

Obere Extremität 2020 · 15:71–76
<https://doi.org/10.1007/s11678-020-00560-6>
Eingegangen: 4. November 2019
Angenommen: 30. Januar 2020
Online publiziert: 25. Februar 2020
© Der/die Autor(en) 2020



Mark Tauber^{1,2} · Katarina Hradecky¹ · Frank Martetschläger^{1,3}

¹ Deutsches Schulterzentrum, ATOS Klinik München, München, Deutschland

² Universitätsklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Paracelsus Medizinische Privatuniversität Salzburg, Salzburg, Österreich

³ Abteilung für Sportorthopädie, TU München, München, Deutschland

Verletzungen des Akromioklavikulargelenks

Neues zur Biomechanik, Klassifikation, Diagnostik und Indikationsstellung

Das Akromioklavikulargelenk (ACG) stand in den letzten Jahren verstärkt im Fokus der Wissenschaft. Anatomische, biomechanische und klinische Studien haben darauf abgezielt, das Wissen rund um dieses diarthrodiale Gelenk zu erweitern. Minimal-invasive Operationsverfahren hielten Einzug in den Versorgungsalltag und haben die wissenschaftliche Tätigkeit um dieses kleine, aber komplexe Gelenk weiterhin beflügelt. Ziel dieses Übersichtsartikels ist es, den Lesern ein Update über Biomechanik, Klassifikation und Diagnostik der Verletzungen am ACG zu bieten.

Biomechanik

Das ACG bildet gemeinsam mit dem Sternoklavikulargelenk die einzig echte gelenkige Verbindung (Diarthrose) zwischen der oberen Extremität und dem Rumpf [13].

Ein ligamentärer (statischer) sowie ein muskulärer (dynamischer) Halteapparat stabilisieren das Gelenk und verhindern eine Luxation unter Belastung. Dabei gewährleistet der korakoklavikuläre Bandkomplex, bestehend aus dem medial-posterior inserierenden Lig. conoideum und dem lateral-anterior liegenden Lig. trapezoideum v. a. die vertikale Stabilität [9, 20, 25]. Debski et al. [10] konnten in einer biomechanischen Kadaverstudie zeigen, dass dabei v. a. dem Lig. conoideum eine bedeutende

Rolle in der Limitation der superioren Translation der lateralen Klavikula zukommt.

Die horizontale Stabilisierung hingegen erfolgt v. a. durch das superiore und posteriore Lig. acromioclaviculare als stärkste Bänder der Gelenkkapsel. Sie wirken v. a. einer posterioren Translation entgegen und tragen ebenso maßgeblich zur Rotationsstabilität bei, wohingegen das inferiore AC-Ligament eine übermäßige anteriore Translation verhindert [12, 18, 27]. Einigen Studien zufolge werden 80 % der horizontalen Stabilität durch einen intakten superoposterioren ACG-Kapselkomplex gewährleistet. Eine aktuelle Studie von Morikawa et al. [27] konnte allerdings zeigen, dass es mechanisch am stabilsten ist, wenn der komplette superiore Kapsel-Band-Komplex rekonstruiert wird. In ihrer Studie konnten Debski et al. [10] zudem eine teilweise horizontale Mitstabilisierung durch das Lig. trapezoideum beobachten.

Als funktionelles Kugelgelenk besitzt das AC-Gelenk 3 Freiheitsgrade: die anteroposteriore und superoinferiore Translation sowie die Rotation. Unter Belastung mit 70 N erlaubt das Gelenk eine Translation nach anterior, posterior und superior von 4–6 mm [10]. Inman et al. [15] beschrieben eine Rotation der Klavikula um ihre Längsachse im Verlauf der Flexion und Abduktion des Arms von 40–50°, wobei hier auch die skapulothorakale Bewegung mitspielt; die isolierte Rotation im AC-Gelenk beträgt lediglich 5°–8° [25]. Eine Bewegung im AC-

Gelenk findet nur bei den ersten 30° der Abduktion sowie ab 135° Abduktion bzw. Elevation des Arms statt, zwischen diesen Graden konnten Inman et al. [15] kaum eine Bewegung in diesem Gelenk nachweisen.

Die Funktion des Schulterreckgelenks besteht in der Kraft- und Lastübertragung von der oberen Extremität auf den Rumpf und umgekehrt [13]. Gemeinsam mit der Pars descendens des M. trapezius verhindert der ligamentäre Halteapparat ein seitliches Abkippen der Skapula in Relation zur Klavikula.

Unfallmechanismen

Als klassischer Unfallmechanismus für die Verletzung des Bandapparats des AC-Gelenks gilt ein Direktsturz auf die Schulter bei adduziertem Arm, bei dem die Kräfte unmittelbar auf das Schulterreckgelenk und den akromioklavikulären sowie korakoklavikulären Bandapparat einwirken [13, 22]. Die direkte Krafteinwirkung drückt dabei das Akromion nach medial und kaudal unter die Klavikula. Die Verschiebung des Akromions wird dabei durch die anatomische Schräge des Gelenkspalts des Schulterreckgelenks begünstigt. Dieser verläuft von kranial-lateral nach medial-kaudal, die klavikuläre Gelenkfläche überragt dabei die akromiale flächenmäßig um teilweise >50 % [13].

In selteneren Fällen kommt es durch einen Sturz auf den ausgestreckten Arm oder Ellenbogen zu einer Kraftfortlei-

Tab. 1 Zusammenfassung der Rockwood-Klassifikation mit Übersicht der verletzten Bandstrukturen sowie radiologischen Charakteristika [28]

Typ	AC-Bänder	CC-Bänder	CC-Distanz	Radiologische Darstellung
I	Zerrung/ Teilruptur	Intakt	Normal	Normal
II	Ruptur	Zerrung/ Teilruptur	<25%	AC-Verbreiterung durch evtl. horizontale Instabilität <25% Absenkung des Akromions
III	Ruptur	Ruptur/ Teilruptur	25–100%	AC-Verbreiterung mehr als bei Typ II >25% Absenkung des Akromions
IV	Ruptur	Ruptur/ Teilruptur	Unterschiedlich	Am besten in der axialen Ebene sichtbar Posteriore Translation der distalen Klavikula Absenkung des Akromions variiert mit dem Grad der CC-Verletzung
V	Ruptur	Ruptur	>100%	Ähnlich wie Typ III, allerdings mit höherem Dislokationsgrad aufgrund der Mitbeteiligung der deltotrapezoidalen Faszie >100% Absenkung des Akromions
VI	Ruptur	Intakt	Vermindert	Subakromiale oder subkorakoidale Position der distalen Klavikula <i>Cave:</i> Begleitfrakturen der Klavikula/Skapula/Thorax

AC akromioklavikulär, CC korakoklavikulär

Tab. 2 Neue Klassifikation der akuten Akromioklavikulargelenkluxationen nach Kraus et al. [19]

Typ I: partielle vertikale Verschiebung (CCD ≤30%)	A: Keine/partielle dynamische horizontale Instabilität B: Vollständige horizontale dynamische Instabilität
Typ II: vollständige vertikale Verschiebung (CCD >30%)	A: Keine/partielle dynamische horizontale Instabilität B: Vollständige horizontale dynamische Instabilität

CCD korakoklavikuläre Distanz

tung über den Humeruskopf nach kranial und daraus resultierender Anhebung des Akromions in Relation zur Klavikula und somit zu einer indirekten Verletzung des AC-Gelenks [13].

Je nach Ausmaß der einwirkenden Kraft kommt es nun zu einer Lastübertragung auf die akromioklavikulären Ligamente und die Gelenkkapsel. Bei zunehmender Gewalteinwirkung kommt es zum Zerreißen der akromioklavikulären Strukturen und Lastübertragung auf die korakoklavikulären Bänder sowie letztendlich auf die Deltotrapezoidfaszie. Bei kompletter Ruptur der Strukturen kommt es durch die fehlenden ligamentären sowie muskulären Stabilisatoren zur Kaudalisierung der Skapula und der oberen Extremität in Relation zur Klavikula, was zum scheinbaren Klavikulahochstand führt.

Klassifikation

Die aus dem Jahr 1963 stammende Klassifikation von Tossy [38] war die erste weit verbreitete und international etablierte Klassifikation der ACG-Luxation. Sie unterteilt die Sprengung des Schultergelenks in 3 Schweregrade in rein vertikaler Richtung. Wohl aufgrund ihrer Einfachheit hält sie sich trotz ihrer Unvollständigkeit bis heute hartnäckig. 1984 wurde von Charles Rockwood eine erweiterte Klassifikation vorgestellt, die bis dato Gültigkeit hat [28]. Als Messparameter zur Differenzierung der 6 Schweregrade dient die korakoklavikuläre Distanz, gemessen auf einer Panoramastressaufnahme im Seitenvergleich. Dabei ist im Vergleich zur Klassifikation nach Tossy als Erweiterung um die 2. Dimension der Typ IV zu nennen, bei dem eine nach dor-

sal in den M. trapezius verhakete Dislokation der distalen Klavikula vorliegt. Des Weiteren wird der Typ VI beschrieben, bei dem die distale Klavikula nach subkorakoid luxiert. Dies wurde bisher nur in Fallberichten beschrieben und kommt lediglich im Rahmen von Hochrasanztraumata vor.

Eine Übersicht über die verschiedenen Schweregrade gemäß der Klassifikation nach Rockwood mit den jeweiligen Definitionskriterien und pathomorphologischen Veränderungen zeigt **Tab. 1**. Die horizontale Instabilität der Typ-IV-Verletzung kann nur an axialen Röntgenaufnahmen festgestellt werden, weshalb die Bildgebung immer in 2 Ebenen erfolgen muss (s. Diagnostik). In seiner Originalarbeit hat Rockwood den Typ IV als statische Dislokation der Klavikula nach dorsal im Sinne der intramuskulären Verhakung im Trapezius beschrieben. Neue Ansätze in der Bildgebung durch den Erstautor erfassten auch dynamische Formen der horizontalen Instabilität im Rahmen von axialen Funktionsaufnahmen [36]. Dabei konnte gezeigt werden, dass es auch bei niedrig- und mittelgradigen Verletzungen Rockwood Typ II und III in horizontaler Richtung sowohl stabile als auch instabile Formen gibt. Nachdem sich in der Literatur Hinweise mehrten, dass die horizontale Instabilität auch im postoperativen Outcome eine Rolle zu spielen scheint [2, 8, 31], wurde vom Komitee für die Obere Extremität der ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) im Jahr 2014 für den Rockwood Typ III eine Subklassifikation in horizontal stabil (Typ IIIA) und horizontal instabil (Typ IIIB) vorgeschlagen [6]. Als Unterscheidungsmerkmal gilt für den Typ IIIB ein Übereinandergleiten von Akromion und lateraler Klavikula in der Alexander-Aufnahme [1] sowie eine therapieresistente Skapuladyskinesie. Eine letzte konklusive Gültigkeit liegt hier allerdings noch nicht vor, nachdem eigene (noch nicht publizierte) Daten von konservativ behandelten Typ-III-Verletzungen nach 2 Jahren zwischen den beiden Subtypen IIIA und IIIB keinen Unterschied aufzeigen konnten.

Eine neue vereinfachte Klassifikation der akuten ACG-Verletzungen wur-

de kürzlich von Kraus et al. [19] vorgestellt. Anhand 61 konsekutiver frischer Schulterreckgelenksprengungen (<3 Wochen) wurde nach radiologischer und klinischer Evaluierung eine neue Klassifikation erarbeitet, welche sowohl die vertikale Instabilität anhand der korakoklavikulären (CC-)Distanz im Seitenvergleich als auch die dynamische horizontale Instabilität anhand der Alexander-Aufnahmen im Seitenvergleich berücksichtigt. Eingeschlossen wurden 13 % Typ-I-, 15 % Typ-II- und jeweils 36 % Typ-III- und -V-Verletzungen. Klinisch korreliert wurde das radiologische Ergebnis mit dem Constant-Score, dem Taft-Score, dem ACJI-Score („acromioclavicular joint instability“) und dem SSV („subjective shoulder value“). Es konnte gezeigt werden, dass zumindest in der akuten Verletzungsphase sowohl vertikal als auch horizontal höhergradige Instabilitäten mit schlechteren Scorewerten einhergehen. Für die vertikale Instabilität wurde dabei ein Cut-off von 30 % der CC-Distanz im Seitenvergleich bestimmt, während für die dynamische horizontale Instabilität erst eine vollständige Instabilität in der semiquantitativen Alexander-Aufnahme mit schlechteren Ergebnissen vergesellschaftet war. Instabilitätsformen mit einer lediglich partiellen dynamischen horizontalen Instabilität scheinen einer isoliert vertikalen Instabilität vergleichbar zu sein. Interessanterweise fand sich auch kein Unterschied zwischen den Typ-III- und -V-Verletzungen mit Ausnahme der radiologischen und kosmetischen Beurteilung im ACJI-Score. **Tab. 2** zeigt die neue Klassifikation der Arbeitsgruppe um Kraus et al. [19].

Diagnostik

In der klinischen Untersuchung gilt es neben der meist inspektorisch evidenter Stufenbildung in vertikaler Ebene das Vorliegen einer horizontalen Instabilität zu erfassen. Neben einer vermehrten anteroposterioren Translation im Seitenvergleich kann auch mittels Horizontal-Adduktions-Test (auch Cross-body-Test) das Übereinandergleiten von distaler Klavikula und Akromion festgestellt werden (**Abb. 1**). In der subaku-

Obere Extremität 2020 · 15:71–76 <https://doi.org/10.1007/s11678-020-00560-6>
© Der/die Autor(en) 2020

M. Tauber · K. Hradecky · F. Martetschläger

Verletzungen des Akromioklavikulargelenks. Neues zur Biomechanik, Klassifikation, Diagnostik und Indikationsstellung

Zusammenfassung

In den letzten Jahren haben sich neue Aspekte in der Behandlung des Schulterreckgelenks eröffnet, welche sich in der Klassifikation, Diagnostik und Indikationsstellung akuter Verletzungen niederschlagen. Insbesondere die horizontale Instabilität rückte dabei in den Fokus der Wissenschaft und fand Berücksichtigung sowohl in der bildgebenden Diagnostik als auch in der Erstellung neuer Klassifikationssysteme und operativen Stabilisierungstechniken. Inwieweit dies im Versorgungsalltag von klinischer Relevanz sein wird, müssen hochwertige Studien in Zukunft aufzeigen. Als Standardbildgebung

gelten eine Panoramaaufnahme mit Belastung sowie eine bilaterale Alexander-Aufnahme. Hinsichtlich Operationsindikation gelten weiterhin höhergradige Verletzungsformen Typ IV–VI als klare Indikation, während Typ I–III konservativ behandelt werden sollte. Biomechanische Daten sprechen für eine so anatomisch wie mögliche Versorgung mit Adressierung sowohl der vertikalen als auch horizontalen Instabilität.

Schlüsselwörter

Luxation · Instabilität · Bandapparat · Stabilisierung · Rekonstruktion

Acromioclavicular joint injuries. Update on biomechanics, classification, diagnosis and indication

Abstract

In recent years, new options for the treatment of the acromioclavicular joint have become available and are reflected in the classification, diagnosis and indication of acute injuries. Horizontal instability in particular has become the focus of scientific attention and has been taken into account both in the imaging diagnostic workup and in the development of new classification systems and surgical stabilization techniques. To what extent this will be of clinical relevance in daily care must be shown by future high-quality studies. Standard imaging includes weighted panoramic

images and a bilateral Alexander view. With regard to surgical indication, higher degrees of injury (types 4 to 6) are still considered a clear indication, while types 1 to 3 should be treated conservatively. Biomechanical data indicate that the treatment should be as anatomical as possible, addressing both vertical and horizontal instability.

Keywords

Dislocation · Instability · Ligaments · Stabilization · Reconstruction

ten und chronischen Situation fällt häufig auch ein pathologischer skapulothorakaler Rhythmus mit einer Skapuladyskinesie auf.

In der Bildgebung zielen die aktuellen Bestrebungen darauf ab, die horizontale Instabilität zu erfassen. Für die Bestimmung der vertikalen Instabilität gilt die Panoramastressaufnahme mit 10 kg Belastung am hängenden Arm als etabliert mit Messung der korakoklavikulären Distanz im Seitenvergleich. Wie initial mit axialen dynamischen Funktionsaufnahmen begonnen (s. Klassifikation) wurde zwischenzeitlich eine semiquantitative Evaluierung anhand der Alexander-Aufnahmen im Seitenvergleich ein-

geführt [26]. Dabei wird die Stellung von distaler Klavikula zum vorderen Akromionrand beurteilt und als nicht disloziert, partiell oder vollständig disloziert eingestuft (**Abb. 2**). In Kombination mit der zugrundeliegenden vertikalen Instabilität wurde daraus eine neue Klassifikation abgeleitet, die sich im klinischen Alltag allerdings erst bestätigen muss [19].

Einen quantitativen Ansatz der Bestimmung von vertikaler und horizontaler Instabilität an einer isolierten Alexander-Aufnahme haben Zumstein et al. [39] vorgestellt. Als völlig neue Messparameter wurden dabei für die vertikale Instabilität die Distanz der „acromion centre line to dorsal clavicle“ (AC-DC)



Abb. 1 ▲ Horizontale Instabilität mit Übereinandergleiten von distaler Klavikula und Akromion beim Cross-body-Test. (Mit freundl. Genehmigung © M. Tauber)

und für die horizontale Instabilität die Distanz der „glenoid centre to posterior clavicle“ (GC-PC) bestimmt und mit einer sehr hohen Inter- und Intraobserver-Reliabilität validiert. Die Untersuchungen erfolgten am Kunstknochen mit Berücksichtigung auch einer gewissen Fehleranfälligkeit durch Projektionsschwankungen. Die Autoren schlussfolgern, dass anhand einer isolierten Alexander-Aufnahme zuverlässig sowohl die vertikale als auch die horizontale Instabilität erfasst werden können und dadurch auch bei niedriggradigen Verletzungsformen Typ II und III nach Rockwood eine adäquate Indikationsstellung und Therapieeinleitung erfolgen kann.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) nimmt in der Diagnostik akuter ACG-Luxationen eine untergeordnete Rolle ein. Sie erlaubt eine akkurate Beurteilung der involvierten Weichteilstrukturen. Im Vergleich zum konventionellen Röntgen kann sich dadurch der Schweregrad der Verletzung ändern [4, 5, 16, 30]. Allerdings wird die MRT nicht als Bildgebung der ersten Wahl empfohlen [3]. Ein konventionelles MRT der Schulter mit glenohumeraler Schnittführung und herkömmlicher Sequenzierung erlaubt keine hinreichende Beurteilung der CC-Bänder [30]. Eine MRT-Untersuchung wird daher nur bei dringendem klinischen oder sonographischen Verdacht auf eine glenohumerale Begleitverletzung empfohlen.

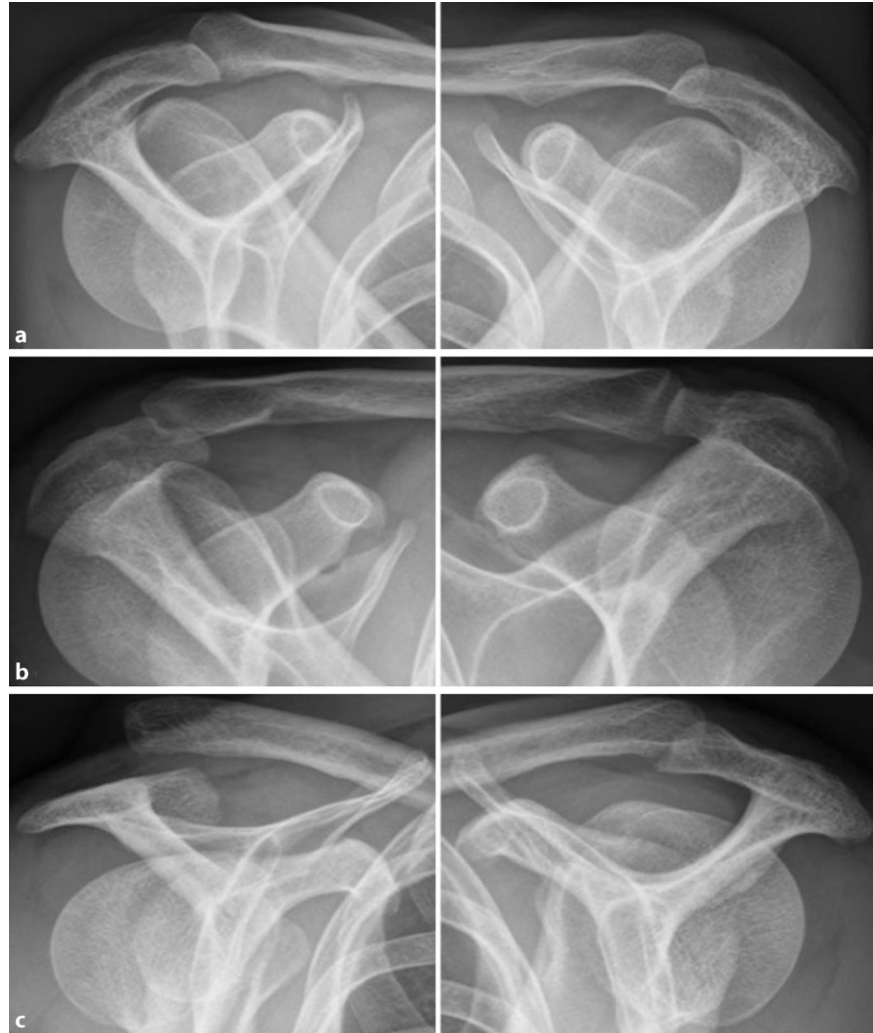


Abb. 2 ▲ Bilaterale Alexander-Aufnahmen der verletzten (*links*) und unverletzten (*rechts*) Schulter zeigen keine (a), eine partielle (b), und eine vollständige horizontale Translation (c; [19])

Indikationsstellung

Das Behandlungskonzept für die jeweiligen Schweregrade akuter ACG-Luxationen hat sich in den letzten Jahren kaum verändert. Dies ist leider der Tatsache geschuldet, dass zu wenige Studien höheren Evidenzgrades zur Therapie akuter ACG-Luxationen existieren bzw. publiziert werden. Für niedriggradige Verletzungen Typ I und II nach Rockwood bestehen klare Empfehlungen zur konservativen Therapie [35]. Daten systematischer Reviews und Metaanalysen zur Behandlung der Typ-III-Verletzung favorisieren die konservative gegenüber der operativen Therapie bei vergleichbaren funktionellen, allerdings selbsterklärend schlechteren kosmetischen und radiologischen Ergebnissen [21, 34]. Dies kann

te in einer Multicenterstudie der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie unter der Federführung des Erstautors in einer prospektiv randomisierten Studie an 78 Patienten bestätigt werden (Arbeit unter Review). Zusätzlich konnte im konservativen Behandlungsarm kein Unterschied zwischen horizontal stabilen (Typ IIIA) und instabilen Subtypen (Typ IIIB) gefunden werden, so dass die Rolle der horizontalen Instabilität weiterhin nicht hinreichend geklärt bleibt. Die höhergradigen Verletzungsformen Typ IV und V gelten bis dato weiterhin als klare Operationsindikation [35], wobei erste Daten höheren Evidenzgrades dieses Vorgehen nicht uneingeschränkt bestätigen [17, 32]. Selbst für akute Typ-V-Verletzungen sind die berichteten funktionellen Ergebnisse

zwischen der konservativen und operativen Therapie vergleichbar, wobei beide Studien methodische Schwächen zeigen und nur geringe Fallzahlen analysiert haben. Somit muss die Wissenschaft weiterhin qualitativ hochwertige Daten an größeren Probandenkollektiven generieren, um in Zukunft das Spektrum klarer Operationsindikationen auch für hochgradige Instabilitätsformen aufrechterhalten zu können.

Biomechanische Aspekte bei der operativen Stabilisierung

Ziel der operativen Versorgung ist die anatomische Rekonstruktion und Wiederherstellung der Stabilität des AC-Gelenks in vertikaler sowie horizontaler Ebene. In der Literatur werden verschiedene operative Methoden zur ACG-Stabilisierung beschrieben, als Standardverfahren werden sowohl die arthroskopisch assistierte Bandrekonstruktion als auch die offene Hakenplattenversorgung gesehen [22]. Bei der arthroskopisch assistierten ACG-Stabilisierung werden moderne Double-button-Systeme transklavikulär-transkorakoidal eingebracht, um die korakoklavikulären Bänder zu rekonstruieren und somit die vertikale Stabilität wiederherzustellen [7, 22]. Dyrna et al. [11] kamen zu dem Schluss, dass die anatomische Rekonstruktion der Ligamente von entscheidender Bedeutung ist, um die native Biomechanik wiederherzustellen und so ein optimales Einheilen der Strukturen gewährleisten zu können.

Mittlerweile konnte allerdings gezeigt werden, dass eine singuläre zentrale Bohrung eine hinreichende biomechanische Stabilität in vertikaler Richtung bieten kann [14]. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass durch eine sehr kleine Bohrung die mechanische Belastbarkeit des Knochens an Klavikula und Korakoid nicht wesentlich beeinträchtigt wird, wohingegen zwei ggf. sogar größere Bohrungen die Stabilität des Knochens signifikant reduzieren [23, 33]. Dies scheint v. a. relevant zu sein, da die Bohrkanäle nach neuesten Studien eher noch zur Ausweitung ihres Durchmessers („tunnel widening“) tendieren [37].

Trotz guter klinischer Ergebnisse beschreiben zahlreiche Studien eine persistierende horizontale Instabilität nach isolierter korakoklavikulärer Bandrekonstruktion [11, 22, 29, 31]. Jüngste Studien empfehlen aus diesem Grund die additive Stabilisierung in der horizontalen Ebene durch eine ergänzende Augmentation der ACG-Kapsel mittels zusätzlicher Fandencerclage [7, 24, 29]. Biomechanisch kann durch diese Kombination die native Stabilität vertikal sowie horizontal wiederhergestellt werden, erste klinische Studien zeigen diesbezüglich vielversprechende Ergebnisse.[7, 22, 24, 29].

Fazit für die Praxis

- Die Rolle der horizontalen Instabilität am Akromioklavikulargelenk (ACG) hat in den letzten Jahren sowohl in der Diagnostik als auch operativen Versorgung und Biomechanik an Bedeutung gewonnen. Daher findet auch in neuesten Vorschlägen zur Klassifikation akuter ACG-Luxationen neben der vertikalen auch die horizontale Instabilität Berücksichtigung, semiquantitativ bestimmt anhand von Alexander-Aufnahmen im Seitenvergleich.
- Auch in der Indikationsstellung zur operativen Therapie scheint die horizontale Instabilitätskomponente an Bedeutung zu gewinnen, wobei hier erst breiter aufgestellte prospektiv-randomisierte Studien zukünftig mehr und bessere Evidenz schaffen müssen.
- Die bisherige Datenlage favorisiert zumindest bis zum Typ III nach Rockwood die konservative Therapie, selbst bei Typ-V-Verletzungen gibt es Hinweise, dass ein konservatives Vorgehen seinen Stellenwert hat.

Korrespondenzadresse



Dr. med. univ. Mark Tauber
Deutsches Schulterzentrum,
ATOS Klinik München
Effnerstraße 38, 81925 München,
Deutschland
tauber@atos.de

Funding. Open access funding provided by Paracelsus Medical University.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Tauber, K. Hradecky und F. Martetschläger geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Alexander OM (1949) Dislocation of the acromioclavicular joint. *Radiography* 15:260
2. Aliberti GM, Kraeutler MJ, Trojan JD et al (2020) Horizontal instability of the acromioclavicular joint: a systematic review. *Am J Sports Med* 48(2):504–510. <https://doi.org/10.1177/0363546519831013>
3. Alyas F, Curtis M, Speed C et al (2008) MR imaging appearances of acromioclavicular joint dislocation. *Radiographics* 28:463–479 (quiz 619)
4. Antonio GE, Cho JH, Chung CB et al (2003) Pictorial essay. MR imaging appearance and classification of acromioclavicular joint injury. *Ajr Am J Roentgenol* 180:1103–1110
5. Barnes CJ, Higgins LD, Major NM et al (2004) Magnetic resonance imaging of the coracoclavicular ligaments: its role in defining pathoanatomy at the acromioclavicular joint. *J Surg Orthop Adv* 13:69–75
6. Beitzel K, Mazzocca AD, Bak K et al (2014) ISAKOS upper extremity committee consensus statement on the need for diversification of the Rockwood classification for acromioclavicular joint injuries. *Arthroscopy* 30:271–278
7. Berthold D, Dyrna F, Imhoff AB et al (2019) Innovationen bei der Therapie von Instabilitäten des Akromioklavikulargelenks. *Arthroscopie* 32:11–14

8. Cisneros LN, Reiriz JS (2017) Prevalence of remaining horizontal instability in high-grade acromioclavicular joint injuries surgically managed. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 27:323–333
9. Cook JB, Krul KP (2018) Challenges in treating acromioclavicular separations: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg* 26:669–677
10. Debski RE, Parsons IM 3rd, Fenwick J et al (2000) Ligament mechanics during three degree-of-freedom motion at the acromioclavicular joint. *Ann Biomed Eng* 28:612–618
11. Dyrna F, Berthold DP, Feucht MJ et al (2019) The importance of biomechanical properties in revision acromioclavicular joint stabilization: a scoping review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27(12):3844–3855. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05742-6>
12. Fukuda K, Craig EV, An KN et al (1986) Biomechanical study of the ligamentous system of the acromioclavicular joint. *J Bone Joint Surg Am* 68:434–440
13. Habermeyer P, Lichtenberg S, Loew M et al (2017) *Schulterchirurgie*. Elsevier, Muenchen
14. Hislop P, Sakata K, Ackland DC et al (2019) Acromioclavicular joint stabilization: a biomechanical study of bidirectional stability and strength. *Orthop J Sports Med* 7:2325967119836751
15. Inman VT, Saunders JB, Abbott LC (1996) Observations of the function of the shoulder joint. *Clin Orthop Relat Res* 330:3–12
16. Izadpanah K, Winterer J, Vicari M et al (2013) A stress MRI of the shoulder for evaluation of ligamentous stabilizers in acute and chronic acromioclavicular joint instabilities. *J Magn Reson Imaging* 37:1486–1492
17. Joukainen A, Kroger H, Niemitukia L et al (2014) 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* 2:2325967114560130
18. Klimkiewicz JJ, Williams GR, Sher JS et al (1999) The acromioclavicular capsule as a restraint to posterior translation of the clavicle: a biomechanical analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 8:119–124
19. Kraus N, Hann C, Gerhardt C et al (2018) Dynamic instability of the acromioclavicular joint: a new classification for acute AC joint separation. *Obere Extremität* 13:279–285
20. Lee KW, Debski RE, Chen CH et al (1997) Functional evaluation of the ligaments at the acromioclavicular joint during anteroposterior and superoinferior translation. *Am J Sports Med* 25:858–862
21. Longo UG, Ciuffreda M, Rizzello G et al (2017) Surgical versus conservative management of type III acromioclavicular dislocation: a systematic review. *Br Med Bull* 122:31–49
22. Martetschlager F, Kraus N, Scheibel M et al (2019) The diagnosis and treatment of acute dislocation of the acromioclavicular joint. *Dtsch Arztebl Int* 116:89–95
23. Martetschlager F, Saier T, Weigert A et al (2016) Effect of coracoid drilling for acromioclavicular joint reconstruction techniques on coracoid fracture risk: a biomechanical study. *Arthroscopy* 32:982–987
24. Martetschlager F, Tauber M, Habermeyer P et al (2016) Arthroscopically assisted acromioclavicular and coracoclavicular ligament reconstruction for chronic acromioclavicular joint instability. *Arthrosc Tech* 5:e1239–e1246
25. Mehrberg RD, Lobel SM, Gibson WK (2004) Disorders of the acromioclavicular joint. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 15:537–555
26. Minkus M, Hann C, Scheibel M et al (2017) Quantification of dynamic posterior translation in modified bilateral Alexander views and correlation with clinical and radiological parameters in patients with acute acromioclavicular joint instability. *Arch Orthop Trauma Surg* 137:845–852
27. Morikawa D, Dyrna F, Cote MP et al (2019) Repair of the entire superior acromioclavicular ligament complex best restores posterior translation and rotational stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27(12):3764–3770. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5205-y>
28. Rockwood CA Jr. (1984) Injuries to the acromioclavicular joint. In: Rockwood CA Jr., Green DP (Hrsg) *Fractures of the adults*. JB Lippincott, Philadelphia, 5860–910
29. Saier T, Venjakob AJ, Minzlaff P et al (2015) Value of additional acromioclavicular cerclage for horizontal stability in complete acromioclavicular separation: a biomechanical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23:1498–1505
30. Schaefer FK, Schaefer PJ, Brossmann J et al (2006) Experimental and clinical evaluation of acromioclavicular joint structures with new scan orientations in MRI. *Eur Radiol* 16:1488–1493
31. Scheibel M, Droschel S, Gerhardt C et al (2011) Arthroscopically assisted stabilization of acute high-grade acromioclavicular joint separations. *Am J Sports Med* 39:1507–1516
32. Canadian Orthopaedic Trauma Society. (2015) Multicenter randomized clinical trial of nonoperative versus operative treatment of acute acromioclavicular joint dislocation. *J Orthop Trauma* 29:479–487
33. Spiegl UJ, Smith SD, Euler SA et al (2014) Biomechanical consequences of coracoclavicular reconstruction techniques on clavicle strength. *Am J Sports Med* 42:1724–1730
34. Tang G, Zhang Y, Liu Y et al (2018) Comparison of surgical and conservative treatment of Rockwood type-III acromioclavicular dislocation: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 97:e9690
35. Tauber M (2013) Management of acute acromioclavicular joint dislocations: current concepts. *Arch Orthop Trauma Surg* 133:985–995
36. Tauber M, Koller H, Hitzl W et al (2010) Dynamic radiologic evaluation of horizontal instability in acute acromioclavicular joint dislocations. *Am J Sports Med* 38:1188–1195
37. Thangaraju S, Cepni S, Magosch P et al (2019) Arthroscopically assisted acromioclavicular joint stabilization leads to significant clavicular tunnel widening in the early post-operative period. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27(12):3821–3826. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05662-5>
38. Tossy JD, Mead NC, Sigmund HM (1963) Acromioclavicular separations: useful and practical classification for treatment. *Clin Orthop Relat Res* 28:111–119
39. Zumstein MA, Schiessl P, Ambuehl B et al (2018) New quantitative radiographic parameters for vertical and horizontal instability in acromioclavicular joint dislocations. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 26:125–135