchungszeitraum, wobei die radiologische coracoclaviculäre Distanz bei Patienten mit sportlicher Belastung postoperativ im Vergleich zur Gegenseite ebenfalls vergrößert war.^[133]

Die minimalinvasive Technik wurde initial von Wellmann et al. 2007 beschrieben und verwendete zwei metallische, kippbare Knopf-Implantate und eine doppelte PDS-Lasche, welche über ein Zielgerät subcoracoidal verankert wurden.^[134] Hierbei wurden ähnliche biomechanische Eigenschaft zur offenen PDS-Cerclage beschrieben mit ähnlich hohen Versagenslasten von 646 – 663 Newton (N).^[135]

1.4.2.3.2 Operative Versorgung mittels Tight-Rope® und Button-Systemen

Bei diesen Operationsverfahren zeigen sich vor allem bei den arthroskopischen Techniken eine deutliche Entwicklung in den letzten Dekaden.^[136] Durch die Vorteile des minimalinvasive Vorgehens und der Möglichkeit gleichzeitig Begleitverletzungen zu detektieren und zu adressieren, sind die arthroskopischen Techniken bei Schulter-spezialisierten Chirurgen am häufigsten in Verwendung.^[99] Die Gemeinsamkeit der im Fokus stehenden arthroskopischen Techniken sind verschiedene auf dem Markt erhältliche Flaschenzug-Systeme (z.B. dem Tight-Rope® System (TRS), Arthrex GmbH München), um den coracoclaviculären Abstand zur redressieren, vorläufig zu stabilisieren und die coracoclaviculären Bänder durch eine Art innere Schienung (im Englischen sog. *internal Bracing*) zur Ausheilung zu bringen. Die Tight-Rope Systeme verwenden transclaviculäre und transcoracoidale Bohrkanäle, um ein Flaschenzug-System durchzuschuttern, welches über metallische Implantate supraclaviculär und infracoracoidal verankert ist (vgl. Kapitel 2.4 Operative Techniken). Systematische Reviews und Meta-Analysen, welche die offene oder arthroskopische Operation mit Verwendung eines TRS untersuchten, beschreiben hierbei postoperativ bessere funktionelle Ergebnisse und weniger Schmerzen und gleichwertige radiologischen Reduktionsraten des ACGs und Operationszeit im Vergleich zur Verwendung von Hakenplatten.^[137-139] In biomechanischen Studien zeigt die Verwendung des TRS zur coracoclaviculären Stabilisierung eine hohe Primärstabilität und hohe Versagenslasten bis über 550 N.^[135,140] Um eine noch höhere Stabilität zu erreichen, wurden unterschiedliche additive Fixationstechniken untersucht, unter anderem mit Verwendung von zwei claviculären und zwei coracoidalen Bohrlöchern (Doppelbündel (DB)-Technik). Die DB-Technik zielt darauf ab, die anatomische Situation der beiden coracoclaviculären Bänder exakter rekonstruieren zu können. Hier zeigte sich in den *in vitro* Modellen eine gleichwertige bzw. teilweise höhere Festigkeit und höhere Versagenslastkräfte als die der nativen Bänder.^[141] Die DB-Technik zeigte den klinischen Resultaten gleichwertige gute Ergebnisse und in den radiologischen Untersuchungen eine niedrigere Rate an Dislozierung des coracoclaviculären Abstands im Vergleich zur Einzelbündeltechnik.^[107,142,143] Jedoch ist in biomechanischen Kadaverstudien aber auch in klinischen Studien eine verbleibende horizontale Instabilität festgestellt worden, welche durch eine alleinige coracoclaviculäre Stabilisierung nicht ausreichend genug adressiert wird.^[7,54,144-147] Auch aktuelle systematische Reviews kommen zu dem Schluss, dass die ideale Technik zur Rekonstruktion der coracoclaviculären und der acromioclaviculären Stabilität noch nicht entwickelt wurde.^[146,148] Somit besteht hierbei die Notwendigkeit durch vergleichende Studien neue Techniken zu entwickeln und

untersuchen, welche durch eine additive acromioclaviculäre Stabilisation das persistierende Problem der horizontalen Instabilität adressieren könnten. Aus diesem Grund wurde eine neue Studie konzipiert, die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt und evaluiert wurde.

2. Material und Methoden

2.1 Ziel der Studie

Ziel der Studie ist es, die technische Weiterentwicklung der bisher etablierten arthroskopischen Operationstechnik mittels zusätzlicher horizontaler Stabilisierung zur chirurgischen Behandlung von acromioclaviculären Gelenkluxationen anhand des Einflusses auf das postoperative klinische und radiologische Ergebnis zu untersuchen und mit einer Kontrollgruppe zu vergleichen.

2.2 Studiendesign

Beim Studiendesign handelt es sich um eine retrospektive Analyse von prospektiv erhobenen Datensätzen von 20 konsekutiven Patienten, die zwischen 08/2011 und 03/2014 operativ durch einen Operateur an einem Zentrum (ATOS Klinik München) eine ACG-Stabilisierung bei akuter ACG-Luxation erhalten haben und mittels zusätzlicher acromioclaviculärer Fadencerclage versorgt wurden (CC-AC-Gruppe). Im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie mit Matched-Pair-Analyse erfolgte der Vergleich zu einem historischen Patientenkollektiv eines weiteren Zentrums (ATOS Klinik Heidelberg) mit ebenfalls akuten ACG-Luxationen, wobei hier eine rein isolierte coracoclaviculäre ACG-Stabilisierung (CC-Gruppe) ohne zusätzliche acromioclaviculärer Fadencerclage durchgeführt wurde. Bezüglich Alter und Schweregrad erfolgte ein sog. Matching der CC-Gruppe, angelehnt an die epidemiologischen Daten (Alter, Geschlecht, Schweregrad der Verletzung, Verletzung der dominanten Seite) des Patientenguts der CC-AC-Gruppe. Bezüglich der radiologischen Nachuntersuchungen lag bei insgesamt 5 Patienten kein Einverständnis zur Durchführung der zusätzlichen Panorama-Aufnahmen und der Alexander-Aufnahmen vor, so dass sich ein radiologisches Follow-Up von 88% ergibt. Die klinische Nachuntersuchungsrate liegt bei 100%.

2.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Gemäß der Einschlusskriterien wurden nur Patienten mit akuter ACG-Luxation eingeschlossen, welche innerhalb der akuten Phase (innerhalb 3 Wochen) operativ stabilisiert wurden, mindestens 18 Jahre alt waren und keine Voroperationen der Schulter aufwiesen. Patienten mit neurologischen Vorerkrankungen, mit Rentenbegehren, mit ACG-Verletzung der Gegenseite und dadurch einschränkbarer Beurteilbarkeit der Messungen und Patienten ohne Einwilligung, an den regulären Verlaufskontrollen teilzunehmen, wurden exkludiert.

2.3 Epidemiologische Daten des Patientenguts

In Tabelle 3 sind die epidemiologischen Daten des Patientenguts aufgezeigt und die beiden zu vergleichenden Kohorten gegenübergestellt. Es zeigten sich in allen Fällen akute, hochgradige (Rockwood Typ IV und V) ACG-Verletzungen. Alter, Geschlechterverteilung, Armdominanz, Verletzungsmechanismus und Begleitverletzungen zeigten keine signifikant unterschiedlichen Verteilungsmuster zwischen den Kohorten ($p > 0.05$). Der Nachuntersuchungszeitraum lag im Mittel bei CC-/AC-Stabilisierung bei 15 Monaten, während die Vergleichsgruppe mindestens 3-Jahresergebnisse aufweisen konnte.

2.4 Verletzungsmechanismen

Die Verletzungsmechanismen der Gruppen zeigten ähnliche Verteilungen, wobei die überwiegende Anzahl an ACG-Luxationen bei sportlichen Aktivitäten entstanden sind. Es wurden zudem eine geringere Anzahl an Verkehrsunfällen beobachtet, wobei die Trennschärfe nicht immer eindeutig ist. Bei genauerer Betrachtung der 17 Sport-assoziierten ACG-Luxationen in der Gruppe CC-AC zeigten sich 7 Stürze beim Fahrradfahren. Insgesamt konnte jedoch ein typisches Verteilungsmuster mit überwiegend Sportverletzungen identifiziert werden.^[35,36]

Die verletzte Seite zeigte ein ähnliches Distributionsmuster zwischen den Gruppen, auch bezüglich der Verletzung der dominanten Seite. Es zeigten sich vergleichbare Anzahlen und Arten an intraoperativ verifizierten Begleitpathologien mit tendenziell mehr Begleitverletzungen in der CC-/AC-Gruppe, jedoch ohne statistische Signifikanz ($p=0,202$). Am häufigsten wurden in beiden Gruppen Zusatzverletzungen der Sehnen, entweder der langen Bizepssehne (10 bzw. 2 Fälle) oder der Rotatorenmanschette (7 bzw. 3 Fälle), beobachtet. Zusätzliche Interventionen erfolgte in beiden Gruppen mittels LBS-Tenodese oder Akromioplastik. Rotatorenmanschetten-Rekonstruktionen mussten in beiden Gruppen bei keinem Patienten als zusätzlicher Teileingriff durchgeführt werden.

	CC- und AC-Stabilisierung	CC-Stabilisierung	p-Wert
ACG - Verletzungstyp (klassifiziert nach Rockwood)			
Typ IV	3	0	0,083
Typ V	17	20	
Alter (Durchschnitt \pm SD, in Jahren)	39,9 \pm 11,8	39,8 \pm 11,7	0,917
Geschlecht			
Frauen	3	2	0,655
Männer	17	18	
Nachuntersuchungszeitraum (Durchschnitt \pm SD, in Monaten)	15,3 \pm 8,2	55,1 \pm 18,6	< 0,001
Verletzte Seite			
Rechts	13	10	0,157
Links	7	10	
Verletzung der dominanten Seite	55%	50%	0,383
Verletzungsmechanismen			
Sportverletzung	17	17	0,739
Verkehrsunfall	2	3	
Körperlicher Angriff	1	0	
Patienten mit Begleitpathologien	10	6	0,202
Glenoidale Chondropathie	1	0	
Fraktur des Acromions	1	0	
Outlet-Impingement	2	1	
Pulley-Läsion	7	0	
SLAP-Läsion	3	2	
Subscapularissehnenläsion	2	0	
Supraspinatussehnenläsion	5	3	

Tabelle 3: Epidemiologische Daten des Patientenguts der CC-AC Gruppe und der CC Gruppe

2.5 Operative Techniken

Die Operationen wurden durch insgesamt zwei Schulter-spezialisierte orthopädische Chirurgen an jeweils zwei unterschiedlichen Zentren durchgeführt, wobei in jedem Zentrum nur eine Operationstechnik angewendet wurde. Die ersten Operationsschritte sind bei beiden Verfahren im Ablauf identisch. Die Operationen werden in Allgemeinanästhesie mit zusätzlicher Interskalenus-Plexusanästhesie operiert. Der Patient bzw. die Patientin wird in der sog. Beach-Chair-Lagerung positioniert und die Schulter steril abgewaschen und zirkulär abgedeckt. Nach Anzeichnen der knöchernen Landmarken erfolgt das Einbringen der 4mm 30°-Arthroskopie-Optik über ein posteriores Standardportal zur Durchführung einer diagnostischen Arthroskopie und Bursoskopie. Wenn Zusatzschritte bei festgestellten Begleitpathologien notwendig sind, so werden diese initial durchgeführt.

Nun wird nach Anlage eines suprabicipitalen Arthroskopie-Portals und eines antero-inferioren Arbeitsportals das Weichteilgewebe im Intervallbereich reseziert, um einen adäquaten Zugang auf das Coracoid zu gewährleisten. Anschließend erfolgt die Feinpräparation mit Darstellung der Coracoidunterfläche mittels bipolarem Elektrokauter. Nachdem das Coracoid von den Weichteilen befreit ist, werden die mediale und laterale Begrenzungen visualisiert. Eine supraclaviculäre horizontale Inzision von 3 bis 4 cm wird über dem lateralen Ende der Clavicula durchgeführt und die kraniale Fläche der Clavicula dargestellt. Unter arthroskopischer und unter Bildwandler-Kontrolle erfolgt nun die Platzierung des ACG-Zielinstrumentariums, sowie die AC-Gelenkreposition mit kaudalem Redressieren der lateralen Clavicula. Das ACG-Zielgerät wird eingerastet und dient als gleichzeitige Repositionshilfe. Nun wird ein 2,4mm dicker Führungsdraht in der Verlaufsrichtung des Ligamentum conoideum transclaviculär und transcoracoidal in die Basis des Coracoids gebohrt und unter arthroskopischer Kontrolle wird das zentrale Austreten des Führungsdrahtes dokumentiert. Im Anschluss wird der Führungsdraht mittels 4mm kanüliertem Bohrer überbohrt und nach Rückzug des Führungsdrahtes erfolgt ein anterogrades Durchziehen einer metallischen Nitinol-Führungsschleufe. Diese wird mittels arthroskopischer Fassung durch das antero-inferiore Portal nach ventral ausgeführt. Über die Führungsschleufe wird nun das TRS, welches mit einem Fiber Tape® armiert wurde, retrograd eingezogen und unter arthroskopischer Visualisierung wird die korrekte und stabile Lage des ersten Endobuttons an der medialen Wand unter Coracoidunterfläche verifiziert. Kranial wird nun das erste runde Titanplättchen durch das TRS straff auf die Clavicula aufgeknüpft unter nochmaliger Bildwandlerkontrolle der weiterhin anatomischen Reposition des ACG. Somit ist das mediale Bündel zur Rekonstruktion des Lig. conoideum fertiggestellt. Analog zum ersten Bündel erfolgt die laterale Rekonstruktion des Lig. trapezoideum. Nach Positionierung des Führungsdraht erfolgt die Überbohrung und anschließend das Durchziehen und Abknüpfen des lateralen Bündels. Somit ist die coracoclaviculäre Rekonstruktion abgeschlossen.

In der konventionellen Technik der Vergleichsgruppe werden die überstehenden Fadenenden nun gekürzt und die ACG-Stabilisierung ist beendet.

In der Studienpopulation mit additiver acromioclaviculärer Stabilisierung zur Rekonstruktion der horizontalen Stabilisatoren (Gruppe CC-AC), wird nun im Subacromialraum die Bursa reseziert und das Acromion von kaudal präpariert und visualisiert. Unter arthroskopischer Kontrolle erfolgen nun zwei parallele, vertikale Bohrungen der Stärke 2,4 mm durch das Acromion, ca. 5 mm lateral des AC-Gelenks und mit ca. 15 mm Abstand voneinander in sagittaler Richtung. Es werden die Schenkel eines Fadenpaares der coracoclaviculären Cerclage nun subkutan über das AC-Gelenk nach lateral geführt und mittel Fadenschlinge jeweils durch die beiden Bohrkanäle im Acromion durchgezogen. Anschließend wird ein Knoten kranial auf das AC-Gelenk gesetzt und die acromioclaviculäre Faden-Zuggurtung händisch festgezogen. Somit entsteht eine suffiziente Primärstabilität durch doppelte, coracoclaviculäre und acromioclaviculäre, Rekonstruktion mittels TRS in Doppelbündeltechnik (siehe Abbildung 7).

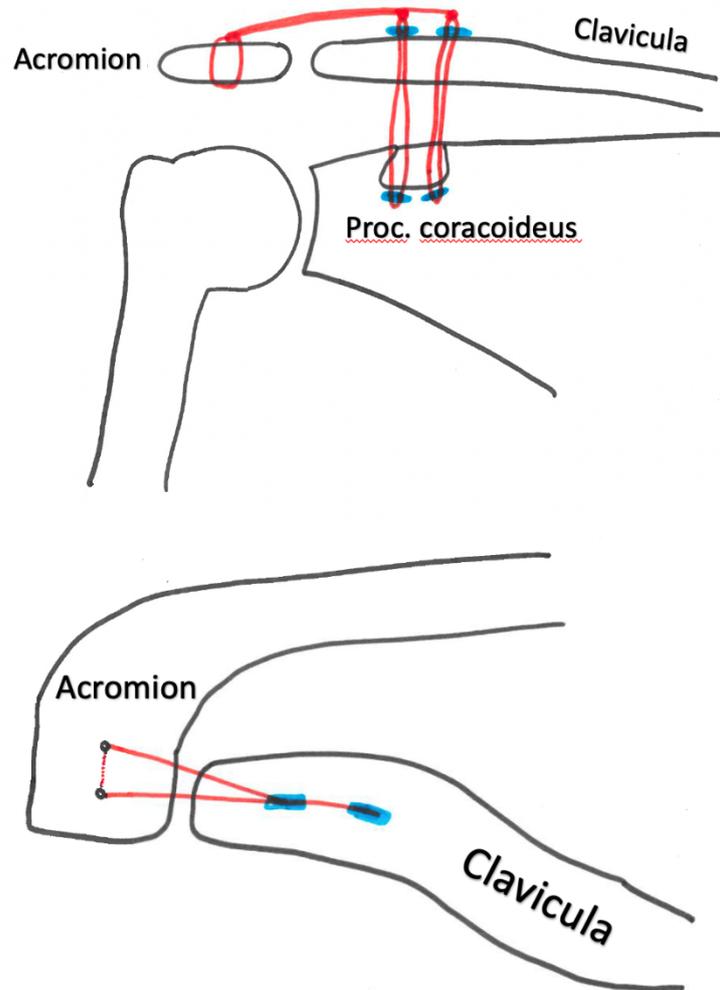


Abbildung 7: Schematische Darstellung der kombinierten coracoclaviculären und acromioclaviculären Stabilisierungstechnik der CC-AC Gruppe mittels Fadencercle (rot) und Titanplättchen-Implantaten (blau)

2.6 Postoperative Nachbehandlung

Die postoperative Nachbehandlung erfolgte mittels Immobilisation in einer Abduktionsorthese für 6 Wochen, wobei longitudinal gerichtete Zugkräfte entlang der Achse des Arms vermieden werden sollten. Es wurden nur passive Bewegung bis zu 90° Flexion- und Abduktionslimiten erlaubt, bei freien passiven gleno-humeralen Rotationsbewegungen. Nach Entfernung der Abduktionsorthese wurden freie aktive-assistive und unbelastete aktive Bewegungen unter physiotherapeutischer Anleitung begonnen. Die Bewegung erfolgte nur mittels Eigengewicht des Arms und ohne zusätzliche belastende Zugkräfte des Arms für insgesamt 10 Wochen. Zudem wurden in dieser Zeit nur rein isometrische Kraftaktivierungen erlaubt. Ein freier Bewegungsradius wurde üblicherweise nach ungefähr 3 Monaten erreicht, danach wurde mit sukzessiven isokinetischen Kraftübungen bis maximal 4 Kilogramm in den darauffolgenden 2 Wochen begonnen. Die offizielle Freigabe zur Rückkehr zu Sportaktivitäten, bei denen die Schulter involviert ist, erfolgte erst zwischen 5 und 6 Monaten postoperativ.

2.7 Klinische Evaluation

Die klinische Evaluation zur Dokumentation von Kraft und Bewegungsumfang im Rahmen der postoperativen Nachkontrollen erfolgte anhand mehrerer international etablierter Schulter-Scores und einem klinik-internen Untersuchungsbogen, welche im Folgenden vorgestellt werden. Die präoperative Evaluation umfasste hauptsächlich die Diagnosestellung im Rahmen der standardisierten radiologischen Untersuchungen. Auf eine standardisierte Erfassung klinischer Scores wurde präoperativ im akut-traumatologischen Setting verzichtet.

2.7.1 Constant Score (CS)

Einen Teil der klinischen Evaluation erfolgte anhand des Constant Scores, bzw. Constant-Murley-Scores, welcher 1987 von Constant und Murley etabliert wurde und die Schulterfunktion in den folgenden Dimensionen dokumentiert und insgesamt max. 100 Punkten bewertet: Schmerz (max. 15 Punkte), Aktivitäten des täglichen Lebens (max. 20 Punkte), Bewegungsausmaß (max. 40 Punkte) und Kraftentwicklung (max. 25 Punkte).^[149] Der Score wurde nach wissenschaftlichen Diskussionen über die Genauigkeit der Reproduzierbarkeit in 2008 revidiert und sieht bezüglich der Kraftmessung mittels Waage am Handgelenk und eine Abduktionsposition der Schulter von 90° vor.^[150] Unter diesen genannten Voraussetzungen wurde die Kraftmessung innerhalb der Studie standardisiert durchgeführt mittels fixiertem, elektronischen isometrischen Dynamometer vom Typ Isoforce (Medical Device Solutions AG, Oberburg, Schweiz). Für die Messung des funktionellen Ergebnisses ist der Constant-Score der mitunter am häufigsten verwendete Score (96,9%) bei Studien zur Untersuchung der Behandlung von ACG-Instabilitäten.^[151]

2.7.2 Subjective Shoulder Value (SSV)

Der Subjective Shoulder Value (SSV) nach Gerber stellt einen einfach durchzuführenden, validierten Score dar, um die Gesamtfunktion der Schulter subjektiv einschätzen zu lassen.^[150] Hierbei stellt der Untersucher die Frage, was der prozentuale Gesamtwert der Schulter sei, wenn eine komplett normale Schulter 100% darstelle. Der SSV wird in Prozent evaluiert und ist ein Score, der für Rotatorenmanschettenläsionen, O-marthrosen und Schulterinstabilitäten validiert wurde.^[150] Der SSV stellt jedoch keinen ACG-spezifischen Score dar.

2.7.3 American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Score

Die Amerikanische Gesellschaft für Schulter und Ellbogen Chirurgie (ASES) hat einen validierten, standardisierten Score mit 10 Elementen zur Beurteilung der Schulterfunktion und des Schulterschmerzes entwickelt.^[152,153] Der Schmerz wird über eine visuelle analoge Skala (VAS) erfasst und macht 50% des Gesamtwerts des ASES Score aus. Die übrigen 50% werden durch Antworten auf 10 Fragen mit jeweils 4 Graduierungen über die mögliche Schulterfunktion in alltäglichen Situationen bestimmt. Schmerz und Schulterfunktion werden summiert und kreieren ein Ergebnis auf einer Skalierung von 0-100 Punkte, wobei hohe Werte weniger Schmerz und ein höheres Niveau an Schulterfunktion anzeigen. Der ASES Score stellt ebenfalls keinen ACG-spezifischen Score dar.

2.7.4 Acromioclavicular Joint Instability (ACJI) Score

Der ACJI Score nach Scheibel ist ein validierter und spezifischer Score für die acromioclaviculären Instabilitätsverletzungen.^[107] Die Skalierung erfolgt von 0-100 Punkten und umfasst die Dimensionen Schmerz (20 Punkte), Alltagsaktivitäten (10 Punkte), Kosmetik (10 Punkte), Funktion (25 Punkte) und eine radiologische Evaluation der Stabilität und etwaiger posttraumatischer AC-Gelenkarthrose (35 Punkte). Somit stellt er keinen reinen klinischen Score dar und benötigt zusätzlich die konventionell-radiologischen

Aufnahmen mit belasteter beidseitiger Panorama-Aufnahme und bilateralen Alexander-Aufnahmen.^[107]

2.7.5 Taft Score

Der Taft Score ist ebenfalls ein validierter und spezifischer klinisch-radiologischer Score für die acromioclaviculären Instabilitätsverletzungen.^[154] Der Taft Score beschreibt drei Dimensionen mit subjektiver Einschätzung, objektiver Einschätzung und radiologischer Evaluation mit jeweils bis zu 4 Punkten und insgesamt 12 Punkten als Maximalzahl (bestes Ergebnis).^[154] Die subjektive Evaluation umfasst Schmerz und Steifigkeitsgefühl bei unterschiedlichen Aktivitätsniveaus. In der objektiven Evaluation werden die Bewegungsgrade und Kraftentwicklung untersucht und in Verhältnis zur Gegenseite bewertet. Zusätzlich werden der ACG-Druckschmerz, Krepitationsgeräusche und ein schlechtes kosmetisches Ergebnis als jeweils ein negativer Punkte vom Endergebnis abgezogen. Die radiologische Evaluation untersucht die vertikale Stabilität des ACG und eine etwaige posttraumatische ACG-Arthrose.

2.7.6 Untersuchungsbogen nach Tauber

Der ACG-Untersuchungsbogen nach Tauber (siehe Anhang A) ist kein wissenschaftlich-validierter Score-Untersuchungsbogen, sondern eine Zusammenfassung der oben genannten Scores (CS, SSV, ASES Score, ACJI Score und Taft Score), einer Evaluation der Patientenzufriedenheit bezüglich Kosmetik und Funktion, des Schmerzes, sowie zusätzlicher Anamnesefragen bezüglich des Rehabilitationsverlaufs und des bisher durchgeführten Sportprofils.

2.8 Radiologische Evaluation

Die radiologische Evaluation erfolgte standardmäßig präoperativ und unmittelbar postoperativ in allen Fällen, sowie zu den Nachuntersuchungszeitpunkten nach 6 und 12 Wochen und im Rahmen der Abschlussuntersuchung, wenn das Einverständnis der Patienten vorhanden war. Es wurden standardmäßig belastete Schulterpanoramaaufnahmen mit 10 kg Längszug der oberen Extremitäten und gleichzeitiger Darstellung beider AC-Gelenke durchgeführt.^[48] Zusätzlich erfolgten konventionell-radiologische Alexander-Aufnahmen beider Schultern präoperativ und der operierten Seite postoperativ zur Evaluation der horizontalen Stabilität.^[82] Neben der Evaluation der vertikalen und horizontalen Stabilität und den Messungen des CC- und AC-Abstands, erfolgte die Beobachtung etwaiger aufgetretener heterotoper Ossifikationen zwischen Clavicula und Coracoid bzw. periartikulär um das AC-Gelenk. Die CC- und AC-Distanzmessungen und die Evaluation der vertikalen Stabilität erfolgten auf der Panoramaaufnahme. Die horizontale Stabilität des ACG wurde anhand der Alexander-Aufnahmen evaluiert. Zusätzlich wurden Veränderung der Lageposition der eingebrachten Endobuttons und Titanplättchen beobachtet und bei Verschiebung von mehr als 2 mm als Implantatmigration dokumentiert. Die CC-Distanzmessung erfolgte als vertikale Linie vom höchsten Punkt der Coracoidbasis zur inferioren Kortikalis des Clavicula. Die AC-Distanzmessung wurde als horizontale Linie zwischen dem lateralen Ende der Clavicula und der medialen Begrenzung des Acromions vorgenommen. Die Evaluation der horizontalen Instabilität erfolgte anhand einer Graduierung in stabil, subluxiert und luxiert wenn die laterale Clavicula eine antero-posteriore Translation von weniger als 50%, 50-100% oder über 100% der Clavicularschafthbreite im Vergleich zu Gegenseite aufwies. Eine vertikale Instabilität wurde anhand der coracoclaviculären Distanzmessung und in prozentualer Differenz zur Gegenseite evaluiert. Ein Repositionsverlust als Versagen der vertikalen Stabilität wurde ab einer 25-100 prozentigen CC-Distanzvergrößerung (entsprechend Rockwood Typ III) gewertet.

2.9 Datenmanagement

Die Programmier-Software Python wurde ausgewählt, um Datensätze vereinzelt und vergleichend statistisch zu analysieren. Insbesondere wurde Python im Vergleich zu anderen gängigen Softwarelösungen wie SPSS präferiert, da Python mehr Flexibilität, Automatisierung, Dokumentation und somit Reproduzierbarkeit und auch Automatisierungsprozesse ermöglicht. Zudem kann der Analyseprozess detailliert dokumentiert und nachvollzogen werden, was zur Reproduzierbarkeit der Studienergebnisse und zur wissenschaftlichen Integrität und Transparenz beiträgt.

Für die Analyse mit Python wurden verschiedene Pakete eingebunden, um eine umfassende Datenverarbeitung und statistische Auswertung zu ermöglichen. Zusätzlich kamen die Bibliotheken Matplotlib, NumPy und Pandas zum Einsatz im Bereich der Datenbearbeitung. Matplotlib wurde verwendet, um Diagramme und Visualisierungen zu erstellen, während NumPy und Pandas für die Handhabung und Bearbeitung von Datenstrukturen genutzt wurden. Im Hinblick auf statistische Methoden wurden spezifische Pakete aus der SciPy-Bibliothek verwendet. Die Importanweisungen für die statistischen Methoden umfassen das allgemeine SciPy-Statistikmodul sowie spezifische Funktionen wie der Wilcoxon und Mann-Whitney-U Testung. Diese Funktionen ermöglichten, die in Abschnitt 2.10 beschriebenen statistischen Auswertungen im Rahmen der Studie. Jede Phase der Datenbearbeitung und Auswertung wurde sorgfältig dokumentiert und ist im Anhang A beschrieben. Die Transparenz und Reproduzierbarkeit der Studie wurden durch diese detaillierte Dokumentation sichergestellt.

2.10 Statistische Auswertung

In der vorliegenden Studie wurden zwei ähnliche statistische Methoden gewählt, um die in Abschnitt 2 beschriebenen Kohorten zu vergleichen: der Wilcoxon-Test und der Mann-Whitney-U-Test.^[155,156] Im weiteren wird kurz auf die einzelnen Methoden eingegangen und ihre einzelne Angemessenheit und gemeinsame Verwendung diskutiert.

Der Wilcoxon-Test, auch als Wilcoxon-Vorzeichen-Rangsummen-Test bekannt, ist ein nicht-parametrischer Test, der darauf abzielt, festzustellen, ob es signifikante Unterschiede zwischen gepaarten Beobachtungen gibt, ohne die Annahmen normalverteilter Daten zu erfüllen. Dieser Test ist besonders geeignet, wenn die Daten ordinal oder nicht normalverteilt sind. Ein weiterer Grund für die Auswahl des Wilcoxon-Tests liegt in seiner Robustheit gegenüber Ausreißern. Zudem eignet sich der Test für kleinere Stichproben, wie es in dem vorliegenden Studiendesign der Fall war.

Zusätzlich wurde in der vorliegenden Arbeit eine Vergleichsanalyse der Stichproben mittels des Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt. Der Mann-Whitney-U-Test ist ein weiterer nicht-parametrischer Test, der darauf abzielt, Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben zu identifizieren. Im Rahmen dieser Methode wurden die Ränge der kombinierten Daten beider Gruppen betrachtet, und der Test bewertet, ob die Wahrscheinlichkeit, dass eine zufällig ausgewählte Beobachtung aus der einen Gruppe größer ist als aus der anderen, signifikant ist. Dieser Test wurde gewählt, da er robust gegenüber Abweichungen von der Normalverteilung ist und auch bei kleineren Stichproben anwendbar ist. Des Weiteren eignet sich der Mann-Whitney-U-Test besonders für ordinale oder nicht normalverteilte Daten. Im Vergleich zum Wilcoxon-Test, der auf paarweise verbundenen Stichproben abzielt, unterscheidet sich der Mann-Whitney-U-Test dadurch, dass er für unabhängige Stichproben verwendet wird, was eine breitere Anwendungspalette in der statistischen Analyse ermöglicht.

Für alle durchgeführten statistischen Evaluationen wurde vorab das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$ (0,05) festgelegt. Wenn die ermittelte Signifikanz (p-Wert) dem Signifikanzniveau gleich oder unterhalb dessen lag, so wurde das Ergebnis als statistisch signifikant gewertet.

3. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die klinischen und radiologischen Ergebnisse aufgezeigt (vgl. Tabelle 4), wobei es zu beachten gilt, dass der ACJI und der Taft Score eine gemischt klinische und radiologische Evaluation darstellen.

3.1 Klinische Ergebnisse

3.1.1 Klinische Scores

Die klinische Selbsteinschätzung der Patienten bezüglich ihrer subjektiven Wahrnehmung der Schulterfunktion im SSV zeigte eine annähernd gleiche Evaluation in den beiden Gruppen ohne statistisch signifikanten Unterschied zwischen der CC-AC-Stabilisierung und der reinen CC-Stabilisierung mit 91,2 respektive 91,6 Punkten ($p=0,793$). Eine ähnliche Verteilung zeigt sich beim Constant Score, wobei hier ebenfalls ein ähnliches klinisches Ergebnis dokumentiert werden kann mit 89,4 bzw. 92,3 Punkten ($p=0,202$) (siehe Abbildungen 8 und 9). Die Schmerzkontrolle im Bereich der Schulter und die Empfindlichkeit des AC-Gelenks zeigten im ACJI Sub-Score in beiden Gruppen im Mittel sehr gut bis exzellente Ergebnisse mit 17,2 (CC-AC) und 18,9 Punkten ($p=0,207$), ohne einen statistisch signifikanten Unterschied. Der ASES Score wurde nur in einem Zentrum erhoben und dokumentierte ebenfalls eine exzellente Wiederherstellung der Schulterfunktion bei Patienten mit CC-AC-Stabilisierung mit durchschnittlich 97,4 Punkten (SD $\pm 2,7$).

	CC- und AC-Stabilisierung	CC-Stabilisierung	p-Wert
Postoperativer ACJI Score (Punkte)	86,1 \pm 11,7	77,1 \pm 8,9	0,018
ACJI Sub-Score Schmerz (Punkte)	17,2 \pm 3,9	18,9 \pm 2,7	0,207
ACJI Sub-Score Alltagsaktivitäten (Punkte)	9,7 \pm 1,2	10,0 \pm 0,0	0,317
ACJI Sub-Score Kosmetik (Punkte)	7,2 \pm 3,9	5,6 \pm 4,5	0,207
ACJI Sub-Score Bewegung (Punkte)	9,4 \pm 1,6	9,4 \pm 1,6	1,000
ACJI Sub-Score Kraft (Punkte)	14,4 \pm 1,6	12,8 \pm 3,5	0,107
ACJI Sub-Score radiolog. Evaluation (Punkte)	28,1 \pm 7,8	20,4 \pm 7,0	0,008
Postoperativer Taft Score (Punkte)	11,0 \pm 1,4	10,1 \pm 1,1	0,049
Taft Sub-Score Schmerz (Punkte)	3,6 \pm 0,8	3,8 \pm 0,4	0,405
Taft Sub-Score Funktion (Punkte)	3,9 \pm 0,4	3,2 \pm 0,8	0,008
Taft Sub-Score radiolog. Evaluation (Punkte)	3,6 \pm 0,6	3,1 \pm 0,3	0,013
Postoperativer ASES Score (Punkte)	97,4 \pm 2,7	-	-
Postoperativer SSV (in %)	91,2 \pm 8,0	91,6 \pm 11,2	0,793
Postoperativer Constant Score (Punkte)	89,4 \pm 6,7	92,3 \pm 6,1	0,202
Postoperatives Abduktionskraftdefizit (im Verhältnis zur Gegenseite)	3,7 % \pm 11,8	6,3 % \pm 10,2	0,498
Postoperative Evaluation: vertikale Stabilität			
Postoperative CC Distanz, in mm			
Operierte Seite	12,1 \pm 3,5	15,1 \pm 3,1	
Gegenseite	9,9 \pm 2,2	12,0 \pm 2,5	
Differenz (Operierte Seite vs. Gegenseite)	+20,6 % \pm 19,5	+27,9 % \pm 24,0	0,302
Postoperative AC Distanz, in mm			
Operierte Seite	7,1 \pm 3,4	7,2 \pm 3,8	
Gegenseite	4,7 \pm 2,0	5,1 \pm 2,2	
Differenz (Operierte Seite vs. Gegenseite)	+77,2% \pm 10,1	+45,5% \pm 75,6	0,264
Postoperative Evaluation: horizontale Stabilität			
Anatomische Reposition	11 (61,1%)	2 (11,1%)	
Subluxation	5 (27,8%)	12 (66,6%)	
Luxation	2 (11,1%)	4 (22,2%)	
Fehlende radiologische Aufnahmen	2 (11,1%)	2 (11,1%)	
Heterotope Ossifikationen	55%	25%	0,811
Implantatmigration	6%	44%	0,008

Tabelle 4: Vergleich der klinischen und radiologischen Ergebnisse zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung

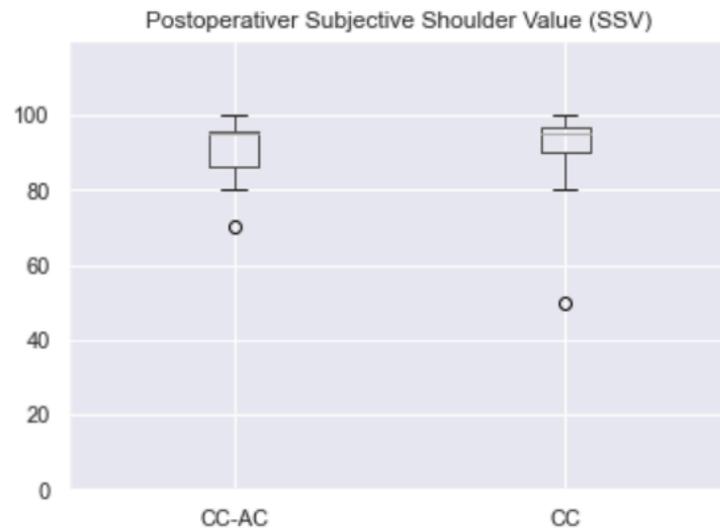


Abbildung 8: Vergleich der klinischen postoperativen Ergebnisse mittels Subjective Shoulder Value (SSV) zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung ($p=0,793$)

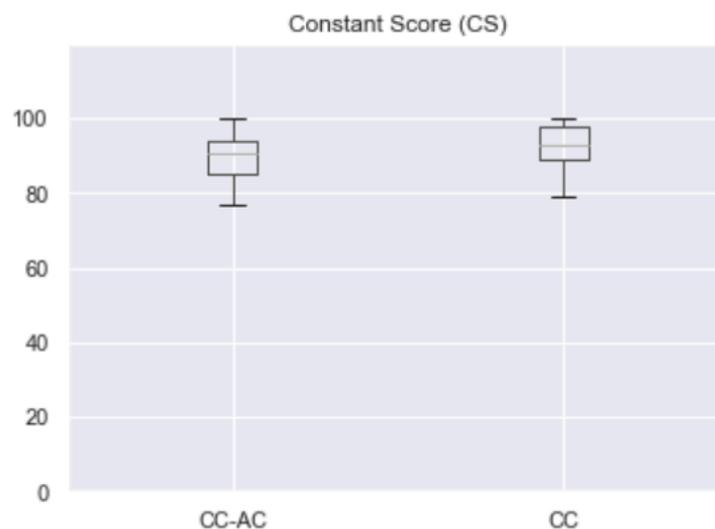


Abbildung 9: Vergleich der klinischen postoperativen Ergebnisse mittels Constant Score (CS) zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung ($p=0,202$)

3.1.2 Kraftentwicklung

Die postoperative Kraftentwicklung zeigte in den Nachuntersuchungen ein durchschnittliches residuales Defizit von 3,7% respektive 6,3% zur gesunden Gegenseite, ohne signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,498$).

Der klinische Subscore zur Kraftentwicklung im ACJI Score zeigte ebenfalls keine signifikante Differenz im Gruppenvergleich (14,4 und 12,8 Punkte, $p=0,107$). Die Kraftangaben aus dem Constant Score konnten nicht verglichen werden, da in der CC Gruppe nur der Gesamtwert des Constant Score vorlag. Im Taft Subscore, der die kombinierten Defizite der Kraftentwicklung und Bewegung evaluiert, zeigten sich signifikante Unterschiede: die CC-AC Gruppe erreichte im Durchschnitt 3,9 ($\pm 0,4$) Punkte, wobei die CC Gruppe 3,2 ($\pm 0,8$) Punkte erzielte ($p=0,008$).

3.2 Radiologische Ergebnisse

3.2.1 Klinisch-radiologische Scores

Die Auswertungen der ACJI Scores (siehe Abbildung 10) zeigten eine statistische Signifikanz für ein höheres Gesamtergebnis mit $86,1 (\pm 11,7)$ Punkten bei der CC-AC Gruppe in Gegenüberstellung zu $77,1 (\pm 8,9)$ Punkten der CC Gruppe ($p=0,018$ Wilcoxon-Test; $p=0,019$, Mann-Whitney-U-Test). Alle untersuchten klinischen Sub-Scores des ACJI Scores bezüglich Schmerzen, Alltagsaktivitäten, kosmetischer Evaluation, Bewegung und Kraft zeigten keine statistisch signifikanten Ergebnisse zwischen den beiden Gruppen ($p>0,107$). Einzig die radiologische Evaluation zeigte einen Unterschied zwischen den Gruppen mit einem statistisch signifikant höherem Punkteergebnis in der CC-AC Gruppe ($28,1 \pm 7,8$ bzw. $20,4 \pm 7,0$ Punkte, $p=0,013$).

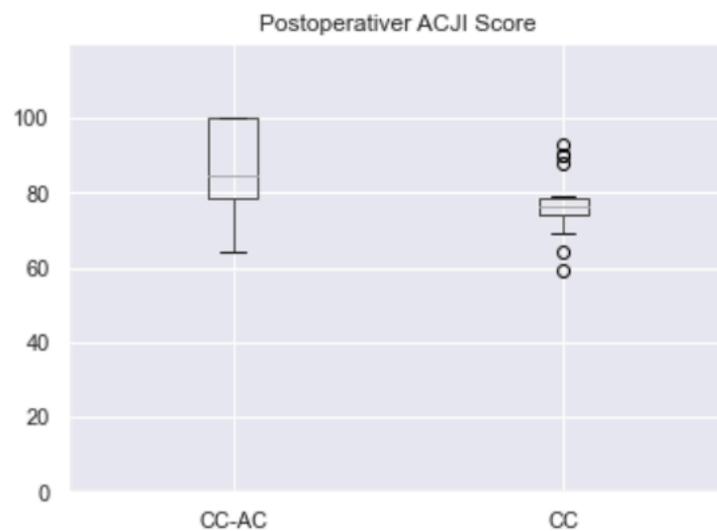


Abbildung 10: Vergleich der klinisch-radiologischen postoperativen Ergebnisse mittels ACJI Score zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung ($p=0,018$)

Der untersuchte klinisch-radiologische Taft Score (siehe Abbildung 11) zeigte ein insgesamt höheres Gesamtergebnis mit einem durchschnittlichen Wert von $11,0 (\pm 1,4)$ Punkten in der CC-AC Gruppe im Vergleich zur isolierten CCGruppe mit $10,1 (\pm 1,1)$ Punkten wobei die statistische Signifikanz knapp erreicht wurde ($p=0,049$, Wilcoxon-Test; $p=0,011$, Mann-Whitney-U-Test). Bei Betrachtung des Taft Subscores zur radiologischen Evaluation konnte ein besseres Ergebnis in der CC-AC Gruppe beobachtet werden ($3,6 \pm 0,6$ Punkte vs. $3,1 \pm 0,3$ Punkte, $p=0,013$). Auch der Taft Subscore zur Schulterfunktion zeigte höhere Werte in der CC-AC Gruppe ($3,9 \pm 0,4$ Punkte vs. $3,2 \pm 0,8$ Punkte, $p=0,008$). Im Taft Schmerz Subscore zeigt sich jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($p=0,405$).

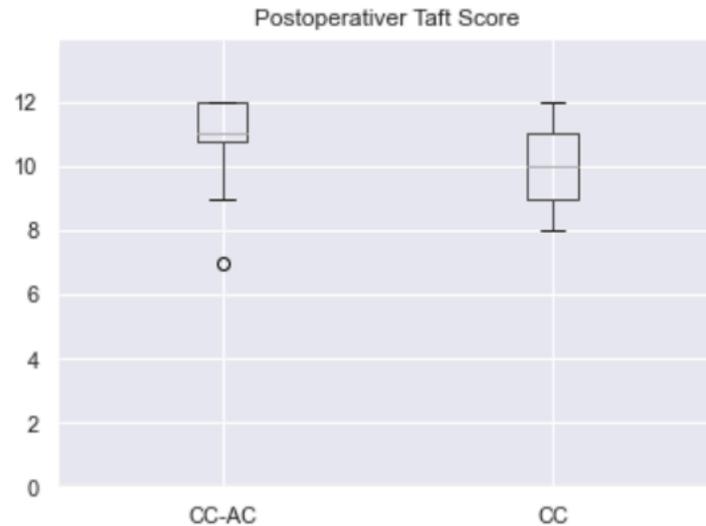


Abbildung 11: Vergleich der klinisch-radiologischen postoperativen Ergebnisse mittels Taft Score zwischen kombinierter CC-/AC-Stabilisierung und isolierter CC-Stabilisierung ($p=0,049$)

3.2.2 Radiologische Evaluation

Die postoperative Evaluation der vertikalen Stabilität bzw. des vertikalen Repositionsverlusts konnte nur eine Tendenz und keine statistisch signifikanten Unterschiede entdecken: Die CC-AC Gruppe zeigte tendenziell einen geringfügig niedrigeren Repositionsverlust mit im Durchschnitt $20,6 (\pm 19,5) \%$ residualer CC-Distanz Vergrößerung zur gesunden Gegenseite, im Vergleich zu $27,9 (\pm 24,70) \%$ in der CC Gruppe ($p=0,302$). Insgesamt konnte zum Nachuntersuchungszeitpunkt in $36,8\%$ (CC-AC Gruppe) und in $50,0\%$ der untersuchten Fälle (CC Gruppe) ein Repositionsverlust von $25-100\%$ der CC-Distanz der Gegenseite (entsprechend Rockwood Grad III) beobachtet werden. Ein Auftreten eines vollständigen horizontalen Repositionsverlustes mit einer CC-Distanzvergrößerung über 100% der Gegenseite (entsprechend Rockwood Grad V) konnte während des Nachuntersuchungszeitraums bei keinem Patienten der beiden Gruppen beobachtet werden.

Die Messungen der acromioclaviculären Distanz zeigten ähnliche Resultate mit einer erhöhten postoperativen AC-Distanz zur gesunden Gegenseite, ohne statistische signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p=0,264$).

Die postoperative Evaluation der horizontalen Stabilität zeigte insgesamt stabilere Ergebnisse in den radiologischen Verlaufskontrollen in der CC-AC Gruppe, wobei 11 Patienten ($61,1\%$) eine anatomische horizontale Reposition in den Alexander-Aufnahmen zeigten und in 5 ($27,8\%$) bzw. 2 ($11,1\%$) Fällen eine horizontale Subluxation bzw. Re-Luxation mit Rezidiv einer horizontalen Instabilität zu beobachten war. Die CC Gruppe, ohne zusätzliche horizontale Stabilisierung mittels AC-Cerclage, zeigte signifikant höhere Raten für Subluxationen (12 Patienten, $66,6\%$) und Re-Luxationen (4 Patienten, $22,2\%$) ($p=0,026$).

3.2.3 Zusätzliche radiologische Beobachtungen

Das Auftreten von heterotopen Ossifikationen zwischen Clavicula und dem Proc. Coracoideus wurde in 55% der Patienten der CC-AC Gruppe und in 25% der Fälle der CC Gruppe festgestellt ($p=0,811$), jedoch ohne Korrelation mit den klinischen Ergebnissen im SSV. Das Auftreten von Implantatmigration, definiert als Migration bis 3mm , konnte häufiger in der CC Gruppe (44% der Fälle) im Vergleich zur CC-AC Gruppe (6% der Fälle) festgestellt werden ($p=0,008$). Eine vollständige Implantatdislokation mit Migration über 3mm wurde nur bei 3 Patienten der CC Gruppe (17%) beobachtet, ebenfalls ohne Korrelation

mit den klinischen Ergebnissen im SSV. In der CC-AC Gruppe wurde ein Fall (6%) einer knöchernen Resorption der lateralen Clavicula radiologisch festgestellt. Die insgesamt V-förmige Ausrichtung der coracoclaviculären Bohrungen unterscheidet sich signifikant zwischen den Gruppen: die CC-AC Gruppe zeigte einen Winkel von $30,5^\circ$ ($\pm 7,6$ Standarddifferenz), während die CC Gruppe einen spitzeren Winkel mit durchschnittlich $18,5^\circ$ ($\pm 3,9$ Standarddifferenz) aufwies ($p < 0,001$).

4. Diskussion

4.1 Diskussion der Methodik und Limitationen

Das im Rahmen dieser Behandlungsstudie untersuchte Studienkollektiv der CC-AC Gruppe wurde mit einer additiven horizontalen acromioclaviculären Fadencerclage von einem Chirurgen in einem Zentrum behandelt und mit einem historischen Kollektiv (CC Gruppe) eines anderen Zentrums verglichen. Diese Methodik entspricht einer Level-III Fall-Kontroll Studie mit insgesamt retrospektivem Vergleich bei prospektiv erhobenen Datensätzen der CC-AC Gruppe. Die Wahl der Studienmethodik ist einer randomisiert kontrollierten Studie unterlegen, bietet aber dennoch die Möglichkeit die Resultate der Behandlung zu vergleichen und einzuordnen. Die Wertigkeit der Vergleichsmethodik wurde erhöht, indem durch Berücksichtigung der demographischen Parameter nach einem Matching bzw. Paarung eine möglichst ähnliche Grundlage zur weiteren vergleichenden Testung erstellt wurde. Zu berücksichtigen ist der unterschiedlich lange postoperative Nachbeobachtungszeitraum der beiden Gruppen: die CC-AC Gruppe wurde nach durchschnittlich 15,3 Monaten und die CC-Gruppe nach durchschnittlich 55,1 Monaten postoperativ untersucht ($p < 0,001$). Dies erscheint auf den ersten Blick problematisch, ist jedoch bei genauerer Betrachtung zweitrangig, da die Zeit bis zur vollständigen klinischen, postoperativen Genesung zu berücksichtigen gilt. Eine wissenschaftliche Definition des Zeitpunkts der vollständigen Ausheilung bzw. der so genannten maximalen klinischen Verbesserung existiert jedoch für die Rehabilitation nach arthroskopischen ACG-Stabilisierungsoperationen zum aktuellen Zeitpunkt in der Literatur nicht. Es gilt also eine Annäherung zu finden. Aus zuvor veröffentlichten Ergebnissen von vergleichbaren Operationstechniken bei ähnlich-schweren Verletzungsgraden ist abzuleiten, dass die Rekonvaleszenzzeit bis zum Erreichen der Rückkehr zum Sport bzw. zu körperlicher Arbeit 5 bis maximal 14 Monate beträgt.^[157-159] Ein systematisches Review von Gawel et al. bestätigt diese Beobachtungen und gibt eine Zeitspanne von 2-12 Monate an, wobei am häufigsten die Rückkehr zum Sport nach 6 Monaten zu beobachten ist.^[160] Anlehnend an die Erkenntnisse dieser Arbeiten, erscheint eine wesentliche Veränderung nach über einem Jahr nicht mehr zu erwarten zu sein, so dass ein durchschnittlicher Nachuntersuchungszeitraum von über 15 Monaten als ausreichend lang zu werten ist.

Bei Planung der statistischen Analyse erfolgt die Entscheidung zur Kombination der statistischen Testung mittels Wilcoxon-Test und Mann-Whitney-U-Test. Dies ermöglichte eine umfassende Analyse der Kohorten, da sie in gemeinsamer Anwendung sowohl für gepaarte als auch unabhängige Stichproben geeignet sind und somit die Komplexität der Datensätze bezüglich der Sampling-Logik in dieser Studie berücksichtigen konnten. Die klare Kategorisierung der Paarung der Stichproben gestaltet sich in dieser Studie als problematisch, weshalb die Anwendung beider Methoden sinnvoll erscheint. Einerseits lässt sich argumentieren, dass es sich um zwei gepaarte Stichproben handelt, da bewusst beim Durchführen des sog. Matchings der demographische Hintergrund von jeweils zwei Patienten berücksichtigt wurde, um Unterschiede in den Operationstechniken zuzulassen. Diese Vorgehensweise deutet auf eine klare Paarung hin. Andererseits wird in Abschnitt 2.1 beschrieben, wie die Kohorten in verschiedenen Kontexten an unterschiedlichen Zentren erstellt wurden. Dies legt nahe, dass die Werte aus zwei oder mehreren unterschiedlichen Gruppen stammen, was die Annahme unabhängiger Stichproben unterstützt. Angesichts dieser Ambivalenz in der Datenstruktur erscheint die kombinierte Anwendung des Wilcoxon-Tests und des Mann-Whitney-U-Tests als adäquate Strategie, um die Vielschichtigkeit der Datensätze in dieser Studie angemessen zu erfassen.

4.2 Ergebnisse und Operationstechniken im Vergleich

Die wichtigste Erkenntnis dieser Studie ist die, dass obwohl bessere Ergebnisse in den kombinierten klinisch-radiologischen Scores (ACJI und Taft Scores) zu beobachten sind, die isolierten klinischen

Ergebnisse bezüglich Kraft, SSV und Constant-Score keine Unterschiede der beiden chirurgischen Versorgungstechniken zeigen. Insgesamt zeigen sich die Unterschiede hauptsächlich in den radiologischen Evaluationen, insbesondere in der Betrachtung der horizontalen Stabilität und in den radiologischen Sub-Scores des ACIJ und Taft Scores.

Die aktuellste und umfassendste Literaturrecherche und Meta-Analyse zu randomisiert-kontrollierten Studien für die Behandlung höhergradiger (Rockwood Typ III-V) ACG-Instabilitätsverletzungen wurde von Bi et al. erstellt und identifiziert sowohl überlegenere klinische Ergebnisse, als auch eine bessere Wiederherstellung und Erhalt der anatomischen coracoclaviculären Distanz durch eine additive acromioclaviculäre Fixation oder durch Verwendung von Sehngrafts.^[117] Bei genauer Betrachtung der verwendeten Techniken, entsprechen jedoch nur wenige Untersuchungen dem Grundgedanken, der hier verwendeten arthroskopischen kombinierten coracoclaviculären und acromioclaviculären Stabilisierungstechnik. Die meisten Studien beschreiben offene Techniken oder isolierte coracoclaviculäre Stabilisierungstechniken. Nur die zwei Arbeiten von Chernchujit et al. und Voss et al., bei insgesamt 26 in die Meta-Analyse eingeschlossenen Studien, beschreiben arthroskopische Techniken mit zusätzlicher acromioclaviculärer Cerclage. Die Meta-Analyse zeigt eine Tendenz für ein verbessertes funktionelles Ergebnis und eine reduzierte coracoclaviculäre Distanz und geringere Raten an Rezidivinstabilitäten, wenn ein Sehngraft oder eine zusätzliche AC-Fixation durchgeführt wurde.

Chernchujit et al. verglichen bei 29 Patienten mit ACG Luxationen (Typ III-V) die arthroskopisch-assistierte, isolierte coracoclaviculäre Stabilisierung mittels synthetischem ultrahochmolekulargewichtigem Polyethylen (UHMWPE) Faden und die Technik eines Semitendinosus-Gracilis-Sehnen Autografts, welches pericoracoidal und transacromial geschlungen wurde.^[161] Diese Technik unterscheidet sich durch die Verwendung eines Sehnen-Autografts grundlegend vom Konzept der verwendeten Technik in unserer Studie. Chernchujit et al. beobachteten bei der Gruppe mit Autograft-Rekonstruktion und zusätzlicher transacromialer Fixation einerseits bessere Ergebnisse in den ACG-spezifischen Scores SAC (Specific Acromioclavicular Score) und NS (Nottingham Score) und ein geringeres Auftreten von horizontaler Instabilität, gemessen durch die radiologische posteriore Translation der Clavicula. Die radiologisch gemessene coracoclaviculäre Distanz zeigte jedoch postoperativ keine Unterschiede zwischen den Gruppen in der Nachuntersuchung nach 14 bzw. 32 Monaten.

Voss et al. untersuchten 40 Patienten mit akuter Rockwood Typ IV und V Verletzungen, welche durch zwei verschiedene Operateure mit einerseits isolierter CC-Stabilisierung und andererseits zusätzlicher achtförmiger Cerclage mittels PDS Faden arthroskopisch versorgt wurden.^[162] Mit dieser Technik konnten die Autoren ebenfalls eine bessere acromioclaviculäre Stabilisierung, gemessen an der AC Distanz zwischen den beiden Gruppen, zeigen. Interessanterweise beobachteten die Autoren in beiden Gruppen eine gleichbleibende CC Distanz bei gleichzeitiger Zunahme der AC Distanz im Nachbeobachtungszeitraum von 2 Jahren. Die Gruppe mit zusätzlicher AC-Cerclage zeigte, gemessen an den absoluten Werten, einen geringeren sekundären Repositionsverlust. Die Autoren haben jedoch nicht die relativen Werte im Verhältnis zur Gegenseite angegeben, was die Vergleichbarkeit untereinander und zu unseren Ergebnissen wenig belastbar macht. In der Studie von Voss et al. wurde zudem ein resorbierbarer PDS Faden für die AC-Cerclage verwendet, weshalb die Vergleichbarkeit zu der Technik unserer Studie mit Verwendung eines nicht-bioresorbierbaren UHMWPE-Faden nur eingeschränkt gegeben ist. Die klinischen Ergebnisse von Voss et al. zeigten ebenfalls gute bis exzellente Resultate mit vergleichbar hohen Werten des CS (86-88 Punkte), ASES Score (92-96 Punkte) und geringem postoperativem Schmerzniveau (VAS Skala 0-1 Punkt) ohne signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen ($p > 0,395$). Eine Evaluation anhand ACG-spezifischer Scores erfolgte nicht. Zu beachten ist, dass bei zwei Patienten (4%) ein Resorptionsgranulom des PDS Fadens entstanden ist, welches chirurgisch entfernt werden musste und zum Ausschluss der

Patienten aus dieser Studie führte.

Ein von Jordan et al. durchgeführtes systematisches Review von 6 biomechanischen und 12 klinischen Studien kommt zu dem Schluss, dass eine Rekonstruktion der acromioclaviculären Stabilisatoren zwar eine verbesserte horizontale Stabilität aufweist, diese sich jedoch nicht in den klinischen Ergebnissen (ASES und CS) widerspiegelt.^[163] Dies entspricht den Beobachtungen unserer Studie, da zwar höhere Ergebnisse in den radiologischen Sub-Scores und höhere Raten bzgl. der horizontalen Stabilität beobachtet werden konnten, die klinischen Ergebnisse (SSV und CS) sich jedoch im Gruppenvergleich annähernd gleich darstellen. Die von Jordan et al. durchgeführte Arbeit untersuchte Studien zur Versorgung akuter und chronischer ACG-Verletzungen, wobei bei nur eine der eingeschlossenen Studien mit Stabilisierung einer akuten ACG-Luxation eine Vergleichsgruppe aufweisen konnte. Die direkte Vergleichbarkeit der kumulierten Ergebnisse der Arbeit von Jordan et al. ist somit nur eingeschränkt vorhanden.

Scheiderer et al. untersuchten die Hypothese, ob die acromioclaviculäre Gelenkmorphologie einen Einfluss auf das postoperative Ergebnis nach ACG Stabilisierung hat und ob die additive acromioclaviculäre Cerclage einen Vorteil bei bestimmten morphologischen Subtypen bildet.^[6] Die Autoren kategorisierten die ACG Morphologie nach zwei Subtypen mit flachem oder nicht-flachem (oblique oder kurvigem) Gelenklinienverlauf. Bei insgesamt 81 Patienten mit akuten Rockwood Typ IV-V Verletzungen wurde die arthroskopisch-assistierte Technik der isolierten coracoclaviculären und additiven acromioclaviculären ACG Stabilisierung nach mindesten 2 Jahren postoperativ klinisch nachuntersucht, eine postoperative radiologische Evaluation der AC-Gelenkstabilität erfolgte nicht. Bezüglich Schmerzniveau (VAS) und ASES Score konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Der SANE (Single Assessment Numeric Evaluation) Score, welcher prinzipiell dem SSV entspricht, zeigte jedoch einen knapp statistisch signifikanten Unterschied zwischen der isolierten CC- (94 Punkte) und der additiven AC-Stabilisierung (90 Punkte), $p=0,045$. Diese Ergebnisse sind sehr ähnlich zu den Beobachtungen aus unserer Studie (SSV 91,2 bzw. 91,6%). Die Subgruppenanalyse von Scheiderer et al. nach ACG Morphotypen zeigte zwischen den chirurgischen Techniken keine relevanten Unterschiede bezüglich der klinischen Entwicklung.

In einer französischen Multicenter-Studie wurden verschiedene arthroskopische Stabilisierungstechniken nachuntersucht und die Wertigkeit der kombinierten acromioclaviculären und coracoclaviculären Stabilisierung für das radiologische Ergebnis beschrieben.^[54] Die verwendeten coracoclaviculären (unterschiedliche Implantate, implantatfreies Vorgehen, Weaver-Dunn Prozedur) als auch acromioclaviculären Stabilisierungsmethoden (Fadencerclage, temporäre K-Draht Fixierung, reverse Weaver-Dunn Prozedur) waren sehr variabel, jedoch wurde bei insgesamt 50% der Operationen eine additive AC-Stabilisierung durchgeführt. Die Nachuntersuchungen diesbezüglich verliefen rein radiologisch und zeigten eine signifikant verbesserte horizontale Stabilität. Die Autoren verzichteten jedoch in der Studie auf die exakte Angabe von radiologischen Messungen oder die üblichen Klassifizierungssystemen.

Die Arbeit von Triantafyllopoulos et al. untersuchte eine offene chirurgische Technik mit Verwendung eines kontinuierlichen Polyester-Tapes, welches ohne die Benutzung von metallischen Implantaten als Schlaufe um das Coracoid gelegt wird und durch zwei transclaviculäre sowie eine zusätzliche transacromiale Bohrung geführt und verknotet wird.^[164] Die Entwicklung der klinischen Ergebnisse (CS und ASES) bei insgesamt 10 Patienten mit Rockwood Typ V Verletzungen zeigte postoperativ nach 2 Jahren exzellente Resultate, eine Vergleichskohorte wurde nicht untersucht. Auffallend sind identische radiologische Ergebnisse bezüglich der Messungen der vertikalen Stabilität nach einem Monat und einem Jahr postoperativ, sowie fehlende Komplikationen wie die Rezidivinstabilität.

Hann et al. führten eine Untersuchung zu einer Patientenkohorte mit 34 Patienten (Durchschnittsalter 38,3 Jahre) mit einem Nachuntersuchungszeitraum über 2 Jahren durch, wobei ebenfalls hochgradige AC-

Luxationen (Rockwood V) mittels einer sehr vergleichbaren arthroskopischen doppelten Tight-Rope Stabilisierung und zusätzlicher acromioclaviculärer Fadencerclage versorgt wurden.^[118] Die Studie wurde ohne Vergleichsgruppe erstellt und berichtet fast identische klinische Ergebnisse: Der Median des CS betrug 90 Punkte, der SSV lag bei 90%, der Taft Score belief sich auf 11 Punkte und der ACJI Score auf 87 Punkte. Trotz der vergleichbar guten klinischen Ergebnisse zeigten auch diese Patienten eine hohe Rate an Rezidiv-Instabilität in insgesamt 46,9% der Fälle. Die Revisionsrate betrug 11,7%, wobei eine erneute Stabilisierungsoperation nur in einem Fall erfolgte.

Eckl et al. untersuchten zwei unterschiedliche Button-Systeme bei insgesamt 56 Patienten mit arthroskopisch-assistierter bidirektionaler (coracoclaviculärer und acromioclaviculärer) AC-Gelenkstabilisierung bei akuten hochgradigen ACG-Luxationen Typ Rockwood V.^[165] Hierbei wurde die Verwendung von doppelten Endobuttons clavicular und coracoidal als Doppelbündel-Konstrukt (DB) mit einem neueren Endobuttonsystem, welches teilweise in der Clavicula versenkt wird und als Einzelbündelkonstrukt gilt, verglichen. Beide Gruppen erhielten eine zusätzliche acromioclaviculäre Fadencerclage. Die Autoren beobachteten gleichwertig gute bis exzellente klinische Ergebnisse beider Gruppen bei insgesamt nur befriedigenden radiologischen Resultaten. Mit den angegebenen postoperativen Werte des SSV (81,9 - 93,2 Punkte), des Taft Scores (10,3-10,6 Punkte) und des ACJI Scores (81,6 – 87,0 Punkte) konnten die Autoren annähernd ähnliche Ergebnisse wie in unserer vorliegenden Studie ermittelten Scores (SSV 91,2-91,6 P.; Taft 10,1-11,0 P.; ACJIS 77,1-86,1 P.) aufweisen. Bezüglich der radiologischen Evaluation zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in beiden Gruppen, wobei das Auftreten von einer mindestens partiellen horizontalen Rezidiv-Instabilität bei 28,6-32,1% beobachtet werden konnte. Bei 7,1 bzw. 14,3% der Patienten trat eine vollständige horizontale Instabilität auf, was den Ergebnissen unserer Arbeit (11,1-22,2%) ähnelt.

Das Auftreten von heterotopen Ossifikationen zwischen Clavicula und Coracoid wurde von Scheibel et al. mit einer inversen Beziehung zur postoperativen CC-Distanz beschrieben: Patienten mit heterotopen Ossifikationen zeigten signifikant kleinere CC-Distanzen.^[107] In der Arbeit von Scheibel et al. wurde das Auftreten von heterotopen Ossifikationen mit 68% angegeben, wobei Schweregrad und Größe die Bewegung nicht beeinflussten. Wir beobachteten heterotope Ossifikationen in 25-55% der Fälle ohne statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, wobei eine Subgruppen-Analyse zur Evaluation des Zusammenhangs zur CC-Distanz nicht erfolgte.

Ein in unserer Arbeit observierter technischer Unterschied war der Winkel der beiden coracoclaviculären Bohrungen, wobei die CC Gruppe im Durchschnitt einen signifikant spitzeren Winkel (18,5°) aufwies als es in der CC-AC Gruppe (30,5°) beobachtet werden konnte ($p < 0,001$). Dies ist vermutlich auf eine unterschiedliche Bohrausrichtung der beiden behandelnden Chirurgen zurückzuführen und nicht patientenspezifisch. Kraus et al. untersuchten unterschiedliche Ausrichtungen der coracoclaviculären Bohrkanäle bei Doppelbündel-Rekonstruktionen ohne zusätzliche acromioclaviculäre Stabilisierung bei akuten hochgradigen ACG-Luxationen und verglichen parallele und V-förmige Bohrkanal-Ausrichtungen miteinander. Es konnten keine Unterschiede in den klinischen und radiologischen Evaluationen zwischen den Gruppen festgestellt werden, so dass der Effekt der Bohrkanalausrichtung auf die postoperativen Ergebnisse vernachlässigbar scheint. Kraus et al. beobachteten ebenfalls hohe Raten an horizontaler Rezidiv-Instabilität mit 31-53%.

5. Zusammenfassung

5.1 Schlussfolgerung und Fazit für die klinische Praxis

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass durch die zusätzliche acromioclaviculäre Gelenkstabilisierung tendenziell bessere radiologische Ergebnisse, insbesondere der horizontalen Stabilität erreicht werden können. Dennoch zeigen sich keine Unterschiede im postoperativen klinischen Ergebnis durch diese Operationstechnik mit zusätzlicher acromioclaviculärer Stabilisierung. Zudem verbleibt eine relativ hohe Rate mit mindestens partiellem Repositionsverlust in beiden Gruppen bei einem Anteil von 36-50% (vertikale Rezidivinstabilität) bzw. 39-89% (horizontale Rezidivinstabilität).

Literaturverzeichnis

1. Bosworth BM. Complete Acromioclavicular Dislocation. *New England Journal of Medicine* 1949;241(6):221-225. DOI: 10.1056/nejm194908112410601.
2. Colegate-Stone T, Allom R, Singh R, Elias DA, Standring S, Sinha J. Classification of the morphology of the acromioclavicular joint using cadaveric and radiological analysis. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92(5):743-6. DOI: 10.1302/0301-620x.92b5.22876.
3. DePalma AF. *Surgery of the shoulder* 1950.
4. Stine IA, Vangsnest CT. Analysis of the Capsule and Ligament Insertions About the Acromioclavicular Joint: A Cadaveric Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 2009;25(9):968-974. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2009.04.072>.
5. Corteen DP, Teitge RA. Stabilization of the clavicle after distal resection: a biomechanical study. *Am J Sports Med* 2005;33(1):61-7. (In eng). DOI: 10.1177/0363546504268038.
6. Scheiderer B, Obmann S, Feucht MJ, et al. The Morphology of the Acromioclavicular Joint Does Not Influence the Postoperative Outcome Following Acute Stabilization—A Case Series of 81 Patients. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation* 2022;4(3):e835-e842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.09.007>.
7. Debski RE, Parsons IM, Woo SL-Y, Fu FH. Effect of Capsular Injury on Acromioclavicular Joint Mechanics. *JBJS* 2001;83(9):1344-1351. (https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/2001/09000/Effect_of_Capsular_Injury_on_Acromioclavicular.9.aspx).
8. 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. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 1999;8(2):119-124. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(99\)90003-4](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(99)90003-4).
9. Debski RE, Parsons IM, Fenwick J, Vangura A. Ligament Mechanics During Three Degree-of-Freedom Motion at the Acromioclavicular Joint. *Annals of Biomedical Engineering* 2000;28(6):612-618. (journal article). DOI: 10.1114/1.1304848.
10. Trudeau MT, Peters JJ, Hawthorne BC, et al. The Role of the Trapezius in Stabilization of the Acromioclavicular Joint: A Biomechanical Evaluation. *Orthop J Sports Med* 2022;10(9):23259671221118943. DOI: 10.1177/23259671221118943.
11. Salzmann GM, Paul J, Sandmann GH, Imhoff AB, Schöttle PB. The Coracoclavicular Ligaments: An Anatomic Study. *The American Journal of Sports Medicine* 2008;36(12):2392-2397. DOI: 10.1177/0363546508322887.
12. Takase K. The coracoclavicular ligaments: an anatomic study. *Surgical and Radiologic Anatomy* 2010;32(7):683-688. DOI: 10.1007/s00276-010-0671-z.
13. Harris RI, Vu DH, Sonnabend DH, Goldberg JA, Walsh WR. Anatomic variance of the coracoclavicular ligaments. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]* 2001;10(6):585-8. DOI: 10.1067/mse.2001.118480.
14. Fukuda K, Craig EV, An KN, Cofield RH, Chao EY. Biomechanical study of the ligamentous system of the acromioclavicular joint. *JBJS* 1986;68(3):434-440. (https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/1986/68030/Biomechanical_study_of_the_ligamentous_system_of.19.aspx).
15. Wurziinger L. *Bewegungssystem obere Extremität*. In: Aumüller et al. (Hrsg). *Duale Reihe Anatomie*. 2. Auflage ed. Stuttgart: Thieme Verlag, 2010.
16. Czerwonatis S, Dehghani F, Steinke H, Hepp P, Bechmann I. Nameless in anatomy, but famous among surgeons: The so called “deltotrapezoid fascia”. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger* 2020;231:151488. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2020.151488>.
17. Verstraete KL, J.P. Iannotti, G.R. Williams: Disorders of the shoulder: diagnosis and management. *European Radiology* 2002;12(2):495-495. DOI: 10.1007/s003300101094.
18. Habermeyer P, Lichtenberg S, Loew M, Magosch P, Martetschläger F, Tauber M. *Schulterchirurgie*. 5th. Urban & Fischer; 2017.

19. Mall NA, Foley E, Chalmers PN, Cole BJ, Romeo AA, Bach BR. Degenerative Joint Disease of the Acromioclavicular Joint: A Review. *The American Journal of Sports Medicine* 2013;41(11):2684-2692. DOI: 10.1177/0363546513485359.
20. DePalma AF. The role of the disks of the sternoclavicular and the acromioclavicular joint. *Clin Orthop* 1959;13:222-233.
21. Salter EG, Nasca RJ, Shelley BS. Anatomical observations on the acromioclavicular joint and supporting ligaments. *The American Journal of Sports Medicine* 1987;15(3):199-206. DOI: 10.1177/036354658701500301.
22. Bergfeld JA, Andrish JT, Clancy WG. Evaluation of the acromioclavicular joint following first- and second-degree sprains. *Am J Sports Med* 1978;6(4):153-9. (In eng). DOI: 10.1177/036354657800600402.
23. Inman VT, deC. M. Saunders JB, Abbott LC. OBSERVATIONS ON THE FUNCTION OF THE SHOULDER JOINT. *JBSJ* 1944;26(1):1-30. (https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/1944/26010/OBSERVATIONS_ON_THE_FUNCTION_OF_THE_SHOULDER_JOINT.1.aspx).
24. CA Rockwood GW, DC Young. Disorders of the acromioclavicular joint. In: CA Rockwood FM, ed. *The shoulder*. 2 ed. Pennsylvania: WB Saunders Company; 1998.
25. Sahara W, Sugamoto K, Murai M, Yoshikawa H. Three-dimensional clavicular and acromioclavicular rotations during arm abduction using vertically open MRI. *Journal of Orthopaedic Research* 2007;25(9):1243-1249. DOI: <https://doi.org/10.1002/jor.20407>.
26. Inman VT, Saunders JB. OBSERVATIONS ON THE FUNCTION OF THE CLAVICLE. *Calif Med* 1946;65(4):158-66. (In eng).
27. Emura K, Arakawa T, Miki A, Terashima T. Anatomical observations of the human acromioclavicular joint. *Clin Anat* 2014;27(7):1046-52. (In eng). DOI: 10.1002/ca.22410.
28. Urist MR. The treatment of dislocations of the acromioclavicular joint: a survey of the past decade. *Am J Surg* 1959;98:423-31. (In eng). DOI: 10.1016/0002-9610(59)90535-5.
29. Mazzocca AD, Spang JT, Rodriguez RR, et al. Biomechanical and Radiographic Analysis of Partial Coracoclavicular Ligament Injuries. *The American Journal of Sports Medicine* 2008;36(7):1397-1402. DOI: 10.1177/0363546508315200.
30. Mazzocca AD, Santangelo SA, Johnson ST, Rios CG, Dumonski ML, Arciero RA. A Biomechanical Evaluation of an Anatomical Coracoclavicular Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 2006;34(2):236-246. DOI: 10.1177/0363546505281795.
31. Ogden JA. Distal Clavicular Physeal Injury. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1976-2007) 1984;188:68-73. (https://journals.lww.com/corr/Fulltext/1984/09000/Distal_Clavicular_Physeal_Injury_.9.aspx).
32. Nordin JS, Olsson O, Lunsjö K. Acromioclavicular joint dislocations: incidence, injury profile, and patient characteristics from a prospective case series. *JSES International* 2020;4(2):246-250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2020.01.009>.
33. Pallis M, Cameron KL, Svoboda SJ, Owens BD. Epidemiology of acromioclavicular joint injury in young athletes. *Am J Sports Med* 2012;40(9):2072-7. (In eng). DOI: 10.1177/0363546512450162.
34. Nordqvist A, Petersson CJ. Incidence and causes of shoulder girdle injuries in an urban population. *Journal of shoulder and elbow surgery* 1995;4(2):107-112.
35. Haugaard KB, Bak K, Seem K, Hölmich P, Barfod KW. Rockwood type III is the most common type of acromioclavicular joint dislocation: A prospective cohort study investigating the incidence and epidemiology of acute acromioclavicular joint dislocations in an urban population. *Shoulder & Elbow* 2023;15(5):505-512. DOI: 10.1177/17585732221123314.
36. Kelley N, Pierpoint L, Spittler J, Khodae M. Acromioclavicular joint injuries at a Colorado ski resort. *The Physician and Sportsmedicine* 2023;51(1):33-39. DOI: 10.1080/00913847.2021.1980745.
37. Dragoo JL, Braun HJ, Bartlinski SE, Harris AH. Acromioclavicular joint injuries in National Collegiate Athletic Association football: data from the 2004-2005 through 2008-2009 National

- Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System. *Am J Sports Med* 2012;40(9):2066-71. (In eng). DOI: 10.1177/0363546512454653.
38. Cadenat F. The treatment of dislocations and fractures of the outer end of the clavicle. *Int Clin* 1917;1:145-169.
39. Crichton J, Jones DR, Funk L. Mechanisms of traumatic shoulder injury in elite rugby players. *Br J Sports Med* 2012;46(7):538-42. (In eng). DOI: 10.1136/bjsports-2011-090688.
40. Tauber M. Schulterreckgelenksprengung bei Profisportlern. *Der Orthopäde* 2014;43(3):249-255. DOI: 10.1007/s00132-013-2148-3.
41. Gerber C, Rockwood CAJ. Subcoracoid dislocation of the lateral end of the clavicle. A report of three cases. *JBJS* 1987;69(6):924-927. (https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/1987/69060/Subcoracoid_dislocation_of_the_lateral_end_of_the.20.aspx).
42. DiPaola M, Marchetto P. Coracoid process fracture with acromioclavicular joint separation in an American football player: a case report and literature review. *Am J Orthop* 2009;38(1):37-39.
43. Green DP. Rockwood and Green's fractures in adults: Lippincott williams & wilkins, 2010.
44. Tossy JD, Mead NC, Sigmond HM. Acromioclavicular separations: useful and practical classification for treatment. *Clinical orthopaedics and related research* 1963;28:111-9. (In eng).
45. Eschler A, Rösler K, Rotter R, Gradl G, Mittlmeier T, Gierer P. Acromioclavicular joint dislocations: radiological correlation between Rockwood classification system and injury patterns in human cadaver species. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 2014;134(9):1193-1198. DOI: 10.1007/s00402-014-2045-1.
46. Jerosch J. Das Akromioklavikulargelenk. *Der Orthopäde* 2000;29(10):895-908. DOI: 10.1007/s001320050540.
47. Beitzel K, Mazzocca AD, Bak K, et al. ISAKOS Upper Extremity Committee Consensus Statement on the Need for Diversification of the Rockwood Classification for Acromioclavicular Joint Injuries. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 2014;30(2):271-278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2013.11.005>.
48. 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. (In eng). DOI: 10.1177/0363546510361951.
49. Kraus N, Hann C, Gerhardt C, Scheibel M. Dynamic instability of the acromioclavicular joint: A new classification for acute AC joint separation. *Obere Extrem* 2018;13(4):279-285. (In eng). DOI: 10.1007/s11678-018-0469-x.
50. Velasquez Garcia A, Liendo R, Ekdahl M, Calvo C, Vidal C. The Reliability of Acromioclavicular Joint Dislocation Classification Systems: A Comparison Between the Rockwood and Kraus Classifications. *Orthop J Sports Med* 2023;11(2):23259671221149391. DOI: 10.1177/23259671221149391.
51. Dislocations. *J Orthop Trauma* 2018;32 Suppl 1:S107-s116. (In eng). DOI: 10.1097/bot.0000000000001057.
52. 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. (In eng). DOI: 10.1177/0363546513490656.
53. Muench LN, Kia C, Jerliu A, et al. Functional and Radiographic Outcomes After Anatomic Coracoclavicular Ligament Reconstruction for Type III/V Acromioclavicular Joint Injuries. *Orthop J Sports Med* 2019;7(11):2325967119884539. DOI: 10.1177/2325967119884539.
54. Barth J, Duparc F, Andrieu K, et al. Is coracoclavicular stabilisation alone sufficient for the endoscopic treatment of severe acromioclavicular joint dislocation (Rockwood types III, IV, and V)? *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2015;101(8, Supplement):S297-S303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.09.003>.
55. Song T, Yan X, Ye T. Comparison of the outcome of early and delayed surgical treatment of complete acromioclavicular joint dislocation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2016;24(6):1943-1950. DOI: 10.1007/s00167-014-3225-9.

56. Maier D, Tuecking L-R, Bernstein A, et al. The acromioclavicular ligament shows an early and dynamic healing response following acute traumatic rupture. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2020;21(1):593. DOI: 10.1186/s12891-020-03614-6.
57. Tuecking LR, Erdle B, Bernstein A, et al. Ligamentous healing potential of the acromioclavicular ligament following acute anatomical reconstruction. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 2022;142(9):2225-2234. DOI: 10.1007/s00402-021-03936-7.
58. Martetschläger F, Kraus N, Scheibel M, Streich J, Venjakob A, Maier D. The diagnosis and treatment of acute dislocation of the acromioclavicular joint. *Deutsches Aerzteblatt International* 2019;116(6):89.
59. Dey Hazra R-O, Hanhoff M, Kühnapfel A, et al. Superior clinical results for early arthroscopic treatment of grade IIIb and V acromioclavicular joint instability compared to delayed operative treatment. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2023;32(6):1185-1195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.11.023>.
60. Bakir MS, Lefering R, Haralambiev L, et al. Acromioclavicular and sternoclavicular joint dislocations indicate severe concomitant thoracic and upper extremity injuries in severely injured patients. *Scientific reports* 2020;10(1):21606. DOI: 10.1038/s41598-020-78754-9.
61. Granville-Chapman J, Torrance E, Rashid A, Funk L. The Rockwood classification in acute acromioclavicular joint injury does not correlate with symptoms. *Journal of Orthopaedic Surgery* 2018;26(2):2309499018777886. DOI: 10.1177/2309499018777886.
62. Gerber C, Galantay RV, Hersche O. The pattern of pain produced by irritation of the acromioclavicular joint and the subacromial space. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 1998;7(4):352-355. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(98\)90022-2](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(98)90022-2).
63. Lemos MJ, Tolo ET. Complications of the treatment of the acromioclavicular and sternoclavicular joint injuries, including instability. *Clinics in Sports Medicine* 2003;22(2):371-385. DOI: 10.1016/S0278-5919(02)00102-3.
64. Jerosch J, Castro W. *Klinische und bildgebende Diagnostik in Orthopädie und Traumatologie*. Enke, Stuttgart 1995.
65. Gohlke F. *Orthopädie und orthopädische Chirurgie: Schulter: 97 Tabellen/hrsg. von Frank Gohlke und Achim Hedtmann. Mit Beitr. von Th. Barthel: Thieme, 2002.*
66. *Untersuchungstechniken des Schultergelenks. Obere Extremität* 2012;7(1):1-67. DOI: 10.1007/s11678-012-0165-1.
67. Berthold DP, Muench LN, Dyrna F, et al. Current concepts in acromioclavicular joint (AC) instability - a proposed treatment algorithm for acute and chronic AC-joint surgery. *BMC Musculoskelet Disord* 2022;23(1):1078. (In eng). DOI: 10.1186/s12891-022-05935-0.
68. Cave EF, Roberts SM. A Method for measuring and recording Joint Function *JBJS* 1936;18(2):455-465. (https://journals.lww.com/jbjsjournal/fulltext/1936/18020/a_method_for_measuring_and_recording_joint.20.aspx).
69. Mazzocca AD, Arciero RA, Bicos J. Evaluation and treatment of acromioclavicular joint injuries. *The American journal of sports medicine* 2007;35(2):316-329.
70. Chronopoulos E, Kim TK, Park HB, Ashenbrenner D, McFarland EG. Diagnostic value of physical tests for isolated chronic acromioclavicular lesions. *Am J Sports Med* 2004;32(3):655-61. (In eng). DOI: 10.1177/0363546503261723.
71. Ruiz Ibán MA, Moreno Romero MS, Diaz Heredia J, Ruiz Díaz R, Muriel A, López-Alcalde J. The prevalence of intraarticular associated lesions after acute acromioclavicular joint injuries is 20%. A systematic review and meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2021;29(7):2024-2038. DOI: 10.1007/s00167-020-05917-6.
72. Tauber M. Erkrankungen des Schulterergelenks. *Der Orthopäde* 2016;45(6):555-568. DOI: 10.1007/s00132-016-3269-2.
73. Peeters I, Braeckvelt T, Herregodts S, Palmans T, De Wilde L, Van Tongel A. Kinematic Alterations in the Shoulder Complex in Rockwood V Acromioclavicular Injuries During Humerothoracic and Scapulothoracic Movements: A Whole-Cadaver Study. *The American Journal of Sports Medicine* 2021;49(14):3988-4000. DOI: 10.1177/03635465211053016.

74. Burkhart SS, Morgan CD, Ben Kibler W. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology part III: the SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy* 2003;19(6):641-661. DOI: 10.1016/S0749-8063(03)00389-X.
75. Pogorzelski J, Beitzel K, Ranuccio F, et al. The acutely injured acromioclavicular joint – which imaging modalities should be used for accurate diagnosis? A systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2017;18(1):515. DOI: 10.1186/s12891-017-1864-y.
76. Zanca P. Shoulder Pain: Involvement of the acromioclavicular Joint: (Analysis of 1,000 cases). *American Journal of Roentgenology* 1971;112(3):493-506.
77. Ibrahim EF, Forrest NP, Forester A. Bilateral weighted radiographs are required for accurate classification of acromioclavicular separation: An observational study of 59 cases. *Injury* 2015;46(10):1900-1905. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.06.028>.
78. Schneider MM, Balke M, Koenen P, et al. Inter- and intraobserver reliability of the Rockwood classification in acute acromioclavicular joint dislocations. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2016;24(7):2192-2196. DOI: 10.1007/s00167-014-3436-0.
79. Bossart PJ, Joyce SM, Manaster BJ, Packer SM. Lack of efficacy of 'weighted' radiographs in diagnosing acute acromioclavicular separation. *Ann Emerg Med* 1988;17(1):20-4. (In eng). DOI: 10.1016/s0196-0644(88)80497-9.
80. Gastaud O, Raynier JL, Duparc F, et al. Reliability of radiographic measurements for acromioclavicular joint separations. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101(8 Suppl):S291-5. (In eng). DOI: 10.1016/j.otsr.2015.09.010.
81. Alexander O. Dislocation of the acromioclavicular joint. *Radiography* 1949;15(179):260.
82. Tauber M. Bildgebung in der Schulter-und Ellenbogenchirurgie: Schulterreckgelenksprengung–akut und chronisch. *Obere Extremität* 2017;12(Suppl 1):34-5.
83. Kurata S, Inoue K, Shimizu T, et al. Acromioclavicular joint instability on cross-body adduction view: the biomechanical effect of acromioclavicular and coracoclavicular ligaments sectioning. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2022;23(1):279. DOI: 10.1186/s12891-022-05245-5.
84. Murphy RJ, Moor BK, Lesniewski PJ, Hayoz A, Alcantara W, Zumstein MA. Evaluation of the Circles Measurement and the ABC Classification of Acromioclavicular Joint Injuries. *The American Journal of Sports Medicine* 2021;49(6):1619-1625. DOI: 10.1177/03635465211003300.
85. Vetter P, Eckl L, Bellmann F, Audigé L, Scheibel M. In vivo analysis of the circles measurement supports its use in evaluating acromioclavicular joint dislocations. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2023;32(6):1295-1302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.01.021>.
86. Bockmann B, Venjakob AJ, Thrasyvoulidis G, Holschen M, Schulte TL, Nebelung W. Sonographic Measurement of Dynamic Horizontal Instability in Acromioclavicular Joint Instability: Description of a Simple Technique and Correlation to Radiographic Parameters. *J Ultrasound Med* 2022;41(2):409-415. (In eng). DOI: 10.1002/jum.15719.
87. Tischer T, Salzmann GM, El-Azab H, Vogt S, Imhoff AB. Incidence of Associated Injuries with Acute Acromioclavicular Joint Dislocations Types III through V. *The American Journal of Sports Medicine* 2009;37(1):136-139. DOI: 10.1177/0363546508322891.
88. Markel J, Schwarting T, Malcherczyk D, Peterlein C-D, Ruchholtz S, El-Zayat BF. Concomitant glenohumeral pathologies in high-grade acromioclavicular separation (type III – V). *BMC Musculoskeletal Disorders* 2017;18(1):439. DOI: 10.1186/s12891-017-1803-y.
89. Pauly S, Kraus N, Greiner S, Scheibel M. Prevalence and pattern of glenohumeral injuries among acute high-grade acromioclavicular joint instabilities. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2013;22(6):760-766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.08.016>.
90. Pauly S, Gerhardt C, Haas NP, Scheibel M. Prevalence of concomitant intraarticular lesions in patients treated operatively for high-grade acromioclavicular joint separations. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2009;17(5):513-517. (journal article). DOI: 10.1007/s00167-008-0666-z.
91. Barnes CJ, Higgins LD, Major NM, Basamania CJ. Magnetic resonance imaging of the coracoclavicular ligaments: its role in defining pathoanatomy at the acromioclavicular joint. *J Surg Orthop Adv* 2004;13(2):69-75. (In eng) (<http://europepmc.org/abstract/MED/15281402>).

92. Minkus M, Wieners G, Maziak N, Plachel F, Scheibel M, Kraus N. The ligamentous injury pattern in acute acromioclavicular dislocations and its impact on clinical and radiographic parameters. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons* [et al] 2021;30(4):795-805. (In eng). DOI: 10.1016/j.jse.2020.10.026.
93. Izadpanah K, Winterer J, Vicari M, et al. A stress MRI of the shoulder for evaluation of ligamentous stabilizers in acute and chronic acromioclavicular joint instabilities. *J Magn Reson Imaging* 2013;37(6):1486-92. (In eng). DOI: 10.1002/jmri.23853.
94. Marsalli M, Bistolfi G, Morán N, Cartaya M, Urquidi C. High Early-onset acromioclavicular secondary pathologies after acute arthroscopic joint reduction: a cohort study. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 2022;142(7):1623-1631. DOI: 10.1007/s00402-021-04123-4.
95. Kim JY, Rhee S-M, Ko YW, Rhee YG. Subacromial Erosion After Hook Plate Fixation in Acute Acromioclavicular Joint Dislocation. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2022;36(5):e167-e173. DOI: 10.1097/bot.0000000000002282.
96. Tauber M. Management of acute acromioclavicular joint dislocations: current concepts. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 2013;133(7):985-995.
97. Reid D, Polson K, Johnson L. Acromioclavicular joint separations grades I–III: a review of the literature and development of best practice guidelines. *Sports medicine* 2012;42:681-696.
98. Frank RM, Cotter EJ, Leroux TS, Romeo AA. Acromioclavicular Joint Injuries: Evidence-based Treatment. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2019;27(17):e775-e788. DOI: 10.5435/jaaos-d-17-00105.
99. Balke M, Schneider MM, Shafizadeh S, Bächli H, Bouillon B, Banerjee M. Current state of treatment of acute acromioclavicular joint injuries in Germany: is there a difference between specialists and non-specialists? A survey of German trauma and orthopaedic departments. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2015;23:1447-1452.
100. 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. *Journal of orthopaedics and traumatology* 2011;12:19-27.
101. Tauber M, Hoffelner T, Lehmann L, Kraus N, Scheibel M, Moroder P. Prospective Multicenter Randomized Controlled Trial of Surgical Versus Nonsurgical Treatment for Acute Rockwood Type 3 Acromioclavicular Injury. *Orthop J Sports Med* 2023;11(8):23259671231190411. DOI: 10.1177/23259671231190411.
102. Korsten K, Gunning AC, Leenen LPH. Operative or conservative treatment in patients with Rockwood type III acromioclavicular dislocation: a systematic review and update of current literature. *International Orthopaedics* 2014;38(4):831-838. DOI: 10.1007/s00264-013-2143-7.
103. Giai Via R, Bosco F, Giustra F, et al. Acute Rockwood type III ACJ dislocation: Conservative vs surgical approach. A systematic review and meta-analysis of current concepts in literature. *Injury* 2022;53(10):3094-3101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.07.050>.
104. Society COT. Multicenter randomized clinical trial of nonoperative versus operative treatment of acute acromio-clavicular joint dislocation. 2015.
105. Franovic S, Pietroski A, Kuhlmann N, Bazzi T, Zhou Y, Muh S. Rockwood Grade-III Acromioclavicular Joint Separation: A Cost-Effectiveness Analysis of Treatment Options. *JB JS Open Access* 2021;6(2) (In eng). DOI: 10.2106/jbjs.Oa.20.00171.
106. Ohlmeier M. Konservative Therapie. In: Hofmaier A, Moroder P, Martetschläger F, eds. *Instabilitäten des Akromioklavikulargelenkes (ACG) und Sternoklavikulargelenkes (SCG)*. Zürich: AGA-Komitee-Schulter-Instabilität 2023.
107. Scheibel M, Dröschel S, Gerhardt C, Kraus N. Arthroscopically assisted stabilization of acute high-grade acromioclavicular joint separations. *Am J Sports Med* 2011;39(7):1507-16. (In eng). DOI: 10.1177/0363546511399379.
108. Shaw MBK, McInerney JJ, Dias JJ, Evans PA. Acromioclavicular joint sprains: the post-injury recovery interval. *Injury* 2003;34(6):438-442. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(02\)00187-0](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(02)00187-0).
109. Carbone S, Postacchini R, Gumina S. Scapular dyskinesis and SICK syndrome in patients with a chronic type III acromioclavicular dislocation. Results of rehabilitation. *Knee Surg Sports*

- Traumatol Arthrosc 2015;23(5):1473-80. (In eng). DOI: 10.1007/s00167-014-2844-5.
110. De Rooij PP, Van Lieshout EMM, Schurink IJ, Verhofstad MHJ, group ACJis. Current practice in the management of acromioclavicular joint dislocations; a national survey in the Netherlands. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 2021;47(5):1417-1427. DOI: 10.1007/s00068-020-01414-0.
 111. Allemann F, Halvachizadeh S, Waldburger M, et al. Different treatment strategies for acromioclavicular dislocation injuries: a nationwide survey on open/minimally invasive and arthroscopic concepts. *European Journal of Medical Research* 2019;24(1):18. DOI: 10.1186/s40001-019-0376-7.
 112. Windhamre HB, von Heideken J, Une-Larsson V, Ekström W, Ekelund A. No difference in clinical outcome at 2-year follow-up in patients with type III and V acromioclavicular joint dislocation treated with hook plate or physiotherapy: a randomized controlled trial. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2022;31(6):1122-1136.
 113. Chang N, Furey A, Kurdin A. Operative Versus Nonoperative Management of Acute High-Grade Acromioclavicular Dislocations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2018;32(1):1-9. DOI: 10.1097/bot.0000000000001004.
 114. Fossier M, Camporese A. Operative treatment of acute acromioclavicular joint dislocations graded Rockwood III-V: a retrospective and comparative study between three different surgical techniques. *Acta Biomed* 2021;92(5):e2021325. (In eng). DOI: 10.23750/abm.v92i5.10678.
 115. 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. *European Journal of Medical Research* 2011;16(2):52. DOI: 10.1186/2047-783X-16-2-52.
 116. Virtanen KJ, Remes VM, Tulikoura ITA, et al. Surgical treatment of Rockwood grade-V acromioclavicular joint dislocations. *Acta Orthopaedica* 2013;84(2):191-195. DOI: 10.3109/17453674.2013.775046.
 117. Bi AS, Robinson J, Anil U, et al. Treatment options for acute Rockwood type III-V acromioclavicular dislocations: a network meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2023;32(6):1146-1158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.01.039>.
 118. Hann C, Kraus N, Minkus M, Maziak N, Scheibel M. Combined arthroscopically assisted coraco-and acromioclavicular stabilization of acute high-grade acromioclavicular joint separations. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2018;26:212-220.
 119. LeVasseur MR, Mancini MR, Berthold DP, et al. Acromioclavicular Joint Injuries: Effective Rehabilitation. *Open Access J Sports Med* 2021;12:73-85. (In eng). DOI: 10.2147/oajsm.S244283.
 120. Joukainen A, Kröger H, Niemitukia L, Mäkelä EA, Väättäin U. Results of Operative and Nonoperative Treatment of Rockwood Types III and V Acromioclavicular Joint Dislocation: A Prospective, Randomized Trial With an 18- to 20-Year Follow-up. *Orthop J Sports Med* 2014;2(12):2325967114560130. DOI: 10.1177/2325967114560130.
 121. Desouza C, Vadlamudi A, Kale A. Functional outcome of conservative treatment of acute type 3 Acromioclavicular joint dislocation. *International Journal of Orthopaedics* 2020;6(4):835-837.
 122. Finsterwald M, Dao Trong ML, Hollo D, Müller AM, Riede U, Bouaicha S. Conservative treatment of Rockwood type III acromioclavicular joint separation: a randomized controlled trial sling vs. brace. *JSES International* 2023;7(4):527-531. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2023.02.017>.
 123. Maleitzke T, Maziak N, Plachel F, Winkler T, Moroder P. Can an acute high-grade acromioclavicular joint separation be reduced and stabilized without surgery? A surgeon's experience. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 2020;140(12):2021-2027. DOI: 10.1007/s00402-020-03630-0.
 124. Dyrna F, Berthold DP, Feucht MJ, et al. The importance of biomechanical properties in revision acromioclavicular joint stabilization: a scoping review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2019;27(12):3844-3855. DOI: 10.1007/s00167-019-05742-6.
 125. Rehn J, Pingel P, Hierholzer G. Zur operativen Behandlung der Verrenkung im

- Schulterreckgelenk. *Acta Chirurgica Austriaca* 1970;2(1):30-37. DOI: 10.1007/BF02600733.
126. Hohlbach G, Wenk H, Thies E, Rau HG, Schildberg FW. Verletzungen des Schulterreckgelenks. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1986:365-380.
127. Balsler D. Eine neue methode zur operativen behandlung der akromioklavikulären luxation. *Chir Prax* 1976;24:275.
128. Tiedke R, Rahmzadeh R, Faensen M. Die Entwicklung eines neuen Implantates zur Behandlung der Schulterreckgelenksprengung. *Hefte Unfallheilkd* 1983;165:270-273.
129. Arirachakaran A, Boonard M, Piyapittayanun P, et al. Post-operative outcomes and complications of suspensory loop fixation device versus hook plate in acute unstable acromioclavicular joint dislocation: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Traumatol* 2017;18(4):293-304. (In eng). DOI: 10.1007/s10195-017-0451-1.
130. Eschler A, Gradl G, Gierer P, Mittlmeier T, Beck M. Hook plate fixation for acromioclavicular joint separations restores coracoclavicular distance more accurately than PDS augmentation, however presents with a high rate of acromial osteolysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012;132(1):33-9. (In eng). DOI: 10.1007/s00402-011-1399-x.
131. Lin H-Y, Wong P-K, Ho W-P, Chuang T-Y, Liao Y-S, Wong C-C. Clavicular hook plate may induce subacromial shoulder impingement and rotator cuff lesion - dynamic sonographic evaluation. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2014;9(1):6. DOI: 10.1186/1749-799X-9-6.
132. Bosworth BM. Acromioclavicular separation. *Surg Gynecol Obstet* 1941;73:866-871.
133. Bigoni M, Piatti M, Zanchi N, et al. Clinical effectiveness of surgical treatment with polyester tapes and temporary K-wires on complete acromioclavicular dislocation. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology* 2019;29(3):567-573. DOI: 10.1007/s00590-018-2321-9.
134. Wellmann M, Zantop T, Petersen W. Minimally Invasive Coracoclavicular Ligament Augmentation With a Flip Button/Polydioxanone Repair for Treatment of Total Acromioclavicular Joint Dislocation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 2007;23(10):1132.e1-1132.e5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.12.015>.
135. Wellmann M, Zantop T, Weimann A, Raschke MJ, Petersen W. Biomechanical evaluation of minimally invasive repairs for complete acromioclavicular joint dislocation. *Am J Sports Med* 2007;35(6):955-61. DOI: 10.1177/0363546506298585.
136. Beitzel K, Cote MP, Apostolakis J, et al. Current concepts in the treatment of acromioclavicular joint dislocations. *Arthroscopy* 2013;29(2):387-97. (In eng). DOI: 10.1016/j.arthro.2012.11.023.
137. Qi W, Xu Y, Yan Z, et al. The Tight-Rope Technique versus Clavicular Hook Plate for Treatment of Acute Acromioclavicular Joint Dislocation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Investigative Surgery* 2021;34(1):20-29. DOI: 10.1080/08941939.2019.1593558.
138. Wang C, Meng J-H, Zhang Y-W, Shi M-M. Suture Button Versus Hook Plate for Acute Unstable Acromioclavicular Joint Dislocation: A Meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine* 2020;48(4):1023-1030. DOI: 10.1177/0363546519858745.
139. Pan X, Lv R-y, Lv M-g, Zhang D-g. TightRope vs Clavicular Hook Plate for Rockwood III–V Acromioclavicular Dislocations: A Meta-Analysis. *Orthopaedic Surgery* 2020;12(4):1045-1052. DOI: <https://doi.org/10.1111/os.12724>.
140. Struhl S, Wolfson TS, Kummer F. Axial-Plane Biomechanical Evaluation of 2 Suspensory Cortical Button Fixation Constructs for Acromioclavicular Joint Reconstruction. *Orthop J Sports Med* 2016;4(12):2325967116674668. DOI: 10.1177/2325967116674668.
141. Walz L, Salzmann GM, Fabbro T, Eichhorn S, Imhoff AB. The anatomic reconstruction of acromioclavicular joint dislocations using 2 TightRope devices: a biomechanical study. *Am J Sports Med* 2008;36(12):2398-406. DOI: 10.1177/0363546508322524.
142. Gu F, Tan L, Wang T, et al. Comparison of single versus double TightRope system in the treatment of acute acromioclavicular joint dislocation. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2021;30(8):1915-1923. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.10.002>.
143. Venjakob AJ, Salzmann GM, Gabel F, et al. Arthroscopically assisted 2-bundle anatomic

- reduction of acute acromioclavicular joint separations: 58-month findings. *Am J Sports Med* 2013;41(3):615-21. (In eng). DOI: 10.1177/0363546512473438.
144. Saier T, Venjakob AJ, Minzlaff P, et al. Value of additional acromioclavicular cerclage for horizontal stability in complete acromioclavicular separation: a biomechanical study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2015;23(5):1498-1505. (journal article). DOI: 10.1007/s00167-014-2895-7.
145. Dyrna F, Imhoff FB, Haller B, et al. Primary Stability of an Acromioclavicular Joint Repair Is Affected by the Type of Additional Reconstruction of the Acromioclavicular Capsule. *Am J Sports Med* 2018;46(14):3471-3479. (In eng). DOI: 10.1177/0363546518807908.
146. Aliberti GM, Kraeutler MJ, Trojan JD, Mulcahey MK. Horizontal Instability of the Acromioclavicular Joint: A Systematic Review. *The American Journal of Sports Medicine* 2020;48(2):504-510. DOI: 10.1177/0363546519831013.
147. Johnson SM, Esquivel AO, Lovse L, et al. Anatomic Acromioclavicular Joint Reconstruction with and without Acromioclavicular Ligament Reconstruction: A Comparative Biomechanical Study. *Shoulder & Elbow* 2023;15(2):166-172. DOI: 10.1177/17585732211068322.
148. Verstraete O, Van Tongel A, De Wilde L, Peeters I. Acromioclavicular reconstruction techniques after acromioclavicular joint injuries: A systematic review of biomechanical studies. *Clinical Biomechanics* 2023;101:105847. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2022.105847>.
149. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clinical orthopaedics and related research* 1987(214):160-4. (In eng).
150. Constant CR, Gerber C, Emery RJ, Søbjerg JO, Gohlke F, Boileau P. A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. *Journal of shoulder and elbow surgery* 2008;17(2):355-361.
151. Helfen T, Siebenbürger G, Ockert B, Haasters F. Therapy of acute acromioclavicular joint instability: meta-analysis of arthroscopic/minimally invasive versus open procedures. *Der Unfallchirurg* 2015;118:415-426.
152. Michener LA, McClure PW, Sennett BJ. American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Assessment Form, patient self-report section: Reliability, validity, and responsiveness. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2002;11(6):587-594. DOI: <https://doi.org/10.1067/mse.2002.127096>.
153. Richards RR, An KN, Bigliani LU, et al. A standardized method for the assessment of shoulder function. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]* 1994;3(6):347-52. (In eng). DOI: 10.1016/s1058-2746(09)80019-0.
154. Taft TN, Wilson FC, Oglesby JW. Dislocation of the acromioclavicular joint. An end-result study. *JBJS* 1987;69(7):1045-1051. (https://journals.lww.com/jbjsjournal/fulltext/1987/69070/dislocation_of_the_acromioclavicular_joint_an.13.aspx).
155. McKnight PE, Najab J. Mann-Whitney U Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*:1-1.
156. Bridge PD, Sawilowsky SS. Increasing Physicians' Awareness of the Impact of Statistics on Research Outcomes: Comparative Power of the t-test and Wilcoxon Rank-Sum Test in Small Samples Applied Research. *Journal of Clinical Epidemiology* 1999;52(3):229-235. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(98\)00168-1](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(98)00168-1).
157. Porschke F, Schnetzke M, Studier-Fischer S, Gruetzner PA, Guehring T. Return to work after acromioclavicular joint stabilization: a retrospective case control study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2019;14(1):45. DOI: 10.1186/s13018-019-1071-7.
158. Lu D, Wang T, Chen H, Sun L-J. A comparison of double Endobutton and triple Endobutton techniques for acute acromioclavicular joint dislocation. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2016;102(7):891-895.
159. Loriaut P, Casabianca L, Alkhaili J, et al. Arthroscopic treatment of acute acromioclavicular dislocations using a double button device: clinical and MRI results. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2015;101(8):895-901.
160. Gawel RJ, D'Amore T, Otlans PT, Rao S, Cohen SB, Ciccotti MG. Criteria for return to play

- after operative management of acromioclavicular joint separation: a systematic review. *JSES Reviews, Reports, and Techniques* 2022;2(2):140-148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xrrt.2021.11.005>.
161. Chernchujit B, Artha A. High grade acromioclavicular injury: Comparison of arthroscopic assisted acromioclavicular joint fixation and anatomic acromioclavicular joint reconstruction. *Journal of Orthopaedics* 2020;22:151-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.04.007>.
162. Voss A, Löffler T, Reuter S, et al. Additional acromioclavicular cerclage limits lateral tilt of the scapula in patients with arthroscopically assisted coracoclavicular ligament reconstruction. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 2021;141(8):1331-1338. DOI: 10.1007/s00402-021-03761-y.
163. Jordan RW, Malik S, Bentick K, Saithna A. Acromioclavicular joint augmentation at the time of coracoclavicular ligament reconstruction fails to improve functional outcomes despite significantly improved horizontal stability. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2019;27(12):1795. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5152-7>.
164. Triantafyllopoulos IK, Lampropoulou-Adamidou K, Schizas NP, Karadimas EV. Surgical treatment of acute type V acromioclavicular joint dislocations in professional athletes: an anatomic ligament reconstruction with synthetic implant augmentation. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2017;26(12):e369-e375. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2017.05.032>.
165. Eckl L, Vetter P, Bellmann F, Imiolczyk J-P, Moroder P, Scheibel M. Management of Acute High-Grade Acromioclavicular Joint Dislocations: Comparable Clinical and Radiological Outcomes After Bidirectional Arthroscopic-Assisted Stabilization With the Single Low-Profile Suture Button Technique Versus Double-Suture Button Technique. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 2023;39(11):2283-2290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2023.05.015>.

Anhang A: Datenanalyse

Datenanalyse ACG Kohortenvergleich

Inhalt

1 Datenbeschreibung \ 1.1 Datenimport \ 1.2 Patienten Samples \ 1.3 Vergleich Kohorten

2 Vergleich klinischer Auswertung

2.1 Subjective Shoulder Value \ 2.2 Constant Score \ 2.3 ACJI Score \ 2.4 Taft Score \ 2.5 Kraftdifferenz \ 2.6 ASES Score

3 Vergleich radiologischer Scores \ 3.1 CC Abstand \ 3.2 AC Abstand \ 3.3 Horizontale Instabilität \ 3.4 Heterotope Ossifikation \ 3.5 Tighropewinkel \ 3.6 Radiologische Komplikationen

Datenbeschreibung

Datenimport

In [123...

```
## Import der Python Packages

## Datenbearbeitung
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import pandas as pd
import warnings
warnings.filterwarnings('ignore')

## Statistische Methoden
from scipy import stats
from scipy.stats import wilcoxon
from scipy.stats import mannwhitneyu
from statsmodels.stats.contingency_tables import mcnemar
```

In [124...

```
# Import der Daten

## Initiale Kohorte aus Heidelberg (n=20)
df_muc=pd.read_excel('Desktop/ACGStudie_Muc_Datenset.xlsx')

## Vergleichs-Kohorte aus München (n=20)
df_hd = pd.read_excel('Desktop/test_hei.xlsx')
```

Patienten Sample

Heidelberg Kohorte

In [125...

```
#Parameter Sample Set Heidelberg
df_hd.columns
```

```
Out[125... Index(['Name', 'Vorname', 'Verletzungsmechanismus', 'Geburtsdatum', 'Alter_0
P',
      'Geschlecht', 'OPDatum', 'Seite', 'DominantSide', 'Pathologie_RWG',
      'OPVerfahren', 'AccompanyLesions_bin', 'Begleitpathologie_Zusatz',
      'FUDatum', 'FUMonate', 'PostopWiederaufnahmeSportMonate', 'aktFlexFU',
      'aktAbdFU', 'aktAROFU', 'aktIROFU', 'passFlexFU', 'passAbdFU',
      'passAROFU', 'passIROFU', 'CS_TotalPostop', 'SSVGerber', 'TotalACJIS',
      'SchmerzACJIS', 'ADLACJIS', 'CosmesisACJIS', 'ROMACJIS',
      'KraftPunkteACJIS', 'RadiologicsACJIS', 'TotalTaft', 'SchmerzenTaft',
      'KraftBeweglTaft', 'RadiologicsTaft', 'Komplikation_bin',
      'Komplikation_zusatz', 'TightRopeWinkel', 'CCAbstandPostop',
      'CCAbstandKontralateral', 'CCAbstandDifferenz', 'ACAbstandPostop',
      'ACAbstandKontralateral', 'ACAbstandDifferenz', 'Ossifiaktion',
      'AlexanderViewInstabilität', 'HorizontaleInstabilitätClavicula',
      'VertikaleInstabilitätClavicula', 'ACJISKraft', 'KraftACJIS',
      'KraftKontralateral', 'KraftdifferenzProzentual', 'CCPräop',
      'Bemerkung'],
      dtype='object')
```

```
In [126... # Selektion patientenrelevanter Baseline Daten
df_hd_sample = df_hd.reindex(columns=['Geschlecht', 'Alter_OP', 'DominantSide',
df_hd_sample
```

```
Out[126...      Geschlecht  Alter_OP  DominantSide  Pathologie_RWG  FUDatum  FUMonate  Verletzungsme...
```

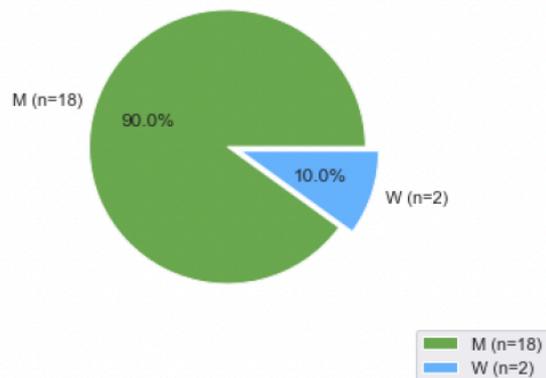
	Geschlecht	Alter_OP	DominantSide	Pathologie_RWG	FUDatum	FUMonate	Verletzungsme...
0	1	49	1	5	2014-10-07	76	
1	1	46	1	5	2014-12-11	76	
2	1	36	1	5	2014-12-09	73	
3	1	43	1	5	2014-10-17	69	
4	1	39	1	5	2014-10-21	68	
5	1	17	1	5	2014-10-21	67	
6	1	18	1	5	2014-10-21	67	
7	1	24	1	5	2014-12-02	66	
8	1	47	1	5	2014-10-21	63	
9	1	40	1	5	2014-10-23	54	
10	2	54	1	5	2014-10-23	51	
11	1	39	1	5	2014-11-21	52	
12	1	40	1	5	2014-11-07	49	
13	1	30	1	5	2014-12-09	47	
14	1	52	1	5	2014-12-09	43	

	Geschlecht	Alter_OP	DominantSide	Pathologie_RWG	FUDatum	FUMonate	Verletzungsm
15	1	36	1	5	2014-12-18	31	
16	1	45	1	5	2014-11-27	16	
17	1	53	1	5	2014-11-20	15	
18	1	59	1	5	2014-12-11	76	
19	2	28	1	5	2014-12-11	43	

In [127...]

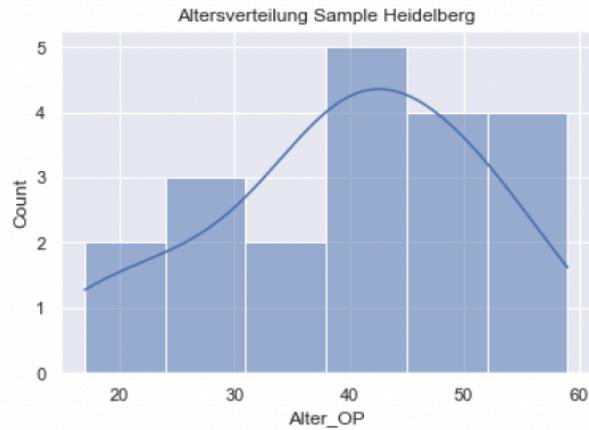
```
# Geschlechtsverteilung Piechart Sample Heidelberg
colors = ['#6aa84f', '#66b3ff']
data = df_hd.Geschlecht.value_counts()
ax = data.plot(kind="pie", autopct='%1.1f%%', explode=[0.05, 0.05], colors=colors)
ax.set_title('Geschlechtsverteilung Heidelberg Sample (n=19)', ylabel='')
ax.legend(bbox_to_anchor=(1, -0), loc='upper left')
plt.show()
```

Geschlechtsverteilung Heidelberg Sample (n=19)



In [128...]

```
# Altersverteilung Sample Heidelberg
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
sns.set_theme(style="darkgrid")
sns.histplot(data=df_hd, x="Alter_OP", kde=True).set(title='Altersverteilung')
plt.show()
```



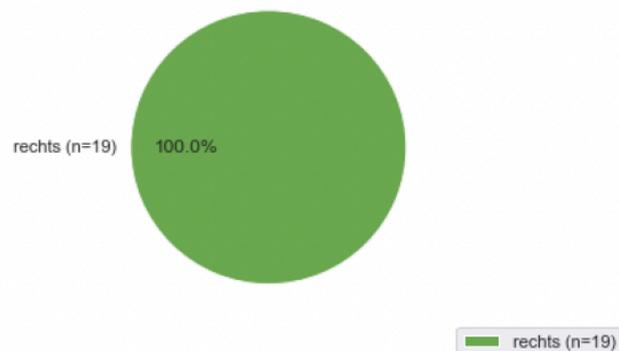
```
In [129... # Altersverteilung Statistiken Sample Heidelberg
df_hd.Alter_OP.describe()
```

```
Out[129... count    20.000000
mean     39.750000
std      11.733331
min      17.000000
25%     34.500000
50%     40.000000
75%     47.500000
max      59.000000
Name: Alter_OP, dtype: float64
```

```
In [130... # Verteilung der Armdominanz Piechart Sample Heidelberg
colors = ['#6aa84f', '#66b3ff']
data = df_hd.DominantSide.value_counts()
ax = data.plot(kind="pie", autopct='%1.1f%%', explode=[0.05], colors=colors,
               title='Verteilung der dominanten Seite Heidelberg Sample (n=19)')
ax.legend(bbox_to_anchor=(1, -0), loc='upper left')
plt.show()

df_hd.DominantSide.describe()
```

Verteilung der dominanten Seite Heidelberg Sample (n=19)



```
Out[130... count    20.0
mean     1.0
std      0.0
min      1.0
25%     1.0
```

```

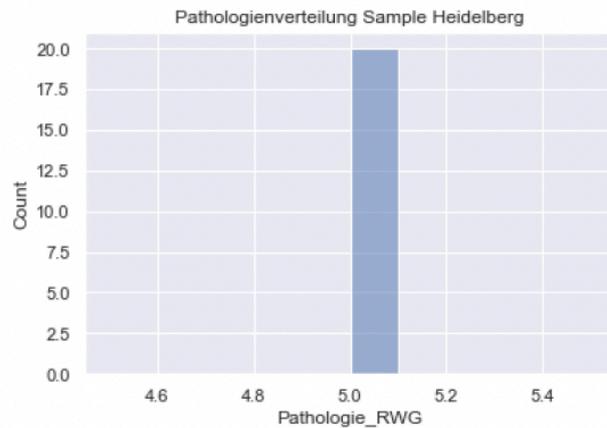
50%      1.0
75%      1.0
max       1.0
Name: DominantSide, dtype: float64

```

```

In [131... # Verteilung Pathologien
sns.set_theme(style="darkgrid")
sns.histplot(data=df_hd, x="Pathologie_RWG", kde=True, bins = 10).set(title='
plt.show()

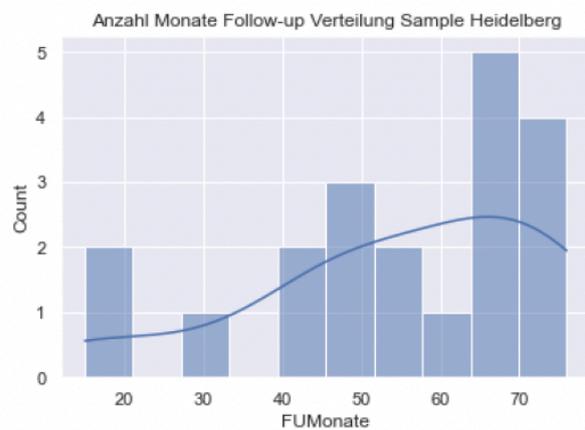
```



```

In [132... # Verteilung Monate Sample Heidelberg
sns.set_theme(style="darkgrid")
sns.histplot(data=df_hd, x="FUMonate", kde=True, bins = 10).set(title='Anzahl
plt.show()

```



```

In [133... # Verteilung Follow-up Monate Statistiken Monate Sample Heidelberg
df_hd.FUMonate.describe()

```

```

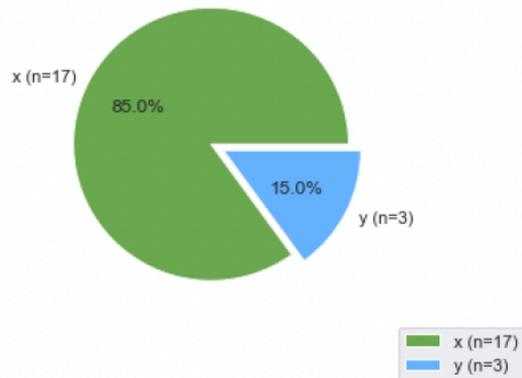
Out[133... count      20.000000
mean       55.100000
std        18.631891
min        15.000000
25%        46.000000
50%        58.500000
75%        68.250000

```

```
max      76.000000
Name: FUMonate, dtype: float64
```

```
In [134... # Verteilung Verletzungsmechanismus Sample Heidelberg
colors = ['#6aa84f', '#66b3ff']
data = df_hd.Verletzungsmechanismus.value_counts()
ax = data.plot(kind="pie", autopct='%1.1f%%', explode=[0.05, 0.05], colors=co
            title='Verletzungsmechanismus Heidelberg Sample (n=20)', ylabel
ax.legend(bbox_to_anchor=(1, -0), loc='upper left')
plt.show()
```

Verletzungsmechanismus Heidelberg Sample (n=20)



```
In [135... # Verteilung Begleitpathologien Sample Heidelberg
df_hd.Begleitpathologien_Zusatz.value_counts()
```

```
Out[135... SSP Rekonstr.      2
Debr. SLAP                2
Resektion Claviculasporn  1
Debr. SSP                 1
Name: Begleitpathologien_Zusatz, dtype: int64
```

Patienten Sample München

```
In [136... # Selektion patientenrelevanter Baseline Daten München
df_muc_sample = df_muc.reindex(columns=['Geschlecht', 'Alter_OP', 'DominanteSe
df_muc_sample
```

```
Out[136...   Geschlecht  Alter_OP  DominanteSeite  Pathologie_RWG  FUDatum  FUMonate
0           1         41                0                5  2014-03-17         17
1           1         51                1                4  2014-03-20         31
2           1         22                1                5  2014-05-12          4
3           1         38                1                5  2014-07-02         13
4           1         49                1                5  2014-04-07          8
5           1         33                1                5  2014-11-24         18
6           1         44                1                5  2014-12-08         11
7           1         41                1                5  2014-04-24         21
```

	Geschlecht	Alter_OP	DominanteSeite	Pathologie_RWG	FUDatum	FUMonate
8	1	31	1	5	2014-03-14	9
9	2	40	1	5	2014-07-23	13
10	1	17	1	5	2015-02-07	19
11	1	45	1	5	2015-04-16	13
12	1	36	1	5	2014-10-23	14
13	1	37	1	5	2015-03-23	12
14	2	47	0	5	2014-08-14	13
15	1	19	1	5	2014-10-09	22
16	1	58	1	5	2014-04-07	10
17	1	35	1	4	2014-03-31	9
18	1	53	1	5	2014-08-18	9
19	2	60	1	4	2015-01-09	39

```
In [137... # Matching mit Heidelberg Kohorte
matching_index=[4,11,12,7,0,10,15,2,14,3,16,9,13,5,18,17,6,1,19,8]
df_muc_matched = df_muc.reindex(matching_index)# Tabelle gemäss Matching index
df_muc_matched.reset_index(inplace=True) #neuen Index setzen
df_muc_matched = df_muc_matched.rename(columns={"index":"old_index"}) #alter
df_muc_matched[['Geschlecht','Alter_OP', 'DominanteSeite', 'Pathologie_RWG',
```

```
Out[137... Geschlecht Alter_OP DominanteSeite Pathologie_RWG FUDatum FUMonate Verletzungs
```

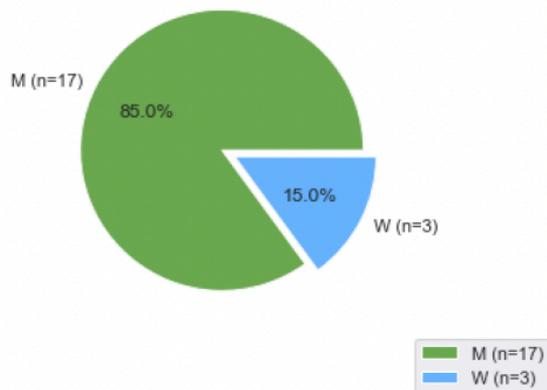
	Geschlecht	Alter_OP	DominanteSeite	Pathologie_RWG	FUDatum	FUMonate	Verletzungs
0	1	49	1	5	2014-04-07	8	
1	1	45	1	5	2015-04-16	13	
2	1	36	1	5	2014-10-23	14	
3	1	41	1	5	2014-04-24	21	
4	1	41	0	5	2014-03-17	17	
5	1	17	1	5	2015-02-07	19	
6	1	19	1	5	2014-10-09	22	
7	1	22	1	5	2014-05-12	4	
8	2	47	0	5	2014-08-14	13	
9	1	38	1	5	2014-07-02	13	
10	1	58	1	5	2014-04-07	10	
11	2	40	1	5	2014-07-23	13	

	Geschlecht	Alter_OP	DominanteSeite	Pathologie_RWG	FUDatum	FUMonate	Verletzungs
12	1	37	1	5	2015-03-23	12	
13	1	33	1	5	2014-11-24	18	
14	1	53	1	5	2014-08-18	9	
15	1	35	1	4	2014-03-31	9	
16	1	44	1	5	2014-12-08	11	
17	1	51	1	4	2014-03-20	31	
18	2	60	1	4	2015-01-09	39	
19	1	31	1	5	2014-03-14	9	

In [138..

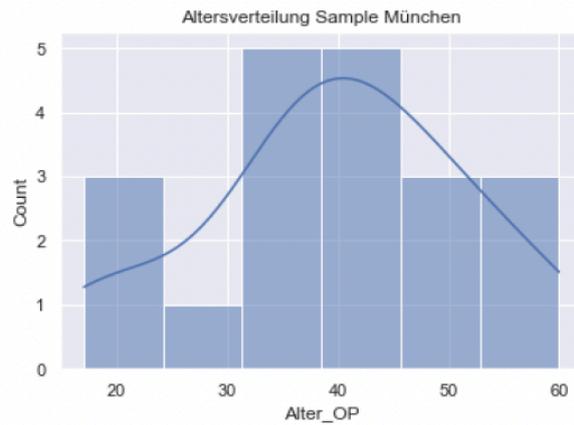
```
# Geschlechtsverteilung München
colors = ['#6aa84f', '#66b3ff']
data = df_muc.Geschlecht.value_counts()
ax = data.plot(kind="pie", autopct='%1.1f%%', explode=[0.05, 0.05], colors=colors,
               title='Geschlechtsverteilung München Sample (n=20)', ylabel='')
ax.legend(bbox_to_anchor=(1, -0), loc='upper left')
plt.show()
```

Geschlechtsverteilung München Sample (n=20)

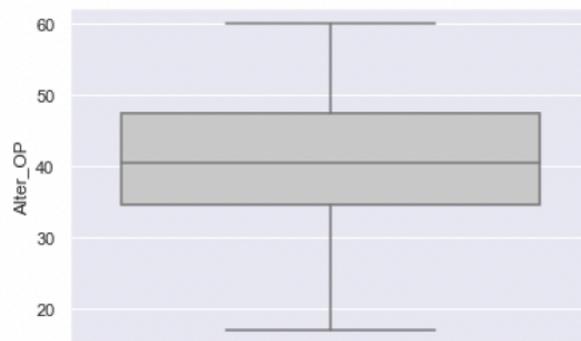


In [139..

```
# Altersverteilung Sample München
sns.set_theme(style="darkgrid")
sns.histplot(data=df_muc, x="Alter_OP", kde=True).set(title='Altersverteilung')
plt.show()
```



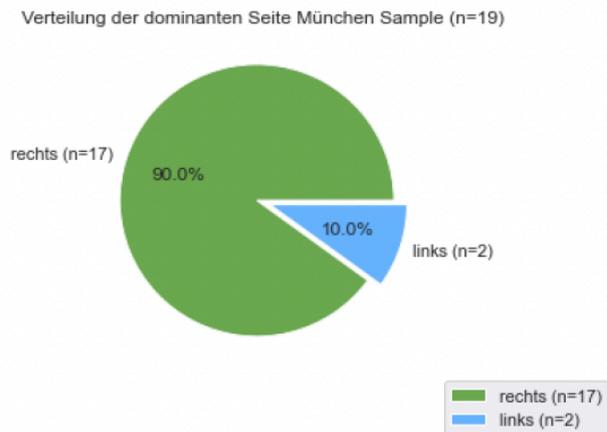
```
In [140... #Altersverteilung Boxplot Sample München
sns.boxplot(y=df_muc.Alter_OP, color=".8", orient="Horizontal")
plt.show()
```



```
In [141... #Altersverteilung Statistiken Sample München
df_muc.Alter_OP.describe()
```

```
Out[141... count    20.000000
mean     39.850000
std      11.842275
min      17.000000
25%     34.500000
50%     40.500000
75%     47.500000
max      60.000000
Name: Alter_OP, dtype: float64
```

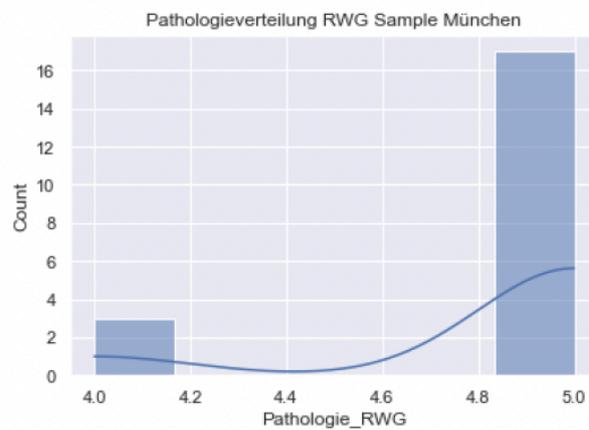
```
In [142... # Verteilung der Armdominanz Sample München
colors = ['#6aa84f', '#66b3ff']
data = df_muc.DominanteSeite.value_counts()
ax = data.plot(kind="pie", autopct='%1.1f%%', explode=[0.05, 0.05], colors=cc
              title='Verteilung der dominanten Seite München Sample (n=19)',
ax.legend(bbox_to_anchor=(1, -0), loc='upper left')
plt.show()
```



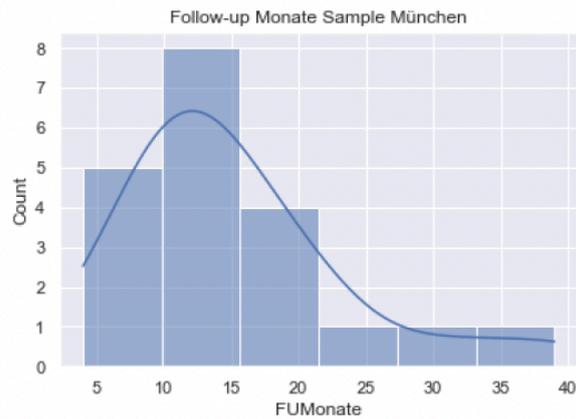
```
In [143... # Verteilung der Armdominanz Statistiken Sample München
df_hd.DominantSide.describe()
```

```
Out[143... count    20.0
mean      1.0
std       0.0
min       1.0
25%      1.0
50%      1.0
75%      1.0
max       1.0
Name: DominantSide, dtype: float64
```

```
In [144... # Pathologieverteilung RWG Sample München
sns.set_theme(style="darkgrid")
sns.histplot(data=df_muc, x="Pathologie_RWG", kde=True).set(title='Pathologie
plt.show()
```



```
In [145... # Follow-up Verteilung in Monaten Sample München
sns.set_theme(style="darkgrid")
sns.histplot(data=df_muc, x="FUMonate", kde=True).set(title='Follow-up Monate
plt.show()
```

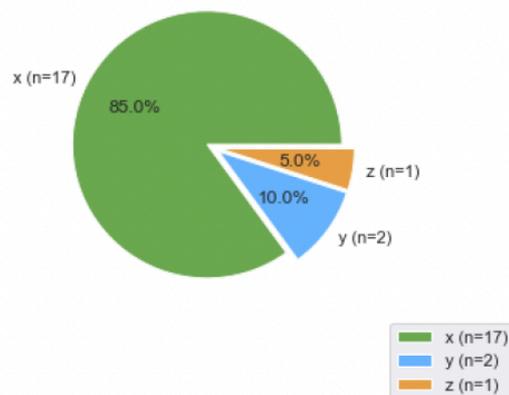


```
In [146... ## Statistiken Follow-up Verteilung in Monaten Sample München
df_muc.FUMonate.describe()
```

```
Out[146... count    20.000000
mean     15.250000
std      8.239028
min      4.000000
25%     9.750000
50%    13.000000
75%    18.250000
max     39.000000
Name: FUMonate, dtype: float64
```

```
In [147... # Verteilung Verletzungsmechanismus Sample München
colors = ['#6aa84f', '#66b3ff', '#e6a147']
data = df_muc.Verletzungsmechanismus.value_counts()
ax = data.plot(kind="pie", autopct='%1.1f%%', explode=[0.05, 0.05, 0.05], col
            title='Verletzungsmechanismus München Sample (n=20)', ylabel='
ax.legend(bbox_to_anchor=(1, -0), loc='upper left')
plt.show()
```

Verletzungsmechanismus München Sample (n=20)



```
In [148... df_muc.Begleitpathologien_Zusatz.value_counts()
# 7 Pully Lesion
# 3 Slap Lesion
```

```
# 5 Supraspinatus
# 2 Subscapularis
# 2 Outlet Impingement
# 1 Fracture Acromion
# 1 Chondropathy Glenoid
```

```
Out[148... Pulley Grad 2
2
SSP-Partialruptur (PASTA, Grad I Habermeyer)
1
SLAP Typ 2 mit Partialruptur des Bizepsankers
1
Pulley Grad 2 mit SSP-Partialruptur (A1 Habermeyer); Chondropathie Grad 4 am
ventralen Glenoid
1
Nicht Dislozierte Acromionfraktur
1
Kombinierte SLAP Typ 2 mit Pully Grad 2; Partialruptur SSP Habermeyer A1
1
Pulley Grad 1 mit SGHL-Einriss
1
SSP-Ruptur (Bateman IIB, Retraktion Patte II); SCP-Partialruptur (Fox/Romeo G
rad I); Mechanisches Outlet-Impingement mit hypertrophierter lat. Clavicula
1
SSP-Ruptur (Bateman II, keine Retraktion); Pulley Läsion Grad IV mit SLAP Typ
II Snyder; SCP-Partiälläsion Grad 1 Fox und Romeo; Mechanisches Outletimpinge
ment 1
Name: Begleitpathologien_Zusatz, dtype: int64
```

Vergleich Patientensamples

Nach Geschlecht

```
In [149... #Geschlechtsvergleich nach Match (Wilcoxon Test)
res_sexdiff = wilcoxon(df_hd.Geschlecht, df_muc_matched.Geschlecht)
res_sexdiff
```

```
Out[149... WilcoxonResult(statistic=6.0, pvalue=0.6547208460185769)
```

```
In [150... #Geschlechtsvergleich nach Match (Wilcoxon Test)
res_sexdiff_group = mannwhitneyu(df_hd.Geschlecht, df_muc_matched.Geschlecht)
res_sexdiff_group
```

```
Out[150... MannwhitneyuResult(statistic=190.0, pvalue=0.326905716854748)
```

Nach Alter

```
In [151... #Altervergleich nach Match (Wilcoxon Test)
res_agediff = wilcoxon(df_hd.Alter_OP, df_muc_matched.Alter_OP, alternative='
res_agediff
```

```
Out[151... WilcoxonResult(statistic=66.0, pvalue=0.916511907863894)
```

```
In [152... #Altersvergleich nach Gruppe (Mann-Whitney U Test)
res_agediff_group = mannwhitneyu(df_hd.Alter_OP, df_muc.Alter_OP, alternative
res_agediff_group
```

```
Out[152... MannwhitneyuResult(statistic=201.5, pvalue=0.9784045879416203)
```

Nach Armdominanz

```
In [153... #Armdominanzvergleich nach Match (Wilcoxon Test)
res_armdiff = wilcoxon(df_hd.DominantSide, df_muc_matched.DominanteSeite)
res_armdiff
```

```
Out[153... WilcoxonResult(statistic=0.0, pvalue=0.15729920705028502)
```

```
In [154... #Armdominanzvergleich nach Match (Wilcoxon Test)
res_armdiff_group = mannwhitneyu(df_hd.DominantSide, df_muc_matched.Dominante
res_armdiff_group
```

```
Out[154... MannwhitneyuResult(statistic=180.0, pvalue=0.0812243368284184)
```

Nach Verletzung der dominanten Seite

```
In [155... # Berechnung Variable DominantSideInjured
# 1 sofern Verletzte Armseite auch die Dominante Armseite ist
df_hd['DominantSideInjured'] = (df_hd['Seite'].eq(df_hd['DominantSide'])).asty
df_muc_matched['DominantSideInjured'] = (df_muc_matched['Seite'].eq(df_muc_ma
```

```
In [156... #DominantSideInjured nach Match (Wilcoxon Test)
res_arminjdiff = wilcoxon(df_hd.DominantSideInjured, df_muc_matched.Dominants
res_arminjdiff
```

```
Out[156... WilcoxonResult(statistic=30.0, pvalue=0.763024600552995)
```

```
In [157... #DominantSideInjured nach Match (Wilcoxon Test)
res_arminjdiff_group = mannwhitneyu(df_hd.DominantSideInjured, df_muc_matched
res_arminjdiff_group
```

```
Out[157... MannwhitneyuResult(statistic=190.0, pvalue=0.38322985780008517)
```

Nach Pathologie Rockwood Grad

```
In [158... #Pathologievergleich gemäss Rockwood Grad nach Match (Wilcoxon Test)
res_rwgdiff = wilcoxon(df_hd.Pathologie_RWG, df_muc_matched.Pathologie_RWG, a
res_rwgdiff
```

```
Out[158... WilcoxonResult(statistic=0.0, pvalue=0.0832645166635504)
```

```
In [159... #Pathologievergleich gemäss Rockwood Grad nach Match (Wilcoxon Test)
res_rwgdiff_group = mannwhitneyu(df_hd.Pathologie_RWG, df_muc_matched.Patholo
res_rwgdiff_group
```

```
Out[159... MannwhitneyuResult(statistic=230.0, pvalue=0.08035854543106304)
```

Nach Follow-up Monaten

```
In [160... #Vergleich Follow-up Zeitraum nach Match (Wilcoxon Test)
res_rwgdiff = wilcoxon(df_hd.FUMonate, df_muc_matched.FUMonate, alternative='
```

```
res_rwgdiff
```

```
Out[160...] WilcoxonResult(statistic=2.0, pvalue=5.7220458984375e-06)
```

```
In [161...] #Vergleich Follow-up Zeitraum nach Match (Wilcoxon Test)
res_armdiff = mannwhitneyu(df_hd.FUMonate, df_muc_matched.FUMonate, alternati
res_armdiff
```

```
Out[161...] MannwhitneyuResult(statistic=384.5, pvalue=6.28894120576692e-07)
```

Vergleich Injury Mechanismus

```
In [162...] # Vergleich
res_injmechdiff = wilcoxon(df_hd.Verletzungsmechanismus, df_muc_matched.Verle
res_injmechdiff
```

```
Out[162...] WilcoxonResult(statistic=9.0, pvalue=0.7388826803635273)
```

```
In [163...] # Vergleich
res_injmechdiff_group = mannwhitneyu(df_hd.Verletzungsmechanismus, df_muc_mat
res_injmechdiff_group
```

```
Out[163...] MannwhitneyuResult(statistic=198.5, pvalue=0.965188514513838)
```

Vergleich klinischer Scores

Subjective Shoulder Value

```
In [164...] # Subjective Shoulder Value nach Match (Wilcoxon Test)
res_ssvdiff = wilcoxon(df_hd.SSVGerber, df_muc_matched.SSVGerber, alternative
res_ssvdiff
```

```
Out[164...] WilcoxonResult(statistic=79.5, pvalue=0.793211592745533)
```

```
In [165...] # Subjective Shoulder Value nach Match (Group Test)
res_ssvdiff = mannwhitneyu(df_hd.SSVGerber, df_muc_matched.SSVGerber, alterna
res_ssvdiff
```

```
Out[165...] MannwhitneyuResult(statistic=224.5, pvalue=0.5072906469807931)
```

```
In [166...] df_hd.SSVGerber.describe(), df_muc_matched.SSVGerber.describe()
```

```
Out[166...] (count      20.000000
mean       91.550000
std        11.213127
min        50.000000
25%        90.000000
50%        95.000000
75%        97.000000
max        100.000000
Name: SSVGerber, dtype: float64,
count      20.000000
```

```

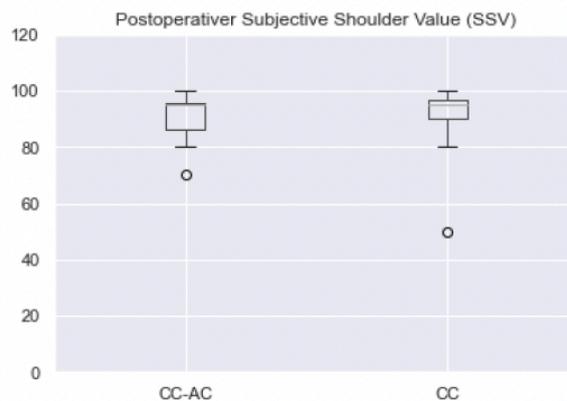
mean      91.150000
std       7.982052
min       70.000000
25%      86.500000
50%      95.000000
75%      95.750000
max      100.000000
Name: SSVGerber, dtype: float64

```

```

In [167... df_bp = pd.concat([df_muc_matched.SSVGerber, df_hd.SSVGerber],axis=1, keys=['
df_bp.boxplot()
title_boxplot = 'Postoperativer Subjective Shoulder Value (SSV)'
plt.title( title_boxplot )
plt.suptitle('')
plt.ylim(0, 120)
plt.show()

```



Constant Score

```

In [168... # Constant Score nach Match (Wilcoxon Test)
res_csdiff = wilcoxon(df_hd.CS_TotalPostop, df_muc_matched.CS_TotalPostop, al
res_csdiff

```

```

Out[168... WilcoxonResult(statistic=69.5, pvalue=0.20244979858398438)

```

```

In [169... # Constant Score nach Match (Group Test)
res_csdiff = mannwhitneyu(df_hd.CS_TotalPostop, df_muc_matched.CS_TotalPostop
res_csdiff

```

```

Out[169... MannwhitneyuResult(statistic=250.0, pvalue=0.17945108896741335)

```

```

In [170... df_hd.CS_TotalPostop.describe(), df_muc_matched.CS_TotalPostop.describe()

```

```

Out[170... (count      20.000000
mean       92.250000
std        6.068686
min        79.000000
25%        89.000000
50%        93.000000
75%        98.000000
max       100.000000
Name: CS_TotalPostop, dtype: float64,

```

```

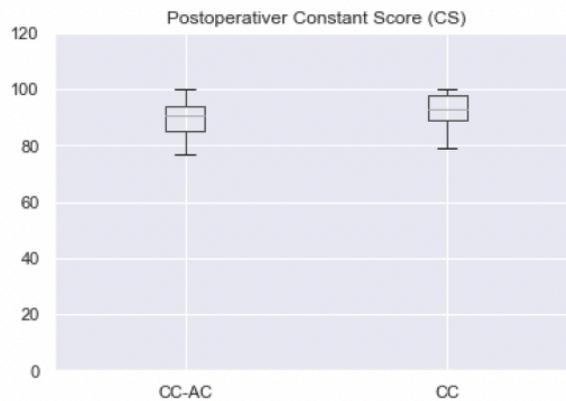
count      20.00000
mean       89.40000
std        6.66807
min        77.00000
25%        85.25000
50%        90.50000
75%        94.00000
max        100.00000
Name: CS_TotalPostop, dtype: float64)

```

```

In [171... df_bp = pd.concat([df_muc_matched.CS_TotalPostop, df_hd.CS_TotalPostop],axis=
df_bp.boxplot()
title_boxplot = 'Postoperativer Constant Score (CS)'
plt.title( title_boxplot )
plt.suptitle('')
plt.ylim(0, 120)
plt.show()

```



ACJI Score

```

In [172... # ACJI Score nach Match (Wilcoxon Test)
a = df_hd.TotalACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
b = df_muc_matched.TotalACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
res_acjisdiff = wilcoxon(b, a, alternative='two-sided')
res_acjisdiff

```

```

Out[172... WilcoxonResult(statistic=31.5, pvalue=0.0182342529296875)

```

```

In [173... res_acjisdiff = mannwhitneyu(b, a, alternative='two-sided')
res_acjisdiff

```

```

Out[173... MannwhitneyuResult(statistic=236.5, pvalue=0.018533603433075564)

```

```

In [174... a.describe(), b.describe()

```

```

Out[174... (count      18.000000
mean       77.111111
std        8.864263
min        59.000000
25%        74.000000
50%        76.500000
75%        78.750000)

```

```

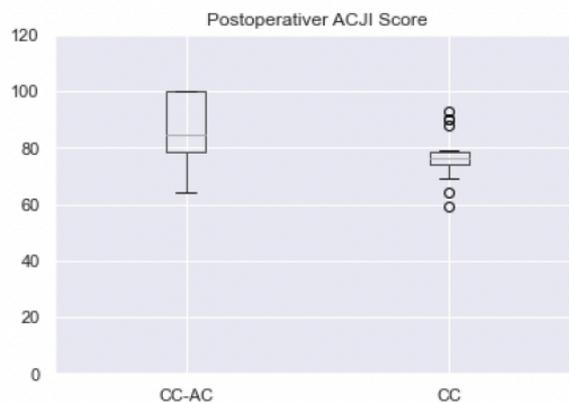
max      93.000000
Name: TotalACJIS, dtype: float64,
count    18.000000
mean     86.111111
std      11.731751
min      64.000000
25%      78.500000
50%      84.500000
75%     100.000000
max     100.000000
Name: TotalACJIS, dtype: float64)

```

```

In [175...] df_bp = pd.concat([b, a],axis=1, keys=['CC-AC', 'CC'])
df_bp.boxplot()
title_boxplot = 'Postoperativer ACJI Score'
plt.title( title_boxplot )
plt.suptitle('')
plt.ylim(0, 120)
plt.show()

```



Schmerz Sub-Score

```

In [176...] #Schmerz Sub-Score
a = df_hd.SchmerzACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
b = df_muc_matched.SchmerzACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
res_schmerzacjis_diff = wilcoxon(b, a, alternative='two-sided')
res_schmerzacjis_diff

```

```

Out[176...] WilcoxonResult(statistic=15.5, pvalue=0.2074739948172014)

```

```

In [177...] res_schmerzacjis_diff = mannwhitneyu(b, a, alternative='two-sided')
res_schmerzacjis_diff

```

```

Out[177...] MannwhitneyuResult(statistic=125.0, pvalue=0.1417610381339045)

```

```

In [178...] a.describe(), b.describe()

```

```

Out[178...] (count    18.000000
mean     18.888889
std       2.741594
min       10.000000
25%       20.000000
50%       20.000000)

```

```

75%      20.000000
max      20.000000
Name: SchmerzACJIS, dtype: float64,
count    18.000000
mean     17.222222
std      3.919117
min      10.000000
25%      15.000000
50%      20.000000
75%      20.000000
max      20.000000
Name: SchmerzACJIS, dtype: float64)

```

Alltagsaktivitäten Sub-Score

```

In [179... # ADL Sub-Score nach Match (Wilcoxon Test)
a = df_hd.ADLACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
b = df_muc_matched.ADLACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
res_adlacjisdiff = wilcoxon(b, a, alternative='two-sided')
res_adlacjisdiff

```

```

Out[179... WilcoxonResult(statistic=0.0, pvalue=0.31731050786291415)

```

```

In [180... res_adlacjisdiff = mannwhitneyu(b, a, alternative='two-sided')
res_adlacjisdiff

```

```

Out[180... MannwhitneyuResult(statistic=153.0, pvalue=0.34494257882861634)

```

```

In [181... a.describe(), b.describe()

```

```

Out[181... (count      18.0
mean        10.0
std          0.0
min         10.0
25%         10.0
50%         10.0
75%         10.0
max         10.0
Name: ADLACJIS, dtype: float64,
count    18.000000
mean     9.722222
std      1.178511
min      5.000000
25%     10.000000
50%     10.000000
75%     10.000000
max     10.000000
Name: ADLACJIS, dtype: float64)

```

Kosmetik Sub-Score

```

In [182... # Cosmesis Sub-Score nach Match (Wilcoxon Test)
a = df_hd.CosmesisACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
b = df_muc_matched.CosmesisACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
res_cosmesisacjisdiff = wilcoxon(b, a, alternative='two-sided')
res_cosmesisacjisdiff

```

```

Out[182... WilcoxonResult(statistic=15.5, pvalue=0.2074739948172014)

```

```
In [183... res_cosmesisacjisdiff = mannwhitneyu(b, a, alternative='two-sided')
res_cosmesisacjisdiff
```

```
Out[183... MannwhitneyuResult(statistic=195.0, pvalue=0.2581886452602763)
```

```
In [184... a.describe(), b.describe()
```

```
Out[184... (count      18.000000
mean        5.555556
std         4.501271
min         0.000000
25%         0.000000
50%         5.000000
75%        10.000000
max        10.000000
Name: CosmesisACJIS, dtype: float64,
count      18.000000
mean        7.222222
std         3.919117
min         0.000000
25%         5.000000
50%        10.000000
75%        10.000000
max        10.000000
Name: CosmesisACJIS, dtype: float64)
```

Range of Motion Sub-Score

```
In [185... # ROM Sub-Score nach Match (Wilcoxon Test)
a = df_hd.ROMACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
b = df_muc_matched.ROMACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
res_romacjisdiff = wilcoxon(b, a, alternative='two-sided')
res_romacjisdiff
```

```
Out[185... WilcoxonResult(statistic=1.5, pvalue=1.0)
```

```
In [186... res_romacjisdiff = mannwhitneyu(b, a, alternative='two-sided')
res_romacjisdiff
```

```
Out[186... MannwhitneyuResult(statistic=162.0, pvalue=0.9768241585807171)
```

```
In [187... a.describe(), b.describe()
```

```
Out[187... (count      18.000000
mean         9.444444
std          1.616904
min          5.000000
25%         10.000000
50%         10.000000
75%         10.000000
max         10.000000
Name: ROMACJIS, dtype: float64,
count      18.000000
mean         9.444444
std          1.616904
min          5.000000
25%         10.000000
50%         10.000000
75%         10.000000)
```

```
max      10.000000
Name: ROMACJIS, dtype: float64)
```

Kraft Sub-Score

```
In [188... # Kraft Sub-Score nach Match (Wilcoxon Test)
a = df_hd.KraftPunkteACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
b = df_muc_matched.KraftPunkteACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
res_kpacjisdif = wilcoxon(b, a, alternative='two-sided')
res_kpacjisdif
```

```
Out[188... WilcoxonResult(statistic=7.0, pvalue=0.1067188163293824)
```

```
In [189... res_kpacjisdif = mannwhitneyu(b, a, alternative='two-sided')
res_kpacjisdif
```

```
Out[189... MannwhitneyuResult(statistic=200.0, pvalue=0.10156725794172256)
```

```
In [190... a.describe(), b.describe()
```

```
Out[190... (count      18.000000
mean       12.777778
std        3.523961
min        5.000000
25%       10.000000
50%       15.000000
75%       15.000000
max       15.000000
Name: KraftPunkteACJIS, dtype: float64,
count      18.000000
mean       14.444444
std        1.616904
min       10.000000
25%       15.000000
50%       15.000000
75%       15.000000
max       15.000000
Name: KraftPunkteACJIS, dtype: float64)
```

Radiologischer Sub-Score

```
In [191... # Radiologischer Sub-Score nach Match (Wilcoxon Test)
a = df_hd.RadiologicsACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
b = df_muc_matched.RadiologicsACJIS.loc[0:17].apply(pd.to_numeric)
res_rdacjisdif = wilcoxon(b, a, alternative='two-sided')
res_rdacjisdif
```

```
Out[191... WilcoxonResult(statistic=20.5, pvalue=0.007903909815086303)
```

```
In [192... res_rdacjisdif = mannwhitneyu(b, a, alternative='two-sided')
res_rdacjisdif
```

```
Out[192... MannwhitneyuResult(statistic=249.5, pvalue=0.005083945114802223)
```

```
In [193... a.describe(), b.describe()
```

```

Out[193... (count      18.000000
            mean       20.444444
            std        6.955508
            min        9.000000
            25%       19.000000
            50%       19.000000
            75%       23.000000
            max       35.000000
            Name: RadiologicsACJIS, dtype: float64,
            count      18.000000
            mean       28.055556
            std        7.779855
            min       13.000000
            25%       23.000000
            50%       31.000000
            75%       35.000000
            max       35.000000
            Name: RadiologicsACJIS, dtype: float64)

```

Taft Score

```

In [194... # Taft Score nach Match (Wilcoxon Test)
res_taftdiff = wilcoxon(df_hd.TotalTaft, df_muc_matched.TotalTaft, alternativ
res_taftdiff

```

```

Out[194... WilcoxonResult(statistic=47.0, pvalue=0.04935196115258264)

```

```

In [195... # Taft Score nach Match (Group Test)
res_taftdiff = mannwhitneyu(df_hd.TotalTaft, df_muc_matched.TotalTaft, altern
res_taftdiff

```

```

Out[195... MannwhitneyuResult(statistic=108.0, pvalue=0.01080826358755542)

```

```

In [196... df_hd.TotalTaft.describe(), df_muc_matched.TotalTaft.describe()

```

```

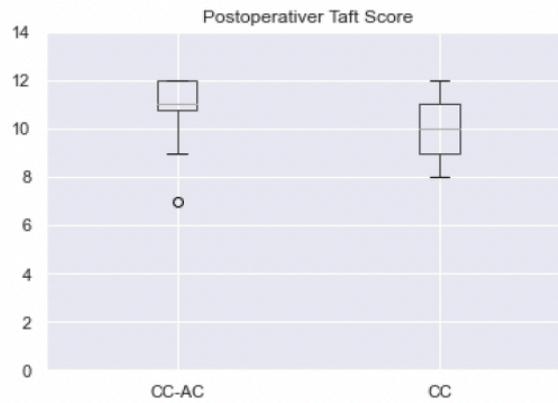
Out[196... (count      20.000000
            mean       10.050000
            std        1.099043
            min        8.000000
            25%        9.000000
            50%       10.000000
            75%       11.000000
            max       12.000000
            Name: TotalTaft, dtype: float64,
            count      20.000000
            mean       10.950000
            std        1.356272
            min        7.000000
            25%       10.750000
            50%       11.000000
            75%       12.000000
            max       12.000000
            Name: TotalTaft, dtype: float64)

```

```

In [197... df_bp = pd.concat([df_muc_matched.TotalTaft, df_hd.TotalTaft],axis=1, keys=['
df_bp.boxplot()
title_boxplot = 'Postoperativer Taft Score'
plt.title( title_boxplot )
plt.suptitle('')
plt.ylim(0, 14)
plt.show()

```



Subscore Schmerzen

```
In [198... # SchmerzenTaft nach Match (Wilcoxon Test)
res_schmerztaftdiff = wilcoxon(df_hd.SchmerzenTaft, df_muc_matched.SchmerzenT
res_schmerztaftdiff
```

```
Out[198... WilcoxonResult(statistic=20.0, pvalue=0.40538055645894233)
```

```
In [199... df_hd.SchmerzenTaft.describe(), df_muc_matched.SchmerzenTaft.describe()
```

```
Out[199... (count    20.000000
mean      3.750000
std       0.444262
min       3.000000
25%      3.750000
50%      4.000000
75%      4.000000
max       4.000000
Name: SchmerzenTaft, dtype: float64,
count    20.000000
mean     3.550000
std      0.759155
min      1.000000
25%      3.000000
50%      4.000000
75%      4.000000
max      4.000000
Name: SchmerzenTaft, dtype: float64)
```

Subscore Kraft & Beweglichkeit

```
In [200... # KraftBeweglTaft nach Match (Wilcoxon Test)
res_kraftbewegltaftdiff = wilcoxon(df_hd.KraftBeweglTaft, df_muc_matched.Kraf
res_kraftbewegltaftdiff
```

```
Out[200... WilcoxonResult(statistic=4.0, pvalue=0.007656746711947124)
```

```
In [201... # KraftBeweglTaft nach Match (Group Test)
res_kraftbewegltaftdiff = mannwhitneyu(df_hd.KraftBeweglTaft, df_muc_matched.
res_kraftbewegltaftdiff
```

```
Out[201...] MannwhitneyuResult(statistic=104.0, pvalue=0.0025767129356923696)
```

```
In [202...] df_hd.KraftBeweglTaft.describe(), df_muc_matched.KraftBeweglTaft.describe()
```

```
Out[202...] (count      20.000000
mean        3.200000
std         0.767772
min         2.000000
25%         3.000000
50%         3.000000
75%         4.000000
max         4.000000
Name: KraftBeweglTaft, dtype: float64,
count      20.000000
mean        3.850000
std         0.366348
min         3.000000
25%         4.000000
50%         4.000000
75%         4.000000
max         4.000000
Name: KraftBeweglTaft, dtype: float64)
```

Subscore Radiologie

```
In [203...] # RadiologicsTaftnach Match (Wilcoxon Test)
res_radiotaftdiff = wilcoxon(df_hd.RadiologicsTaft, df_muc_matched.Radiologic
res_radiotaftdiff
```

```
Out[203...] WilcoxonResult(statistic=14.0, pvalue=0.012554918596966547)
```

```
In [204...] # RadiologicsTaftnach Match (Group Test)
res_radiotaftdiff = mannwhitneyu(df_hd.RadiologicsTaft, df_muc_matched.Radiol
res_radiotaftdiff
```

```
Out[204...] MannwhitneyuResult(statistic=109.0, pvalue=0.0037516808789361564)
```

```
In [205...] df_hd.RadiologicsTaft.describe(), df_muc_matched.RadiologicsTaft.describe()
```

```
Out[205...] (count      20.000000
mean        3.100000
std         0.307794
min         3.000000
25%         3.000000
50%         3.000000
75%         3.000000
max         4.000000
Name: RadiologicsTaft, dtype: float64,
count      20.000000
mean        3.550000
std         0.604805
min         2.000000
25%         3.000000
50%         4.000000
75%         4.000000
max         4.000000
Name: RadiologicsTaft, dtype: float64)
```

Kraftdifferenz

```
In [206... res_kraftdiff = wilcoxon(df_hd.KraftdifferenzProzentual, df_muc_matched.Kraft  
res_kraftdiff
```

```
Out[206... WilcoxonResult(statistic=67.0, pvalue=0.49800872802734375)
```

```
In [207... res_kraftdiff = mannwhitneyu(df_hd.KraftdifferenzProzentual, df_muc_matched.K  
res_kraftdiff
```

```
Out[207... MannwhitneyuResult(statistic=194.0, pvalue=0.8814045617487195)
```

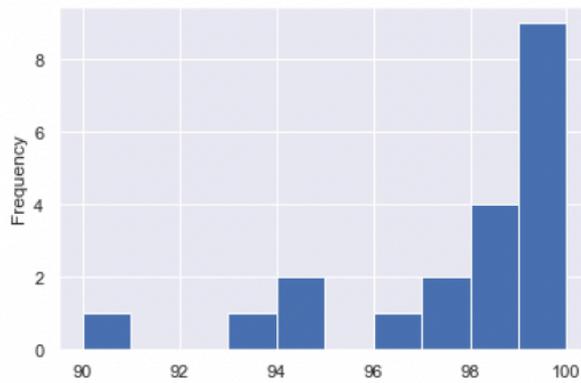
```
In [208... df_hd.KraftdifferenzProzentual.describe(), df_muc_matched.KraftunterschiedPro
```

```
Out[208... (count      20.000000  
mean         6.340000  
std          10.215746  
min         -11.300000  
25%           0.000000  
50%           4.650000  
75%          12.125000  
max           25.400000  
Name: KraftdifferenzProzentual, dtype: float64,  
count      17.000000  
mean         3.735294  
std          11.782611  
min         -18.500000  
25%           0.000000  
50%           2.400000  
75%           7.200000  
max           28.800000  
Name: KraftunterschiedProzentual, dtype: float64)
```

ASES

```
In [209... df_muc.ASESratingscale.plot(kind='hist')  
df_muc.ASESratingscale.describe()
```

```
Out[209... count      20.000000  
mean         97.400000  
std           2.722228  
min          90.000000  
25%          96.750000  
50%          98.000000  
75%          99.000000  
max          100.000000  
Name: ASESratingscale, dtype: float64
```



In []:

Radiologische Auswertung

CC Abstand

In [210...]

```
# Berechnung von CC_Abstand in Prozent
df_hd_cc = df_hd[['CCAbstandPostop', 'CCAbstandKontralateral', 'CCAbstandDifferenz']]
df_hd_cc['CCAbstandProzent'] = round((df_hd_cc.CCAbstandDifferenz) / df_hd_cc.CCAbstandKontralateral)
df_hd_cc
```

Out[210...]

	CCAbstandPostop	CCAbstandKontralateral	CCAbstandDifferenz	CCAbstandProzent
0	19	15	4	0.267
1	12	14	-2	-0.143
3	16	13	3	0.231
4	18	15	3	0.200
5	16	14	2	0.143
6	17	12	5	0.417
7	16	11	5	0.455
8	11	9	2	0.222
9	15	12	3	0.250
10	13	8	5	0.625
12	13	8	5	0.625
13	15	15	0	0.000
14	13	13	0	0.000
15	22	13	9	0.692
16	15	11	4	0.364
17	10	9	1	0.111

```
In [211... # Statistik zur CC AbstandPostop
df_hd_cc['CCAbstandPostop'].describe()
```

```
Out[211... count    16.000000
mean     15.062500
std      3.086935
min      10.000000
25%     13.000000
50%     15.000000
75%     16.250000
max      22.000000
Name: CCAbstandPostop, dtype: float64
```

```
In [ ]:
```

```
In [212... # Statistik zur CC AbstandKontralateral
df_hd_cc['CCAbstandKontralateral'].describe()
```

```
Out[212... count    16.00000
mean     12.00000
std      2.44949
min      8.00000
25%     10.50000
50%     12.50000
75%     14.00000
max      15.00000
Name: CCAbstandKontralateral, dtype: float64
```

```
In [ ]:
```

```
In [213... # Durchschnittliche CC Abstandprozent
df_hd_cc['CCAbstandProzent'].describe()
```

```
Out[213... count    16.000000
mean     0.278687
std      0.239515
min     -0.143000
25%     0.135000
50%     0.240500
75%     0.426500
max      0.692000
Name: CCAbstandProzent, dtype: float64
```

```
In [ ]:
```

```
In [214... df_muc_cc = df_muc[['CCAbstandPostop', 'CCAbstandKontra', 'CCAbstandDifferenz']
df_muc_cc['CCAbstandProzent'] = round((df_muc_cc.CCAbstandDifferenz)/df_muc_cc.
df_muc_cc
```

```
Out[214...   CCAbstandPostop  CCAbstandKontra  CCAbstandDifferenz  CCAbstandProzent
0                13                11                 2             0.182
1                20                13                 7             0.538
2                10                10                 0             0.000
3                10                10                 0             0.000
```

	CCAbstandPostop	CCAbstandKontra	CCAbstandDifferenz	CCAbstandProzent
4	15	11	4	0.364
5	11	8	3	0.375
6	11	11	0	0.000
7	7	7	0	0.000
8	17	13	4	0.308
9	11	10	1	0.100
10	11	9	2	0.222
11	12	7	5	0.714
12	12	11	1	0.091
13	15	12	3	0.250
15	14	12	2	0.167
16	15	12	3	0.250
17	11	9	2	0.222
18	9	8	1	0.125
19	5	5	0	0.000

```
In [215... # Statistik zur CC AbstandPostop
df_muc_cc['CCAbstandPostop'].describe()
```

```
Out[215... count    19.000000
mean     12.052632
std      3.471690
min      5.000000
25%     10.500000
50%     11.000000
75%     14.500000
max     20.000000
Name: CCAbstandPostop, dtype: float64
```

```
In [216... # Statistik zur CC AbstandKontralateral
df_muc_cc['CCAbstandKontra'].describe()
```

```
Out[216... count    19.000000
mean     9.947368
std      2.197819
min      5.000000
25%     8.500000
50%     10.000000
75%     11.500000
max     13.000000
Name: CCAbstandKontra, dtype: float64
```

```
In [217... # Statistik zur CC Abstand in Prozent
df_muc_cc['CCAbstandProzent'].describe()
```

```
Out[217... count    19.000000
mean     0.205684
std      0.194636
min      0.000000
25%     0.045500
50%     0.182000
```

```

75%      0.279000
max      0.714000
Name: CCAbstandProzent, dtype: float64

```

```

In [218... # Mannwhitney-U Vergleich der Gruppen
           ## Kein Wilcoxon Test, da ungleiches Sample Set

```

```

In [219... res_ccabstanddiff = mannwhitneyu(df_hd_cc['CCAbstandProzent'], df_muc_cc['CCA
           res_ccabstanddiff

```

```

Out[219... MannwhitneyResult(statistic=183.5, pvalue=0.3024047949000468)

```

AC Abstand

```

In [220... df_hd_ac = df_hd[['ACAbstandPostop', 'ACAbstandKontralateral', 'ACAbstandDiffe
           df_hd_ac['ACAbstandProzent']=round(np.absolute(df_hd_ac.ACAbstandDifferenz)/d
           df_hd_ac

```

```

Out[220...   ACAbstandPostop  ACAbstandKontralateral  ACAbstandDifferenz  ACAbstandProzent
0                5                5                0                0.000
1                8                8                0                0.000
3                5                4                1                0.250
4                3                2                1                0.500
5                6                4                2                0.500
6                2                2                0                0.000
7                9                6                3                0.500
8               13                7                6                0.857
9               11                9                2                0.222
10               5                3                2                0.667
12               6                5                1                0.200
13               4                4                0                0.000
14               9                8                1                0.125
15               6                6                0                0.000
17              16                4               12                3.000

```

```

In [221... # Statistik zur AC AbstandPostop
           df_hd_ac['ACAbstandPostop'].describe()

```

```

Out[221... count    15.000000
           mean     7.200000
           std      3.839643
           min      2.000000
           25%      5.000000
           50%      6.000000
           75%      9.000000
           max     16.000000
           Name: ACAbstandPostop, dtype: float64

```

```
In [222... # Statistik zur AC AbstandKontralateral
df_hd_ac['ACAbstandKontralateral'].describe()
```

```
Out[222... count    15.000000
mean     5.133333
std      2.166850
min      2.000000
25%     4.000000
50%     5.000000
75%     6.500000
max      9.000000
Name: ACAbstandKontralateral, dtype: float64
```

```
In [223... # Statistik zur AC ACAbstandProzent
df_hd_ac['ACAbstandProzent'].describe()
```

```
Out[223... count    15.000000
mean     0.454733
std      0.755693
min      0.000000
25%     0.000000
50%     0.222000
75%     0.500000
max      3.000000
Name: ACAbstandProzent, dtype: float64
```

```
In [224... df_muc[['ACAbstandPostop', 'ACAbstandKontra', 'ACAbstandDifferenz']]
```

```
Out[224...   ACAbstandPostop  ACAbstandKontra  ACAbstandDifferenz
0                9.0                6.0                3.0
1                 3.0                4.0               -1.0
2                 6.0                2.0                4.0
3                 7.0                8.0               -1.0
4                11.0                6.0                5.0
5                 6.0                4.0                2.0
6                 8.0                7.0                1.0
7                 7.0                4.0                3.0
8                 6.0                6.0                0.0
9                 4.0                1.0                3.0
10                10.0                7.0                3.0
11                 9.0                5.0                4.0
12                 2.0                3.0                1.0
13                 5.0                7.0                2.0
14                NaN                NaN                NaN
15                 9.0                5.0                4.0
16                15.0                3.0               12.0
17                 6.0                4.0                2.0
18                 1.0                2.0               -1.0
```

	ACAbstandPostop	ACAbstandKontra	ACAbstandDifferenz
19	10.0	6.0	4.0

```
In [225... df_muc_ac = df_muc[['ACAbstandPostop', 'ACAbstandKontra', 'ACAbstandDifferenz']
df_muc_ac['ACAbstandProzent'] = round((df_muc_ac.ACAbstandDifferenz)/df_muc_ac
df_muc_ac
```

```
Out[225... 
```

	ACAbstandPostop	ACAbstandKontra	ACAbstandDifferenz	ACAbstandProzent
0	9	6	3	0.500
1	3	4	-1	-0.250
2	6	2	4	2.000
3	7	8	-1	-0.125
4	11	6	5	0.833
5	6	4	2	0.500
6	8	7	1	0.143
7	7	4	3	0.750
8	6	6	0	0.000
9	4	1	3	3.000
10	10	7	3	0.429
11	9	5	4	0.800
12	2	3	1	0.333
13	5	7	2	0.286
15	9	5	4	0.800
16	15	3	12	4.000
17	6	4	2	0.500
18	1	2	-1	-0.500
19	10	6	4	0.667

```
In [226... df_muc_ac = df_muc[['ACAbstandPostop', 'ACAbstandKontra', 'ACAbstandDifferenz']
df_muc_ac['ACAbstandProzent'] = round((df_muc_ac.ACAbstandDifferenz)/df_muc_ac
df_muc_ac
```

```
Out[226... 
```

	ACAbstandPostop	ACAbstandKontra	ACAbstandDifferenz	ACAbstandProzent
0	9	6	3	0.500
1	3	4	-1	-0.250
2	6	2	4	2.000
3	7	8	-1	-0.125
4	11	6	5	0.833
5	6	4	2	0.500
6	8	7	1	0.143
7	7	4	3	0.750

	ACAbstandPostop	ACAbstandKontra	ACAbstandDifferenz	ACAbstandProzent
8	6	6	0	0.000
9	4	1	3	3.000
10	10	7	3	0.429
11	9	5	4	0.800
12	2	3	1	0.333
13	5	7	2	0.286
15	9	5	4	0.800
16	15	3	12	4.000
17	6	4	2	0.500
18	1	2	-1	-0.500
19	10	6	4	0.667

```
In [227...] # Statistik zur AC AbstandPostop
df_muc_ac['ACAbstandPostop'].describe()
```

```
Out[227...] count    19.000000
mean     7.052632
std      3.374310
min      1.000000
25%      5.500000
50%      7.000000
75%      9.000000
max     15.000000
Name: ACAbstandPostop, dtype: float64
```

```
In [228...] # Statistik zur AC ACAbstandKontra
df_muc_ac['ACAbstandKontra'].describe()
```

```
Out[228...] count    19.000000
mean     4.736842
std      1.967573
min      1.000000
25%      3.500000
50%      5.000000
75%      6.000000
max      8.000000
Name: ACAbstandKontra, dtype: float64
```

```
In [229...] # Statistik zur AC ACAbstandProzent
df_muc_ac['ACAbstandProzent'].describe()
```

```
Out[229...] count    19.000000
mean     0.771895
std      1.108953
min     -0.500000
25%      0.214500
50%      0.500000
75%      0.800000
max      4.000000
Name: ACAbstandProzent, dtype: float64
```

```
In [230...] # Mann-Whitney-U Test
## Kein Wilcoxon Test möglich, da Sample Sets unterschiedlich
```

```
res_acabstanddiff = mannwhitneyu(df_hd_ac['ACAbstandProzent'], df_muc_ac['ACA
res_acabstanddiff
```

Out[230...] MannwhitneyuResult(statistic=110.0, pvalue=0.26436106011371563)

Horizontale Instabilität

```
In [231...] df_hd_hi = df_hd[['HorizontaleInstabilitätClavicula']].drop([14,18,19])
df_hd_hi
```

Out[231...] **HorizontaleInstabilitätClavicula**

0	1.0
1	0.0
2	0.0
3	1.0
4	2.0
5	1.0
6	1.0
7	1.0
8	2.0
9	1.0
10	2.0
11	1.0
12	2.0
13	1.0
15	1.0
16	1.0
17	1.0

```
In [232...] df_muc_hi = df_muc[['AlexanderViewInstabilität']].drop([14,18,19]).astype(int)
df_muc_hi
```

Out[232...] **AlexanderViewInstabilität**

0	1
1	0
2	0
3	0
4	1
5	1
6	0
7	2
8	0

AlexanderViewInstabilität	
9	0
10	0
11	1
12	0
13	0
15	0
16	2
17	1

```
In [233...] res_hi_ddiff = wilcoxon(df_hd_hi['HorizontaleInstabilitätClavicula'], df_muc_
res_hi_ddiff
```

```
Out[233...] WilcoxonResult(statistic=9.0, pvalue=0.02553825631020659)
```

```
In [234...] res_hi_ddiff = wilcoxon(df_hd_hi['HorizontaleInstabilitätClavicula'], df_muc_
res_hi_ddiff
```

```
Out[234...] WilcoxonResult(statistic=9.0, pvalue=0.02553825631020659)
```

Heterotope Ossifikationen

```
In [235...] #recode ossification level of hd to 1 if value = 1,2,3; then compare using mc
df_muc[['Ossifiaktion']]
```

```
Out[235...]
```

Ossifiaktion	
0	1.0
1	1.0
2	0.0
3	1.0
4	0.0
5	0.0
6	0.0
7	1.0
8	1.0
9	0.0
10	1.0
11	0.0
12	1.0
13	1.0
14	NaN
15	1.0

Ossifiaktion	
16	0.0
17	0.0
18	1.0
19	1.0

```
In [236...] res_kraftdiff = wilcoxon(df_hd.Ossifiaktion, df_muc_matched.Ossifiaktion, alt
res_kraftdiff
```

```
Out[236...] WilcoxonResult(statistic=23.5, pvalue=0.8112544585401051)
```

Tightropewinkel

```
In [237...] np.average(df_hd.TightRopeWinkel), np.average(df_muc.TightRopeWinkel) # add c
```

```
Out[237...] (18.45, 30.45)
```

```
In [238...] res_trwdiff = wilcoxon(df_hd.TightRopeWinkel, df_muc_matched.TightRopeWinkel,
res_trwdiff
```

```
Out[238...] WilcoxonResult(statistic=0.0, pvalue=1.9073486328125e-06)
```

```
In [239...] res_trwdiff = mannwhitneyu(df_hd.TightRopeWinkel, df_muc_matched.TightRopeWin
res_trwdiff
```

```
Out[239...] MannwhitneyuResult(statistic=21.5, pvalue=1.407250886558085e-06)
```

Radiologische Komplikationen

```
In [240...] df_hd_rdkomp = df_hd[['Komplikation_bin', 'Komplikation_zusatz']].drop([18,19]
df_hd_rdkomp
```

```
Out[240...]
```

	Komplikation_bin	Komplikation_zusatz
0	1.0	Endobuttonmigration
1	1.0	Endobuttonmigration
2	0.0	NaN
3	0.0	NaN
4	0.0	NaN
5	0.0	NaN
6	1.0	Endobuttonmigration
7	0.0	NaN
8	1.0	Endobuttonmigration
9	0.0	NaN
10	1.0	Endobuttonmigration

	Komplikation_bin	Komplikation_zusatz
11	1.0	Endobuttonmigration
12	0.0	NaN
13	0.0	NaN
14	1.0	Endobuttonmigration
15	0.0	NaN
16	1.0	Endobuttonmigration
17	0.0	NaN

```
In [241... df_muc_rdkomp = df_muc[['Komplikation_bin', 'Komplikation_zusatz']].drop([18, 19])
df_muc_rdkomp
```

	Komplikation_bin	Komplikation_zusatz
0	0	NaN
1	0	NaN
2	0	NaN
3	0	NaN
4	0	NaN
5	0	NaN
6	1	diskrete Plättchendislokation im Röntgen
7	0	NaN
8	0	NaN
9	0	NaN
10	0	NaN
11	0	NaN
12	0	NaN
13	0	NaN
14	0	NaN
15	0	NaN
16	0	NaN
17	0	NaN

```
In [242... df_hd_rdkomp.Komplikation_bin
```

0	1.0
1	1.0
2	0.0
3	0.0
4	0.0
5	0.0
6	1.0
7	0.0
8	1.0
9	0.0

```
10    1.0
11    1.0
12    0.0
13    0.0
14    1.0
15    0.0
16    1.0
17    0.0
Name: Komplikation_bin, dtype: float64
```

```
In [243... res_rdkomp = wilcoxon(df_hd_rdkomp.Komplikation_bin, df_muc_rdkomp.Komplikati
res_rdkomp
```

```
Out[243... WilcoxonResult(statistic=0.0, pvalue=0.0081509715935027)
```

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich zunächst meinem Betreuer, Herrn Prof. Dr. med. Mark Tauber, meinen besonderen Dank aussprechen – für die Möglichkeit, unter seiner Anleitung zu promovieren, sowie für seine hervorragende Betreuung während des gesamten Promotionsprozesses.

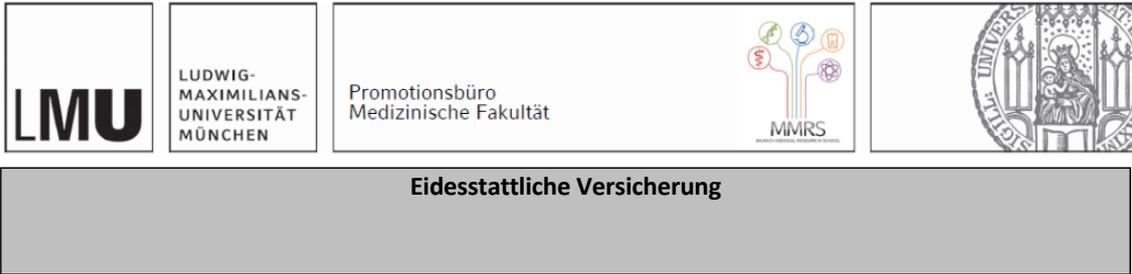
Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. med. Peter Habermeyer für seine wertvolle Unterstützung während meines Studiums und in der frühen Phase der Promotionsarbeit.

Ein besonderer Dank gilt auch meinem Mentor Prof. Dr. Markus Scheibel, der mir bereits vor Abschluss meiner Promotion die Chance gegeben hat, den Weg als wissenschaftlich tätiger Kliniker einzuschlagen.

Nur durch die außergewöhnliche und kurzfristige Bereitschaft von Herrn Prof. Dr. Ben Ockert mich in der Abschlussphase der Promotion als Doktorvater zu unterstützen, wurde die Fertigstellung dieser Arbeit überhaupt erst möglich – hierfür danke ich ihm von Herzen.

Ein besonderer Dank gilt schließlich einer Person, die mich mit ihrer geduldigen Unterstützung und kontinuierliche Motivation in der Endphase der Promotion unterstützt hat: Georges Mutter Mirella.

Affidavit und Erklärung der Übereinstimmung



Eidesstattliche Versicherung

Endell, David

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

„Klinischer und radiologischer Vergleich der arthroskopischen isolierten coracoclaviculären und der kombinierten acromioclaviculären AC-Gelenk stabilisierung mittels Tight-Rope Verfahren“

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

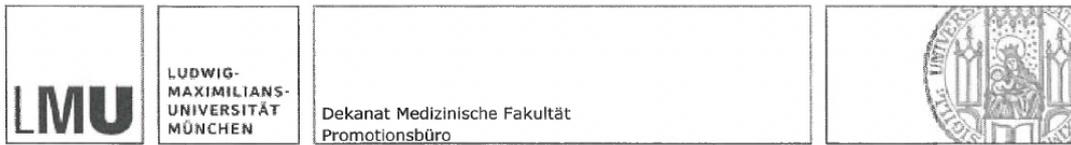
Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Zürich, den 03. August 2025

D. Endell

Ort, Datum

Unterschrift David Stefan Endell



**Erklärung zur Übereinstimmung der gebundenen Ausgabe der Dissertation
mit der elektronischen Fassung**

Endell, David Stefan

Name, Vorname

Hiermit erkläre ich, dass die elektronische Version der eingereichten Dissertation mit dem Titel:

**Klinischer und radiologischer Vergleich der arthroskopischen isolierten coracoclaviculären
und der kombinierten acromioclaviculären AC-Gelenkstabilisierung mittels Tight-Rope Verfahren**

in Inhalt und Formatierung mit den gedruckten und gebundenen Exemplaren übereinstimmt.

Zürich, den 03. August 2025

D. Endell

Ort, Datum

Unterschrift David Stefan Endell