

Obere Extremität

Schulter · Ellenbogen



Offizielles Organ der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE) e.V.

**Bildgebung in der Schulter-
und Ellenbogenchirurgie**

Herausgeber

Deutsche Vereinigung für Schulter- und
Ellenbogenchirurgie (DVSE) e.V.

Indexed in SCOPUS and Emerging Sources Citation Index



Deutsche Vereinigung für Schulter- und
Ellenbogenchirurgie (DVSE) e. V.

Bildgebung in der Schulter- und Ellenbogenchirurgie

Funding. This supplement is not sponsored by industry.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Banerjee, K.J. Burkhart, A. Ellwein, M. Hackl, A. D. Helck, A. Heuck, B. Hollinger, A. B. Imhoff, L. J. Lehmann, T. Leschinger, S. Lichtenberg, H. Lill, L. P. Müller, P. E. Müller, M. F. Pietschmann, C. Rehnitz, C. Ries, C. Schöffeler, M. Scheibel, M. Tauber, K. Wegmann, K. Wörtler, J. Wolke und F. Zeifang geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieses Supplement beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Bildgebung in der Schulter- und Ellenbogenchirurgie

Liebe Kolleginnen und Kollegen, liebe Freunde der Schulter- und Ellenbogenchirurgie,

die bildgebende Untersuchung an Schulter- und Ellenbogen stellt nach der Anamnese und der klinischen Untersuchung das wesentliche Element in der Diagnostik und Entscheidungsfindung dar. Richtlinien zum differenzierten Einsatz der uns zur Verfügung stehenden unterschiedlichen Modalitäten fehlen jedoch gänzlich.

Zu häufig werden MRT-Untersuchungen (Magnetresonanztomographie) undifferenziert eingesetzt und erforderliche Röntgenaufnahmen unterlassen. Wie häufig stellen sich Patienten mit Tendinosis calcarea mit MRT, jedoch ohne Röntgenaufnahmen in der Sprechstunde vor.

Zum wesentlichen Verständnis der den Chirurgen interessierenden Veränderungen, wie z. B. der Muskeldegeneration der Rotatorenmanschette in den parasagittalen Schichten, fehlt dem Radiologen auf der anderen Seite häufig organspezifisches Detailwissen. Die für unseren Alltag erforderlichen Sequenzen wechseln von Patient zu Patient.

Auch die CT-Untersuchungen (Computertomographie) gewinnen mehr und mehr an Bedeutung – nicht nur in der Frakturdiagnostik. Insbesondere die chronische Instabilität aber auch die präoperative Planung der Endoprothetik erfordert die genaue Darstellung der Pfannenkonfiguration und des Knochenverlusts anhand von dreidimensionalen Methoden.

Dieses Supplement soll nahtlos an das Untersuchungsheft zu den klinischen Untersuchungstechniken anschließen.

Zu Beginn werden die wesentlichen und häufigsten Krankheitsbilder und die erforderliche obligate sowie die ggf. fakultative Bildgebung kurz abgehandelt. Das zweite Kapitel soll Ihnen tabellarisch einen Überblick über die Wertigkeit der verschiedenen Bildgebungsmodalitäten und deren Einstelltechniken geben. Die-

se Tabellen wurden in Kooperation und mit der DGMSR (Deutsche Gesellschaft für Muskuloskelettradiologie) und federführend durch Prof. Heuck und Prof. Wörtler erstellt. Anschließend werden die Einstelltechniken und Beispielbilder illustriert.

Wir hoffen sehr, mit diesem Heft einen Beitrag zur sinnhaften Vereinheitlichung des Einsatzes der Bildgebung auf bestmöglichem Evidenzniveau erstellt zu haben und hoffen, dass es nicht nur unter uns, sondern auch im Kreise der klinikerinnen und niedergelassenen radiologischen Kollegen Verbreitung findet.

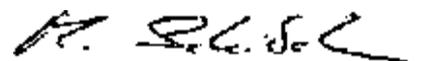
Danken möchten wir allen Mitarbeitern dieses Heftes, insbesondere den radiologischen Kollegen Prof. Heuck, Prof. Wörtler sowie Dr. Schäffeler sowie dem Springer Medizin Verlag für die zügige und professionelle Umsetzung des Projekts. Unser Dank gilt auch Frau Susanne Beele, MTRA in der Radiologie der MediaPark Klinik in Köln für die Unterstützung bei der Anfertigung der Fotos zu den Einstelltechniken.



*Prof. Dr. L. J. Lehmann
 (1. Vizepräsident der DVSE, Vorsitzender der Kommission Leitlinien und Begutachtung der DVSE)*



*PD Dr. M. Banerjee
 (stellvertretender Vorsitzender der Kommission Leitlinie und Begutachtung der DVSE)*



*Univ.-Prof. Dr. M. Scheibel
 (Präsident der DVSE)*

Autoren



PD Dr. med. Marc Banerjee
MediaPark Klinik Köln



PD Dr. med. Klaus J. Burkhart
ARCUS Kliniken Pforzheim



Dr. med. Alexander Ellwein
Diakoniekrankenhaus Friederikenstift Hannover



Dr. med. Michael Hackl
Unfall-, Hand- und Ellenbogenchirurgie,
Universitätsklinikum Köln



Prof. Dr. med. Andreas D. Helck
Institut für klinische Radiologie,
Klinikum der LMU, München



Prof. Dr. med. Andreas Heuck
Radiologisches Zentrum München Pasing, Vorsitzender der
Deutschen Gesellschaft für Muskuloskelettale Radiologie (DGMSR)



Dr. med. Boris Hollinger
ARCUS Kliniken Pforzheim



Univ.-Prof. Dr. med. Andreas B. Imhoff
Direktor Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie,
Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München



Prof. Dr. med. Lars Johannes Lehmann
Ärztlicher Direktor der Klinik für Unfall- und Handchirurgie,
Sportmedizin, St. Vincentius-Kliniken Karlsruhe



Dr. med. Tim Leschinger
Unfall-, Hand- und Ellenbogenchirurgie,
Universitätsklinik Köln



Dr. med. Sven Lichtenberg
ATOS Klinik Heidelberg



Prof. Dr. med. Helmut Lill
Chefarzt für Orthopädie und Unfallchirurgie,
Diakoniekrankenhaus Friederikenstift Hannover



Univ.-Prof. Dr. med. Lars Peter Müller
Stellvertretender Direktor Klinik und Poliklinik für Orthopädie
und Unfallchirurgie, Leiter Unfall-, Hand- und Ellenbogenchirurgie,
Universitätsklinik Köln



Prof. Dr. med. Peter E. Müller
Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin
und Rehabilitation, Klinikum der LMU, München



PD Dr. med. Matthias F. Pietschmann
Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin
und Rehabilitation, Klinikum der LMU, München



Dr. med. Christoph Rehnitz
Leiter Bereich muskuloskeletale Radiologie,
Radiologische Klinik der Universitätsklinik Heidelberg



Dr. med. Christian Ries
Unfall-, Hand- und Ellenbogenchirurgie,
Universitätsklinik Köln



Dr. med. Christoph Schäffeler
Kantonsspital Graubünden



Univ.-Prof. Dr. med. Markus Scheibel
Leitender Arzt Schulter- und Ellenbogenchirurgie,
Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC),
Charité-Universitätsmedizin Berlin



Prof. Dr. univ. med. Mark Tauber
ATOS Klinik München



PD Dr. med. Kilian Wegmann
Unfall-, Hand- und Ellenbogenchirurgie,
Universitätsklinik Köln



Prof. Dr. med. Klaus Wörtler

Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie, Klinikum rechts der Isar Technische Universität München, 2. Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Muskuloskeletale Radiologie (DGMSR)



Dr. med. Julia Wolke

Schulter- und Ellenbogenchirurgie, Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC), Charité-Universitätsmedizin Berlin



Prof. Dr. med. Felix Zeifang

Leiter Sektion Obere Extremität,
Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg

Inhaltsverzeichnis

1	Bildgebung in der Schulterchirurgie (DVSE)	S11
1.1	Impingementsyndrom	S11
1.2	Rotatorenmanschettenrupturen und Verletzungen der langen Bizepssehne	S14
1.3	Arthrose des AC-Gelenks	S16
1.4	Tendinosis calcarea	S17
1.5	Omarthrose/Defektarthropathie	S18
1.6	Vordere Schultererstluxation	S20
1.7	Posttraumatische Rezidivluxation	S22
1.8	Hintere Schulterluxation	S24
1.9	Humeruskopffraktur	S26
1.10	Klavikulafraktur	S29
1.11	Skapulafraktur	S31
1.12	Schultereckgelenksprengung – akut und chronisch	S34
1.13	Traumatische Luxation des Sternoklavikulargelenks	S36
2	Bildgebung in der Ellenbogenchirurgie (DVSE)	S37
2.1	Instabilität des Ellenbogens	S37
2.2	Frakturen des Ellenbogengelenks	S43
2.3	Arthrose des Ellenbogens	S49
3	Übersicht Bildgebung in der Schulterchirurgie (DGMSR)	S52
	Impingement, Rotatorenmanschettenruptur, Verletzung der langen Bizepssehne, Tendinosis calcarea	S52
	Omarthrose/Defektarthropathie	S53
	Vordere Erstluxation der Schulter	S54
	Posttraumatische Rezidivluxation der Schulter	S56
	Hintere Luxation der Schulter	S57

	Humeruskopffraktur	S58
	Schultereckgelenksprengung	S58
	Klavikulafraktur	S59
	Skapulafraktur	S59
4	Übersicht Bildgebung in der Ellenbogenchirurgie (DGMSR)	S60
	Instabilität des Ellenbogens	S60
	Frakturen des Ellenbogens	S62
	Arthrose des Ellenbogens	S63
5	Röntgeneinstellungen in der Schulterchirurgie	S64
5.1	True a.p.	S64
5.2	„Outlet view“	S65
5.3	Y-Aufnahme	S66
5.4	Axiale Aufnahme	S67
5.5	Velpeau-Aufnahme	S68
5.6	Rockwood-Aufnahme	S69
5.7	Klavikula a.p.	S70
5.8	Klavikula tangential (30–45°-Schrägaufnahme)	S71
5.9	Akromioklavikulargelenk a.p.	S72
5.10	Panoramaaufnahme mit und ohne Belastung	S73
5.11	Zanca-Aufnahme	S74
5.12	Alexander-Aufnahme	S75
5.13	SC-Gelenkaufnahme nach Rockwood	S76
5.14	Schultertangentialaufnahme nach Bernageau	S77
5.15	Westpoint-Aufnahme	S78
5.16	„Stryker notch view“	S79
5.17	Thorax p.a.	S80
5.18	Thorax lateral	S81

Empfehlungen

6	Röntgeneinstellungen in der Ellenbogenchirurgie.....	S82
6.1	Ellenbogen a.p.....	S82
6.2	Ellenbogen seitlich.....	S83
6.3	Radiuskopfzielaufnahme.....	S84

1 Bildgebung in der Schulterchirurgie (DVSE)

1.1 Impingementsyndrom

Andreas B. Imhoff

Infobox

- Röntgen obligat: true a.p. und „outlet view“
- Röntgen fakultativ: „Rockwood view“ und axial
- Sonographie insbesondere zur Beurteilung der Rotatorenmanschette
- MRT aufgrund der Vielzahl an klinischen Differentialdiagnosen großzügig

Einleitung

Die bildgebende Diagnostik umfasst Röntgenaufnahmen in 3 Ebenen (a.p., Supraspinatustunnel-, axiale Aufnahme) sowie die Sonographie bzw. Magnetresonanztomographie (MRT) zur Beurteilung der Rotatorenmanschette. Im eigenen Vorgehen wird die Indikation zur MRT großzügig gestellt.

Obligate Aufnahmen: a.p.-Aufnahme

Indikation. Dient der Beurteilung des Tuberculum majus und der superioren Dezentrierung des Humeruskopfes [2]. Die a.p.-Aufnahme kann damit indirekt Hin-

weise auf eine Verletzung der Rotatorenmanschette geben. Prognostisch sind subperiostale Zysten und eine vermehrte Sklerosierung des Tuberculum majus, eine ausgeprägte Sklerosezone an der Akromionunterkante sowie ein verminderter akromiohumeraler Abstand (<7 mm; [12]). Zudem lassen sich Osteophyten, die vom Akromioklavikular- (AC-)Gelenk ausgehen, abgrenzen. Die Einstellung erlaubt außerdem die Bestimmung des Akromionindex, des „lateral acromion angle“ (LAA) sowie des „critical shoulder angle“ (CSA). Der Akromionindex beschreibt das Verhältnis aus der Distanz Glenoid – lateraler Akromionrand zu Glenoid – lateraler Anteil des Humeruskopfes [19]. Eine weite laterale Extension des Akromions stellt dabei einen prädisponierenden Faktor für das Auftreten einer Rotatorenmanschettenruptur dar. Der LAA gibt den lateralen Neigungswinkel des Akromions an [4]. Er wird gebildet aus der Glenoidebene (superiorer-inferiorer Glenoidpol) und der Unterfläche des Akromions. Banas et al. [4] konnten eine eindeutige Korrelation eines niedrigen LAA (<75 %) mit dem Auftreten

von Rotatorenmanschettenrupturen nachweisen. Als CSA ist der Winkel zwischen der Glenoidebene und einer Linie vom inferioren Glenoidpol zum lateralsten Punkt des Akromions definiert [18]. Ein Winkel $>35^\circ$ steht mit degenerativen Rupturen der Rotatorenmanschette in Zusammenhang.

Subakromiale Spornbildungen sind hingegen in nur 18 % der a.p.-Aufnahmen, einschließlich Ergänzungsaufnahmen in Innen- und Außenrotation, darstellbar ([14]; **Abb. 1**).

Obligate Aufnahmen: Supraspinatustunnelaufnahme („outlet view“)

Indikation. Beurteilung der Krümmung des Akromions. Darstellung von subakromialen Osteophyten bzw. Osteophyten, die vom AC-Gelenk ausgehen sowie von Sehnenverkalkungen (Tendinosis calcarea; [7]).

Anhand der Krümmung werden nach Bigliani drei Akromiontypen unterschieden [17]:

- Typ I: flach,
- Typ II: gebogen,
- Typ III: hakenförmig.

Aufgrund der fraglichen Reliabilität des Akromiontyps wurde der Akromionslope definiert, um die anteriore Krümmung des Akromions zu objektivieren [5]. Dieser bezeichnet den Winkel zweier Geraden zwischen dem antero- bzw. postero-inferiorem Rand des Akromions und dem Übergangspunkt zwischen seiner Vorder- und Rückfläche. Liem et al. [3] beschrieben einen Winkel $>43^\circ$ als prädiktiven Faktor für eine Rotatorenmanschettenruptur.

Die Supraspinatustunnelaufnahme ist der Skapula-Y-Aufnahme (Zentralstrahl horizontal, damit keine Zentrierung auf den Subakromialraum) überlegen, da letztere auf 41 % der Röntgenaufnahmen keine Aussage über die Form des Akromions erlaubt ([13]; **Abb. 2**).

Fakultative Aufnahmen: „Rockwood view“

Indikation. Abbildung von Osteophyten am Vorderrand des Akromions und der kaudalen lateralen Klavikula. Durch die



Abb. 1 ▲ A. p.-Aufnahme



Abb. 2 ▲ Supraspinatustunnelaufnahme

einfachere Aufnahmetechnik ist eine höhere Reproduzierbarkeit als bei der Supraspinatustunnelaufnahme gewährleistet [21]. Allerdings lassen sich weder Form, noch Krümmung und Dicke des Akromions darstellen [6, 10].

Kann als Ergänzung zur Supraspinatustunnelaufnahme durchgeführt werden.

Fakultative Aufnahmen: axiale Aufnahme

Indikation. Die axiale Einstellung gibt Auskunft über die horizontale Zentrierung des Humeruskopfes gegenüber der Gelenkpfanne, sowie die Stellung des AC-Gelenks. Des Weiteren können Defekte der vorderen und hinteren Pfanne, sowie des Tuberculum minus dargestellt werden. In der Diagnostik des Impingementsyndroms liegt die Bedeutung der axialen Aufnahme v. a. in der Abgrenzung eines Os acromiale. Die axiale Aufnahme stellt hierfür die sensitivste Einstellung dar [23, 24, 25]. Alternativ wurde mit dem „double-density sign“ eine radiologische Auffälligkeit beschrieben, welche in der a.p.- und Supraspinatustunnelaufnahme auf ein Os acromiale hinweist [16]. Hierbei handelt es sich um eine Überlagerung der kortikalen Begrenzung des Os acromiale mit dem restlichen Akromion. Die Sensitivität und Spezifität lagen in der a.p.-Aufnahme bei 82,4% bzw. 100%, in der Supraspinatustunnelaufnahme bei 73,5% und 98,4%. Verglichen dazu zeigte die axiale Aufnahme eine Sensitivität von 94,1%, und eine Spezifität von 95,2% (■ **Abb. 3**).



Abb. 3 ◀ Axiale Aufnahme

Fakultative Aufnahmen: Sonographie

Indikation. Evaluation der Rotatorenmanschette. In der Diagnostik von Veränderungen der Rotatorenmanschette zeigt die Sonographie eine mit der MRT vergleichbare Sensitivität ([22]; s. Empfehlungen zur bildgebenden Diagnostik bei Rotatorenmanschettenrupturen und Verletzungen der langen Bizepssehne). Die Sensitivität und Spezifität des sonographischen Nachweises einer Tendinopathie liegt durchschnittlich bei 0,79 (0,63–0,91) bzw. 0,94 (0,86–0,99; [22]). Read und Perko [20] beschrieben für die Ultraschalldiagnostik des Impingementsyndrom, d. h. einer Kompression der Bursa subdeltoidea bzw. der Supraspinatussehne bei Abduktionsbewegung, eine Sensitivität von 0,79.

Fakultative Aufnahmen: MRT

Indikation. Evaluation der Rotatorenmanschette und posterosuperiores Impingement: Typische Befunde beim subakromialen Impingement sind die Imprimierung und Tendinose der Supraspinatussehne sowie die Bursitis subacromialis/subdeltoidea. Die chronische Entzündung der Bursa führt zu einer pathologischen Flüssigkeitseinlagerung, welche sich in den T2-gewichteten (T2w-)Sequenzen durch eine vermehrte Signalgebung darstellt. Dies zeigt sich am deutlichsten in fettsupprimierten protonendichtegewichteten (PDw-)Sequenzen oder STIR-Sequenzen („short tau inversion recovery“; [1]). Bei der Tendinose ist die Supraspinatussehne verdickt und die Signalintensität sowohl auf T2w- als auch

T1-gewichtete (T1w-)Sequenzen und der STIR-Sequenz erhöht. Ein vermehrtes intratendinöses Signal der Supraspinatussehne kann jedoch auch ohne pathologisches Korrelat bei gesunden Individuen beobachtet werden. Dieses physikalische Phänomen wird als „Magic-angle-Effekt“ bezeichnet. Es tritt auf, wenn die Sehne in einem Winkel von 55° zum Hauptmagnetfeld ausgerichtet ist [8].

Besonderheiten Untersuchungsebenen/-sequenzen. Zur Diagnostik des PSI empfiehlt sich die Lagerung des Patienten in der ABER-Position (Abduktion und Außenrotation). Zudem sollte die Untersuchung aufgrund der erhöhten Sensitivität mit Kontrastmittel (KM, Gadolinium) erfolgen [9, 11].

Literatur

1. Stähler A (2004) Impingement and rotator cuff disease. In: Davies AM, Hodler J (eds) Imaging of the shoulder. Techniques and applications. Springer, Berlin, S.121–159
2. Ahovuo J, Paavola P, Slatos P (1984) The diagnostic value of arthrography and plain radiography in rotator cuff tears. Acta Orthop Scand 55(2):220–223
3. Balke M, Schmidt C, Dedy N et al (2013) Correlation of acromial morphology with impingement syndrome and rotator cuff tears. Acta Orthop 84(2):178–183
4. Banas MP, Miller RJ, Totterman S (1995) Relationship between the lateral acromion angle and rotator cuff disease. J Shoulder Elbow Surg 4(6):454–461
5. Bigliani LU, Ticker JB, Flatow EL et al (1991) The relationship of acromial architecture to rotator cuff disease. Clin Sports Med 10(4):823–838
6. Cone RO 3rd, Resnick D, Danzig L (1984) Shoulder impingement syndrome: radiographic evaluation. Radiology 150(1):29–33
7. Duralde XA, Gauntt SJ (1999) Troubleshooting the supraspinatus outlet view. J Shoulder Elbow Surg 8(4):314–319
8. Erickson SJ, Cox IH, Hyde JS et al (1991) Effect of tendon orientation on MR imaging signal intensity: a manifestation of the "magic angle" phenomenon. Radiology 181(2):389–392
9. Gold GE, Pappas GP, Blemker SS et al (2007) Abduction and external rotation in shoulder impingement: an open MR study on healthy volunteers initial experience. Radiology 244(3):815–822
10. Gold RH, Seeger LL, Yao L (1993) Imaging shoulder impingement. Skeletal Radiol 22(8):555–561
11. Halbrecht JL, Tirman P, Atkin D (1999) Internal impingement of the shoulder: comparison of findings between the throwing and nonthrowing shoulders of college baseball players. Arthroscopy 15(3):253–258
12. Hamada K, Fukuda H, Mikasa M et al (1990) Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation. Clin Orthop Relat Res. doi:10.1097/00003086-199005000-00014

-
13. Haygood TM, Langlotz CP, Kneeland JB et al (1994) Categorization of acromial shape: interobserver variability with MR imaging and conventional radiography. *AJR Am J Roentgenol* 162(6):1377–1382
 14. Jim YF, Chang CY, Wu JJ et al (1992) Shoulder impingement syndrome: impingement view and arthrography study based on 100 cases. *Skeletal Radiol* 21(7):449–451
 15. Kloth JK, Zeifang F, Weber MA (2015) Clinical or radiological diagnosis of impingement. *Radiologe* 55(3):203–210
 16. Lee DH, Lee KH, Lopez-Ben R et al (2004) The double-density sign: a radiographic finding suggestive of an os acromiale. *J Bone Joint Surg Am* 86-A(12):2666–2670
 17. Bigliani LU, Mornson DS, April EW (1982) The morphology of the acromion and its relationship to the rotator cuff tears. *Orthop Trans* 10:228
 18. Moor BK, Bouaicha S, Rothenfluh DA et al (2013) Is there an association between the individual anatomy of the scapula and the development of rotator cuff tears or osteoarthritis of the glenohumeral joint?: A radiological study of the critical shoulder angle. *Bone Joint J* 95-B(7):935–941
 19. Nyffeler RW, Werner CM, Sukthankar A et al (2006) Association of a large lateral extension of the acromion with rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 88(4):800–805
 20. Read JW, Perko M (1998) Shoulder ultrasound: diagnostic accuracy for impingement syndrome, rotator cuff tear, and biceps tendon pathology. *J Shoulder Elbow Surg* 7(3):264–271
 21. Rockwood CA, Lyons FR (1993) Shoulder impingement syndrome: diagnosis, radiographic evaluation, and treatment with a modified Neer acromioplasty. *J Bone Joint Surg Am* 75(3):409–424
 22. Roy JS, Braen C, Leblond J et al (2015) Diagnostic accuracy of ultrasonography, MRI and MR arthrography in the characterisation of rotator cuff disorders: a meta-analysis. *Br J Sports Med* 49(20):1316
 23. Ryu RK, Fan RS, 5th Dunbar WH (1999) The treatment of symptomatic os acromiale. *Orthopedics* 22(3):325–328
 24. Warner JJ, Beim GM, Higgins L (1998) The treatment of symptomatic os acromiale. *J Bone Joint Surg Am* 80(9):1320–1326
 25. Wright RW, Heller MA, Quick DC et al (2000) Arthroscopic decompression for impingement syndrome secondary to an unstable os acromiale. *Arthroscopy* 16(6):595–599

1.2 Rotatorenmanschettenrupturen und Verletzungen der langen Bizepssehne

Andreas B. Imhoff

Infobox

- Röntgen: Schulter a.p., axial und „outlet view“
- Sonographie
- MRT

Röntgen

Schultergelenk in 3 Ebenen, empfohlen werden die a.p.-Aufnahme, die Supraspinatustunnelaufnahme und die axiale Aufnahme (s. Bildgebung Kap. 1.1 Impingementsyndrom).

Sonographie

Indikation. Einen erfahrenen Untersucher vorausgesetzt, ist die Sonographie in der Diagnostik von Rotatorenmanschettenrupturen der MRT sowie der Arthro-MRT gleichgestellt [19]. In einer aktuellen Metaanalyse liegt die durchschnittliche Sensitivität und Spezifität der Ultraschall-diagnostik von transmuralen Rupturen der Rotatorenmanschette bei 0,91 bzw. 0,93. Weniger sensitiv, aber weiterhin mit der MRT vergleichbar, ist der Nachweis von Partialrupturen (Sensitivität 0,68, Spezifität 0,94; [19]). Die Ergebnisse waren dabei unabhängig davon, ob ein Schallkopf $\leq 7,5$ MHz oder $>7,5$ MHz eingesetzt wurde. Die Sonographie stellt zudem eine zuverlässige Methode in der Diagnostik extrakapsulärer Pathologien der langen Bizepssehne dar [18]. So werden komplette Rupturen verlässlich erkannt, wobei die Sensitivität bzw. Spezifität zwischen 0,75–0,88 bzw. 0,98 liegt [1, 18, 22]. Eine hohe Sensitivität (0,96) besteht auch in der Diagnostik von Subluxationen der langen Bizepssehne [1]. Eine Limitation

liegt hingegen in der Beurteilung des Bizepssehnenankers, was der Überlagerung durch knöcherne Strukturen geschuldet ist [9]. Auch die Abgrenzung von Partialrupturen stellt eine Herausforderung in der MRT dar, die Sensitivität bzw. Spezifität liegen hier nur bei 0,27 bzw. 0,46 [18, 22].

Einstellung und Technik. Linearschallkopf mit einer Frequenz von 7 MHz, bei stark muskulösen oder adipösen Patienten 5 MHz. Die Untersuchung erfolgt am sitzenden Patienten bei frei hängendem Arm bzw. 90° Beugstellung im Ellenbogengelenk. Das Schultergelenk wird in den 6 Standardschnittebenen nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) und der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (DGOU) erfasst (■ Tab. 1).

Die Untersuchung erfolgt dynamisch, da nur hierdurch kleinere Läsionen der Rotatorenmanschette erkannt werden können. Als sichere sonographische Zeichen einer Ruptur gelten das Fehlen der Sehnenstruktur, Veränderungen der Sehnenform sowie fehlendes Mitbewegen der Sehne bei dynamischer Untersuchung (Rotation Oberarm). Zu den unsicheren Zeichen werden Echogenitätsveränderungen innerhalb der Sehne gezählt [23].

MRT

Indikation. Die MRT liefert die umfassendsten Informationen über die Sehnenstruktur. So lassen sich Größe und Form der Ruptur, der Retraktionsgrad, die muskuläre Atrophie, die Qualität verbliebener Sehnenanteile sowie knöcherne Veränderungen abgrenzen. In der Diagnostik der transmuralen Rotatorenmanschetten-

rupturen liegen Sensitivität und Spezifität der nativen MRT bei durchschnittlich 0,9 bzw. 0,93 [7, 19]. Damit besteht hinsichtlich der diagnostischen Wertigkeit kein Unterschied gegenüber der Arthro-MRT (Sensitivität 0,9, Spezifität 0,95). In der Darstellung von Partialrupturen ist die Arthro-MRT der nativen MRT jedoch überlegen (Sensitivität 0,67 bzw. 0,83; [19, 24]). Die Positionierung des Patienten in Abduktion und Außenrotation (ABER) kann die Sensitivität weiter verbessern [6, 20]. In einer Studie von Lee et al. konnte die Arthro-MRT, bei Lagerung des Patienten in der ABER-Position, die horizontale Komponente einer artikulareseitigen Partialruptur zu 100 % detektieren [10]. Verglichen hierzu wurden nur 21 % der Teilrupturen in der gewinkelt parakoronalen Schichtung diagnostiziert.

Die Sensitivität und Spezifität der nativen MRT in der Diagnostik von kompletten Rupturen der langen Bizepssehne liegt zwischen 0,56–0,69 bzw. 0,94–0,98 [5, 14, 15]. Durch die Arthro-MRT erhöht sich die Sensitivität (0,89–0,92) bei einer Spezifität von 100 %. Folglich beeinflusst die KM-Gabe die Diagnostik positiv [16, 25].

Für die Beurteilung der Stabilität der langen Bizepssehne im nativen MRT ergibt sich eine Sensitivität von 0,53 und eine Spezifität von 0,79 [14]. Der diagnostische Wert lässt sich zwar durch die KM-Gabe verbessern (Sensitivität 0–0,66, Spezifität 0,94–1,0), liegt jedoch hinter der dynamischen Sonographie zurück [4]. Die native MRT zeigt in der Diagnostik der SLAP-Läsion („superior labrum anterior and posterior“) eine durchschnittliche Sensitivität von 0,75–0,98 und Spezifität von 0,89–0,99 [3, 11]. Durch KM-Gabe können auch hier bessere Ergebnisse erreicht werden (Sensitivität 91–98 %, Spezifität 93–99 %; [2, 12]). In einer aktuellen Studie von Sheridan et al. zeigte die Arthro-MRT zwar eine höhere Sensitivität (0,8), hingegen war die Spezifität in der nativen MRT höher (0,85; [21]).

Die Studienlage hinsichtlich des diagnostischen Wertes einer 1,5-T- bzw. 3,0-T-Spule sind uneinheitlich. So beschrieben Jung et al. und Magee et al. eine höhere Sensitivität und Spezifität mit der 3,0-T-Spule, während Connolly et al. in einer retrospektiven Untersuchung keinen Unterschied nachweisen konnten [3, 8, 13].

Tab. 1

Dorsale Region	Lateral-superiore Region	Ventrale Region
Transversalschnitt	Transversalschnitt	Transversalschnitt
Longitudinalschnitt	Longitudinalschnitt	Longitudinalschnitt

Literatur

1. Armstrong A, Teehey SA, Wu T et al (2006) The efficacy of ultrasound in the diagnosis of long head of the biceps tendon pathology. *J Shoulder Elbow Surg* 15(1):7–11
2. Bencardino JT, Beltran J, Rosenberg ZS et al (2000) Superior labrum anterior-posterior lesions: diagnosis with MR arthrography of the shoulder. *Radiology* 214(1):267–271
3. Connolly KP, Schwartzberg RS, Reuss B et al (2013) Sensitivity and specificity of noncontrast magnetic resonance imaging reports in the diagnosis of type-II superior labral anterior-posterior lesions in the community setting. *J Bone Joint Surg Am* 95(4):308–313
4. De Maeseneer M, Boulet C, Pouliart N et al (2012) Assessment of the long head of the biceps tendon of the shoulder with 3T magnetic resonance arthrography and CT arthrography. *Eur J Radiol* 81(5):934–939
5. Dubrow SA, Streit JJ, Shishani Y et al (2014) Diagnostic accuracy in detecting tears in the proximal biceps tendon using standard nonenhancing shoulder MRI. *Open Access J Sports Med* 5:81–87
6. Herold T, Bachthaler M, Hamer OW et al (2006) Indirect MR arthrography of the shoulder: use of abduction and external rotation to detect full- and partial-thickness tears of the supraspinatus tendon. *Radiology* 240(1):152–160
7. Imhoff A, Hodler J (1992) Arthroscopy and MRT of the shoulder—a comparative retrospective analysis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 130(3):188–196
8. Jung JY, Jee WH, Park MY et al (2013) SLAP tears: diagnosis using 3-T shoulder MR arthrography with the 3D isotropic turbo spin-echo space sequence versus conventional 2D sequences. *Eur Radiol* 23(2):487–495
9. Kolla S, Motamedi K (2007) Ultrasound evaluation of the shoulder. *Semin Musculoskelet Radiol* 11(2):117–125
10. Lee SY, Lee JK (2002) Horizontal component of partial-thickness tears of rotator cuff: imaging characteristics and comparison of ABER view with oblique coronal view at MR arthrography initial results. *Radiology* 224(2):470–476
11. Legan JM, Burkhard TK, Goff WB 2nd et al (1991) Tears of the glenoid labrum: MR imaging of 88 arthroscopically confirmed cases. *Radiology* 179(1):241–246
12. Magee T (2009) 3-T MRI of the shoulder: is MR arthrography necessary? *AJR Am J Roentgenol* 192(1):86–92
13. Magee T, Williams D (2006) 3.0-T MRI of meniscal tears. *AJR Am J Roentgenol* 187(2):371–375
14. Malavolta EA, Assuncao JH, Guglielmetti CL et al (2015) Accuracy of preoperative MRI in the diagnosis of disorders of the long head of the biceps tendon. *Eur J Radiol* 84(11):2250
15. Mohtadi NG, Vellet AD, Clark ML et al (2004) A prospective, double-blind comparison of magnetic resonance imaging and arthroscopy in the evaluation of patients presenting with shoulder pain. *J Shoulder Elbow Surg* 13(3):258–265
16. Omoumi P, Bafort AC, Dubuc JE et al (2012) Evaluation of rotator cuff tendon tears: comparison of multidetector CT arthrography and 1.5-T MR arthrography. *Radiology* 264(3):812–822
17. Opsha O, Malik A, Baltazar R et al (2008) MRI of the rotator cuff and internal derangement. *Eur J Radiol* 68(1):36–56
18. Read JW, Perko M (1998) Shoulder ultrasound: diagnostic accuracy for impingement syndrome, rotator cuff tear, and biceps tendon pathology. *J Shoulder Elbow Surg* 7(3):264–271
19. Roy JS, Braen C, Leblond J et al (2015) Diagnostic accuracy of ultrasonography, MRI and MR arthrography in the characterisation of rotator cuff disorders: a meta-analysis. *Br J Sports Med*. doi:10.1136/bjsports-2014-094148
20. Schaeffeler C, Waldt S, Bauer JS et al (2014) MR arthrography including abduction and external rotation images in the assessment of atraumatic multidirectional instability of the shoulder. *Eur Radiol* 24(6):1376–1385
21. Sheridan K, Kreulen C, Kim S et al (2014) Accuracy of magnetic resonance imaging to diagnose superior labrum anterior-posterior tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(9):2645
22. Skendzel JG, Jacobson JA, Carpenter JE et al (2011) Long head of biceps brachii tendon evaluation: accuracy of preoperative ultrasound. *AJR Am J Roentgenol* 197(4):942–948
23. Koneremann W, Gruber G (2007) Rotatorenmanschettenruptur. In: *Ultraschalldiagnostik der Bewegungsorgane: Kursbuch nach den Richtlinien der DEGUM und der DGOOC*. Thieme, Stuttgart, S 157
24. Waldt S, Bruegel M, Mueller D et al (2007) Rotator cuff tears: assessment with MR arthrography in 275 patients with arthroscopic correlation. *Eur Radiol* 17(2):491–498
25. Zanetti M, Weishaupt D, Gerber C et al (1998) Tendinopathy and rupture of the tendon of the long head of the biceps brachii muscle: evaluation with MR arthrography. *AJR Am J Roentgenol* 170(6):1557–1561

1.3 Arthrose des AC-Gelenks

Peter E. Müller, Andreas D. Helck, Matthias F. Pietschmann

Infobox

- Röntgen true a.p., Zanca-Aufnahme und axial
- Schichtbildgebung nicht erforderlich

Einleitung

Die primäre radiologische Abklärung der AC-Gelenkarthrose umfasst neben der Zanca-Aufnahme die transaxilläre Aufnahme des Schultergelenks. Anhand dieser Aufnahmen können degenerative Gelenkveränderungen, korakoklavikuläre (CC-)Ossifikationen und Osteolysen am distalen Klavikulaende diagnostiziert werden. Für besondere Fragestellungen, wie einer möglichen vertikalen oder horizontalen Instabilität, stehen die Panorama- und Alexander-Aufnahme zur Verfügung.

Obligate Nativröntgenaufnahmen

AC-Gelenk-Zielaufnahme nach Zanca (1971). Sie erfolgt als a.p.-Aufnahme mit 10–15° ansteigendem Strahlengang, wobei der Zentralstrahl auf den Processus co-

racoideus gerichtet ist. Im Gegensatz zur Zielaufnahme des AC-Gelenks ohne angehobenen Strahlengang wird in der Zanca-Aufnahmetechnik der Gelenkspalt frei projiziert und nicht von der Spina scapulae überdeckt. Oft werden erst so Veränderungen im Bereich der lateralen Klavikula, des Akromions oder der CC-Bänder sichtbar. Es können die Gelenkspaltweite und -degeneration sowie kaudale Osteophyten der lateralen Klavikula beurteilt werden (■ **Abb. 4**).

Transaxilläre Aufnahme. Zur Darstellung in der 2. Ebene wird die transaxilläre Aufnahme im axialen Strahlengang durchgeführt. Sie kann sowohl bei liegendem wie bei sitzendem Patienten in skapularer Ebene oder in Frontalebene bei ca. 80 ± 100° abduziertem Arm angefertigt werden. Bei frisch verletztem Gelenk ist die Durchführung auch in geringerer Abduktion möglich. Sie zeigt zum einen sehr gut die horizontale Zentrierung des Humeruskopfes in der Pfanne, aber auch die horizontale Zentrierung der lateralen Klavikula auf das Akromion. Darüber hi-

naus können in dieser Aufnahme evtl. offene Fugen der akromialen Apophysen erkannt werden (■ **Abb. 5**).

Schichtbildverfahren. Die CT und MRT spielen in der Routinediagnostik der AC-Gelenkarthrose keine Rolle. In der CT können ossäre Veränderungen wie Osteophyten, subchondrale Sklerosierungen und Geröllzysten im Gegensatz zur Projektionsradiographie überlagerungsfrei dargestellt werden, dies ist jedoch nur in Einzelfällen notwendig. Die MRT kann anhand des Knochenödems oder des KM-Enhancements einen Hinweis auf eine aktivierte Arthrose bzw. die Entzündungsaktivität geben. Das Knochenödem der lateralen Klavikula ohne entsprechende Klinik ist jedoch kein Indikationskriterium für eine operative Therapie. Bei Verdacht auf das Vorliegen einer Infektion ist die MRT eine sinnvolle Untersuchungsmodalität.

Literatur

1. Alexander OM (1949) Dislocation of the acromioclavicular joint. Radiography 15:260
2. Hedtmann A, Fett H, Ludwig J (1998) Die Behandlung veralteter, posttraumatischer Akromioklavikulargelenkinstabilitäten und -arthrosen. Orthopäde 8:556–566
3. Zanca P (1971) Shoulder pain: Involvement of the acromioclavicular joint. Analysis of 1000 cases. Am J Radiol 112:493–506



Abb. 4 ▲ Röntgenaufnahme nach Zanca



Abb. 5 ▲ Transaxilläre Aufnahme

1.4 Tendinosis calcarea

Peter E. Müller, Andreas D. Helck, Matthias F. Pietschmann

Infobox

- Röntgen true a.p. und Y-view, fakultativ a.p.- in IRO und ARO
- Sonographie
- Schichtbildgebung nicht erforderlich

Einleitung

Es existieren verschiedene Klassifikationen zur röntgenologischen Einteilung der Kalkablagerungen. Im deutschsprachigen Raum ist die Einteilung nach Gärtner weit verbreitet [4, 5].

Obligate Nativröntgenaufnahmen

Grundlage der Röntgendiagnostik bilden hier v. a. die True-a.p.-Aufnahme in Verbindung mit der Y-Aufnahme (nach Morrison bzw. „outlet view“). Diese beiden Aufnahmen erlauben bei korrekter Durchführung prinzipiell die Beurteilung von Verkalkungen in allen Rotatorenmanschettensehnen. In der Y-Aufnahme kann es jedoch zu einer partiellen Verdeckung der Infraspinatussehne durch die Spina scapulae, sowie der Supraspinatussehne/ventraler Anteile des

Intervalls durch den Processus coracoideus kommen. In der aktuellen Literatur wird die Notwendigkeit von ergänzenden a.p.-Aufnahmen in Innen- und Außenrotation kontrovers diskutiert [1, 6]. In Außenrotation (Tuberculum majus lateral randbildend) ist der Sehnenansatz des M. supraspinatus und in Innenrotation (Tuberculum minus medial randbildend) der Sehnenansatz des M. infraspinatus besser erkennbar. Es sollte beachtet werden, dass Verkalkungen überwiegend in der Sehne des M. supraspinatus auftreten ([1, 2, 8]; ■ **Abb. 6**).

Schichtbildverfahren

Die CT und MRT spielen in der klinischen Routinediagnostik der Erkrankung keine Rolle. Die CT kann in Einzelfällen zur präoperativen Planung vor Kalkausräumung zur exakten Lokalisation und/oder der Identifikation von septierten Kalkdepots erwogen werden [6]. Die Sonographie hat sich für die Diagnostik, Therapie („needeling“) und zur Verlaufskontrolle der Tendinosis calcarea (TC) bewährt. Es werden die Standardschnitte an der Supraspinatussehne durchgeführt (lon-

gitudinal und transversal) sowie die lange Bizepssehne untersucht. Für eine systematische und reproduzierbare Untersuchung schlugen Ogon et al. [7] das Quadrantensystem vor. Hinsichtlich der Wertigkeit der Sonographie zur Beurteilung der Konsistenz der Kalkablagerungen anhand der Schallauslöschung existieren widersprüchliche Angaben in der Literatur ([3, 6]; ■ **Abb. 7**).

Literatur

1. Balke M, Bielefeld R, Schmidt C, Dedy N, Liem D (2012) Calcifying tendinitis of the shoulder: midterm results after arthroscopic treatment. *Am J Sports Med* 40(3):657–661
2. Bosworth BM (1941) Calcium deposits in the shoulder and subacromial bursitis: a survey of 12.122 shoulders. *JAMA* 116:2477–2482
3. Farin PU (1996) Consistency of rotator-cuff calcifications. Observations on plain radiography, sonography, computed tomography, and at needle treatment. *Invest Radiol* 31:300–304
4. Gärtner J (1993) Tendinosis calcarea—results of treatment with needling. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 131(5):461–469
5. Gärtner J, Heyer A (1995) Calcific tendinitis of the shoulder. *Orthopäde* 24:284–302
6. Izadpanah K, Jaeger M, Maier D, Südkamp NP, Ogon P (2014) Preoperative planning of calcium deposit removal in calcifying tendinitis of the rotator cuff - possible contribution of computed tomography, ultrasound and conventional X-Ray. *Bmc Musculoskelet Disord* 15:385
7. Ogon P, Ogon M, Jäger A (2001) Technical note: the quadrant technique for arthroscopic treatment of rotator cuff calcifications. *Arthroscopy* 17:E13
8. Plenck HP (1952) Calcifying tendinitis of the shoulder. *Radiology* 59:384–389



Abb. 6 ▲ Kalkdepot in der True-a.p.-Aufnahme (a), Kalkdepot in der „outlet view“ (b)

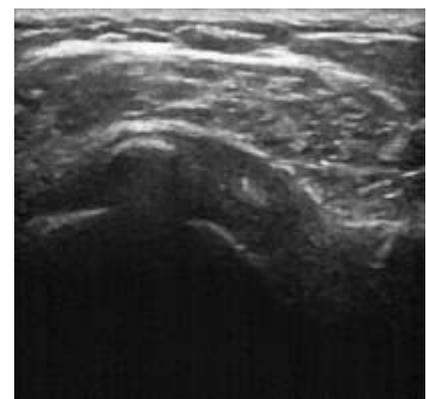


Abb. 7 ▲ Transversaler Schnitt durch Supraspinatussehne mit Kalkdepot und Schallschatten

1.5 Omarthrose/Defektarthropathie

Felix Zeifang, Christoph Rehnitz

Infobox

- Röntgen: Standarduntersuchung (true a.p., axial)
- CT: bei Indikation zur endoprothetischen Versorgung zur Beurteilung des „bone stocks“, Retroversion, Dezentrierung, 3D-Darstellung
- MRT: Knorpeldarstellung mit knorpelsensitiven Sequenzen. Darstellung assoziierter Rotatorenmanschettenläsionen (Ruptur, Atrophie, Verfettung) mit PD FAT SAT oder T2 FAT SAT

Einleitung/obligate Nativröntgenaufnahmen

Die Nativröntgenuntersuchung ist zentraler Bestandteil zur Beurteilung des Arthroseausmaßes. Dabei sollten 3 Projektionen (True-a.p.-, axiale, Y-Aufnahme) durchgeführt werden, um das Ausmaß der osteophytären Anbauten, Kopf- und Glenoiddeformierung (Retroversion der Pfanne und Pfannenmorphologie nach Walch [1]) und Dezentrierung des Humeruskopfes beurteilen zu können. Zur präoperativen Prothesenplanung sollte eine Messkugel verwendet werden (■ **Abb. 8**).

Schichtbildverfahren

Die CT ermöglicht die genauere Einschätzung der knöchernen Destruktion des Glenoids (konkav/bikonkav, Dezentrierung, Walch-Einteilung; ■ **Abb. 9 und 10**), des Humeruskopfes sowie intraossärer Zysten. Eine Bestimmung des Retrotorsionswinkels des Humeruskopfes zur Epikondylenachse (z. B. bei Revisionsoperationen oder im Frakturfall) ist möglich. Die Schichtdicke sollte <1 mm sein, dadurch können isotrope Voxel zur multiplanaren Rekonstruktion (MPR; alle Richtungen, koronar, sagittal, schräg) + dreidimensionale (3D-)Rekonstruktionen erstellt werden.

Die Beurteilung der Rotatorenmanschette ist gegenüber der MRT schwieriger aber möglich. Muskelatrophien sind im Weichteilfenster, größere Rotatorenmanschettendefekte ebenfalls darstellbar.

Mithilfe der CT-Arthrographie können Rotatorenmanschettendefekte (v. a. artikulareseitige) sensitiv dargestellt werden. Alternative bei Herzschrittmacher/Defibrillator, aber Strahlenexposition.

Mithilfe der MRT kann das Ausmaß der Arthrose und die Rotatorenmanschet-

tendestruktion (Rupturausmaß, Muskelatrophieeinteilung nach Goutallier [2, 3], ■ **Abb. 11**, Sehnenretraktion nach Patte [4]) bestimmt werden.

Frühformen der Arthrose können mit den knorpelsensitiven Sequenzen beurteilt werden, z. B. durch 2D-protengewichtete fettgesättigte Sequenzen (PD FAT SAT). Die empfohlene Schichtdicke beträgt maximal 3 mm. Mithilfe der 3D-Sequenzen (Schichtdicke <1 mm z. B.: „double echo steady state“ [DESS]) können kleinere Knorpeldefekte darge-



Abb. 8a-e ▲ Prä- und postoperative Röntgenbilder (mit Messkugel) bei anatomischer Totalendoprothesen (TEP) Implantation mit präoperativer Planung



Abb. 9 ▲ Dezentrierung des Humeruskopfes nach dorsal mit bikonkavem Glenoid (Typ B2 nach Walch)



Abb. 10 ▲ Typ C nach Walch

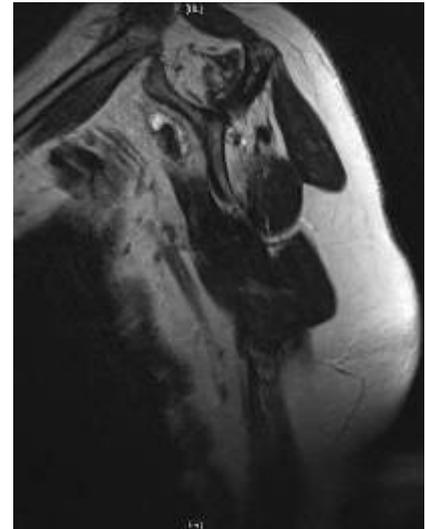


Abb. 11 ▲ Verfettung des Supraspinatus Goutallier-Grad 4, zusätzlich Verfettung der oberen Anteile des M. infraspinatus und M. subscapularis

stellt werden und eine MPR erstellt werden.

Rotatorenmanschettendefekte werden mit PD FAT SAT oder T2 FAT SAT beurteilt. Atrophien und Verfettungen des Muskelbauchs werden analog Goutallier mithilfe von sagittalen T1 oder T2 ohne FAT SAT eingeteilt. Dabei wird die Schnittebene so gelegt, dass die Korakoidbasis und die Spina scapulae durchgehend noch in Kontakt mit dem restlichen Skapulakörper liegt (sog. Y-Aufnahme).

Die Glenoidmorphologie kann mithilfe der axialen T1 ohne Fettsättigung beurteilt werden.

Die MR-Arthrographie kann glenoidalen und humeralen Knorpel und kleinere Rotatorenmanschettendefekte genauer darstellen.

Literatur

1. Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A (1999) Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty* 14:756–760

2. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J et al (1994) Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res.* doi:10.1097/00003086-199407000-00014
3. Fuchs B, Weishaupt D, Zanetti M et al (2000) Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg* 8(6):599–605
4. Patte D (1990) Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop* 254:81–86

1.6 Vordere Schultererstluxation

Julia Wolke, Markus Scheibel

Infobox

- Röntgen true a.p. und Y-view vor und nach Reposition
- CT insbesondere bei vorderen Pfannranddefekten
- MRT generell bei jungen Patienten und aktiven Patienten mit primär-traumatischer Erstluxation

Einleitung

Zu den häufigsten Begleitverletzungen einer vorderen Schulterluxation gehört die Bankart-Läsion (Läsion des Labrum glenoidale anteroinferior) und die Hill-



Abb. 12 ▲ Hill-Sachs-Impressionsfraktur in Nativröntgen a.-p.

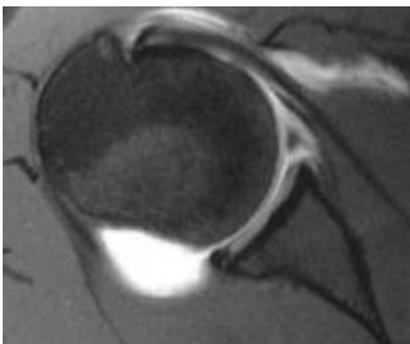


Abb. 13 ▲ Bankart-Läsion im MRT transversale Schicht

Sachs-Läsion (posterolaterale Oberarmkopfmpression). Große kraniale Hill-Sachs-Läsionen können bereits in der konventionellen a.p.-Röntgendiagnostik nachgewiesen werden und stellen je nach Größe des Defekts ein erhöhtes Risiko für eine Rezidivinstabilität der Schulter dar (▣ Abb. 12).

Bankart-Läsionen treten in 90–97% nach vorderer Schultererstluxation auf und können durch die MRT der Schulter diagnostiziert werden (▣ Abb. 13; [2, 3]). HAGL-Läsionen („humeral avulsion of glenohumeral ligaments“) treten in ca. 8% nach primär-traumatischer Schulterluxation auf und können ebenfalls im MRT diagnostiziert werden[4].

Obligate Nativröntgenuntersuchung

Vor und nach Reposition einer vorderen Schultererstluxation erfolgt obligat die Röntgenstandarddiagnostik als True-a.p.-Aufnahme, sowie die Y-Aufnahme (▣ Abb. 14a, b) zum Frakturausschluss und zur Feststellung der Luxationsrichtung bzw. post repositionem zur Dokumentation des Repositionsergebnisses.



Abb. 14a,b ◀ True a.p. und y-view bei Schulterluxation

Fakultative Nativröntgenuntersuchung

Die axiale Röntgenaufnahme ist in der akuten Situation häufig nicht durchführbar. Alternativ kann eine Velpeau-Aufnahme zur Differenzierung einer vorderen von der hinteren Luxationsrichtung durchgeführt werden [1].

Durch Innenrotation des Armes in der a.p.-Aufnahme oder durch Anfertigung einer 20/20-Tangentialaufnahme kann die Diagnostik eines Hill-Sachs-Defekts erleichtert werden.

Schichtbildverfahren

Die MRT-Diagnostik ist generell indiziert bei jungen Patienten und aktiven Patienten mit primär-traumatischer Erstluxation zur Verifizierung der intraartikulären kapsulolabralen Läsionen. In der Regel ist bei der akuten Schulterinstabilität (bis maximal 3 Wochen post luxationem) die native MRT ausreichend und keine KM-Gabe notwendig, da der anzutreffende Gelenkerguss als „körpereigenes“ KM eine Diagnostik der Verletzungsfolgen ermöglicht [5]. Es werden hierbei parakoronare und parasagittale T1-gewichtete SE- (Spin-echo-)Sequenzen, sowie parakoronare und transversale intermediär gewichtete FSE- (Fast-spin-echo-) Sequenzen mit spektraler Fettsuppression empfohlen.

Begleitende Rotatorenmanschettenverletzungen treten zwischen 14 und 65% mit zunehmender Inzidenz bei steigendem Lebensalter (Patienten >40 Jahre) auf. So-

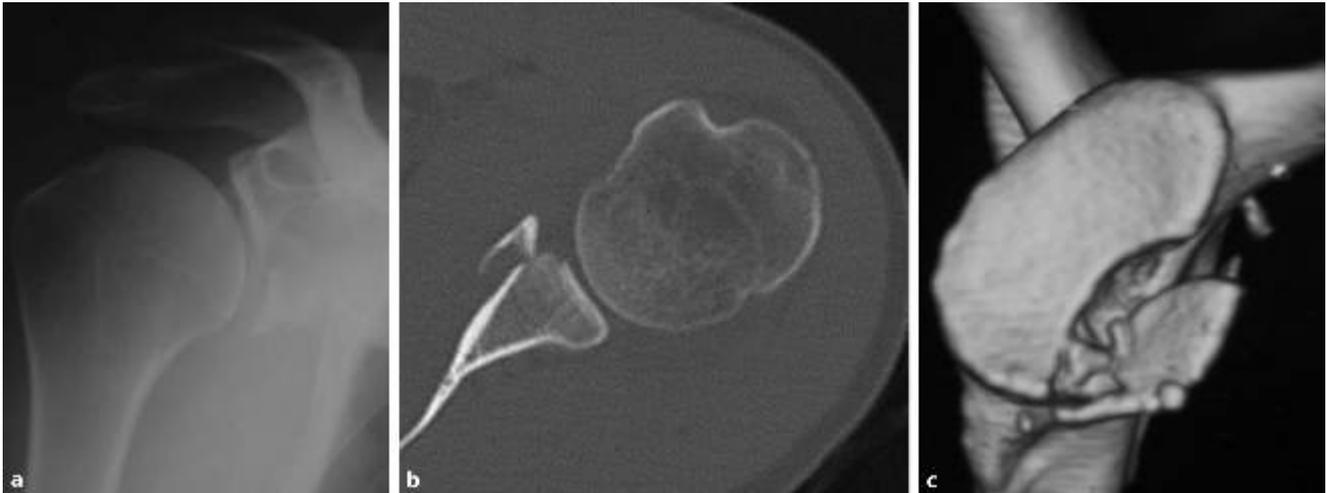


Abb. 15a–c ▲ Knöcherne Begleitverletzung (Bankart-Fraktur), nativradiologisch, im CT und 3D-CT

mit muss v. a. bei älteren Patienten besonderes Augenmerk auf die klinische Untersuchung der Rotatorenmanschette gelegt werden und in Abhängigkeit davon die Sonographie oder das MRT der Schulter bei klinischem Verdacht auf Rotatorenmanschettenläsionen ergänzt werden [6, 7].

Die CT der Schulter stellt keine Standarddiagnostik bei der Schultererstluxation dar, sondern eine Ergänzung bei konventionell radiologischem Verdacht oder Nachweis knöcherner Begleitverletzungen des Glenoids (■ **Abb. 15a, b**) oder Tuberculum-majus-Frakturen. Bei der Diagnostik vorderer Pfannenranddefekte

ist die CT-Diagnostik dem MRT überlegen und eignet sich durch die Anfertigung eines 3D-CT zur Beurteilung hinsichtlich der Größe, Anzahl und der Dislokation der Fragmente (■ **Abb. 15c**). Auch bei begleitenden Tuberculum-majus-Frakturen eignet sich die CT-Diagnostik zur Beurteilung hinsichtlich der Größe, Anzahl und der Dislokation der Fragmente.

Literatur

1. Dala-Ali B, Penna M, McConnell J, Vanhegan I, Cobiella C (2014) Management of acute anterior shoulder dislocation. *Br J Sports Med* 48(16):1209–1215

2. Burkart AC, Debski RE (2002) Anatomy and function of the glenohumeral ligaments in anterior shoulder instability. *Clin Orthop Relat Res* 400:32–39
3. Zacchilli MA, Owens BD (2010) Epidemiology of shoulder dislocations presenting to emergency departments in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 92(3):542–549
4. Wolf EM, Cheng JC, Dickson K (1995) Humeral avulsion of glenohumeral ligaments as a cause of anterior shoulder instability. *Arthroscopy* 11(5):600–607
5. Kreitner KF, Mahringer-Kunz A (2015) Systematics of shoulder instability. *Radiologe* 55(3):195–202
6. Mancini GB, Malaspina C, Scalercio AM, Ferranti R (2001) Anterior shoulder dislocation and injuries of the rotator cuff in patients aged over 40 years. Clinical and sonographic study. *Chir Organi Mov* 86(1):37–44
7. Berbig R, Weishaupt D, Prim J, Shahin O (1999) Primary anterior shoulder dislocation and rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 8(3):220–225

1.7 Posttraumatische Rezidivluxation

Julia Wolke, Markus Scheibel

Infobox

- Röntgen true a.p. und Y-view vor und nach Reposition und zum Frakturausschluss
- Dünnschicht CT mit 3D-Rekonstruktion zur Beurteilung knöcherner Glenoidranddefekte obligat
- MRT fakultativ bei V.a. Defekt der Rotatorenmanschette

Einleitung

Bei rezidivierenden Luxationen sind knöchernen Glenoidranddefekte eine sehr häufige Begleitverletzung, welche in bis zu 90 % auftreten. Hierunter befinden sich in bis zu 50 % chronische Fragmentsituationen und in bis zu 40 % Erosionsdefekte des vorderen Pfannenrandes [2]. Glenoidrandläsionen können bereits auf konventionell radiologischen Aufnahmen durch eine Unterbrechung der Sklerosierungslinie („loss of sclerotic line sign“) in der True-a.p.-Aufnahme diagnostiziert werden ([3]; **Abb. 16**).

Daher gilt bei der rezidivierenden Schulterinstabilität besonderes Augenmerk auf die Diagnostik knöcherner Glenoiddefekte zu legen.

Obligate

Nativröntgenuntersuchung

Die konventionelle Röntgendiagnostik stellt auch bei der Rezidivluxation die initiale Bildgebung dar. In der Röntgenaufnahme im a.p.-Strahlengang sowie der Y-Aufnahme erfolgt der Frakturausschluss und die Feststellung der Luxationsrichtung, sowie die Sicherung des Repositionsergebnisses. Analog zur Schultererstluxation kann auch hier die axiale oder Velpeau-Röntgenaufnahme die Differenzierung einer vorderen von der hinteren Schulterluxation erleichtern [1].

Fakultative

Nativröntgenuntersuchung

Hierbei stellt die Bernageau-Aufnahme als konventionell-radiologische Glenoidzielaufnahme im Seitenvergleich beider Schultern eine Möglichkeit zur primären Diagnostik knöcherner Glenoiddefekte dar. Diese ermöglicht die primäre Unterscheidung von Erosions- bzw. Fragmentdefekten des Glenoids ([4, 5]; **Abb. 17**).

Schichtbildverfahren: CT

Die CT beider Schultern spielt bei der rezidivierenden Luxation eine große Rolle. Bei konventionell radiologischem Verdacht auf knöchernen Glenoidranddefekte oder

rezidivierende Luxationen in der Anamnese empfiehlt sich die Durchführung eines Dünnschicht-CT beider Schultern mit 3D-Rekonstruktion und Subtraktion des Humeruskopfes. Dieses ermöglicht ein „en face view“ des Glenoids und die genaue Verifizierung knöcherner Glenoidranddefekte durch Erhebung des Glenoidindex nach Chuang (**Abb. 18**; [6]). Liegt dieser Index $>0,75$, so geht die Tendenz in der Regel eher zu einer weichteiligen Stabilisierung; liegt der Index $<0,75$, so sollte die Indikation zu einer knöchernen Rekonstruktion in Betracht gezogen werden [6, 7]. Zur exakten 3D-Quantifizierung des Glenoiddefekts eignet sich die Methode nach Diederichs et al., bei welcher ein Matching des betroffenen Glenoids mit dem gesunden kontralateralen Glenoid im 3D-CT durchgeführt wird [8].

Schichtbildverfahren: MRT

Im Gegensatz zu der primären Schulterluxation spielt die MRT-Diagnostik bei der rezidivierenden Luxation eher eine untergeordnete Rolle. Diese sollte durchgeführt werden, falls klinisch der Verdacht auf eine akute Schädigung bei vorliegender chronischer Instabilität (beispielsweise Rotatorenmanschettenläsionen) vorliegt. Hierfür eignen sich die gleichen Sequenzen wie bei der Erstluxation, falls Metallartefakte zu erwarten sind, bietet sich die T2-gewichtete FSE-Aufnahme an [9].

Bei rezidivierenden Luxationen empfiehlt sich das KM-MRT zur Verifizierung intraartikulärer Läsionen, da hier meist



Abb. 16 ▲ Unterbrechung der Skleroselinie



Abb. 17a,b ▲ Bernageau-Aufnahmen als konventionelle Zielaufnahmen im Seitenvergleich

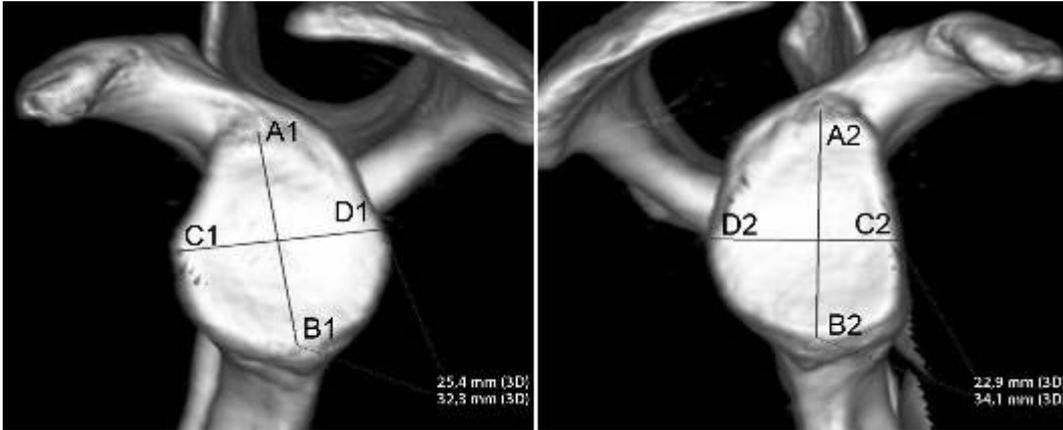


Abb. 18 ◀ Bestimmung des Glenoidindex

im Gegensatz zur akuten Instabilität kein „natürliches Kontrastmittel“ in Form eines Hämatoms vorliegt [10].

Literatur

1. Dala-Ali B, Penna M, McConnell J, Vanhegan I, Cobiella C (2014) Management of acute anterior shoulder dislocation. *Br J Sports Med* 48(16):1209–1215
2. Gutierrez V, Monckeberg JE, Pinedo M, Radice F (2012) Arthroscopically determined degree of injury after shoulder dislocation relates to recurrence rate. *Clin Orthop Relat Res* 470(4):961–964
3. Jankauskas L, Rudiger HA, Pfirrmann CW, Jost B, Gerber C (2010) Loss of the sclerotic line of the glenoid on anteroposterior radiographs of the shoulder: a diagnostic sign for an osseous defect of the anterior glenoid rim. *J Shoulder Elbow Surg* 19(1):151–156
4. Bernageau J, Patte D, Debeyre J, Ferrane J (1976) Value of the glenoid profil in recurrent luxations of the shoulder. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 62(2 suppl):142–147
5. Edwards TB, Boulahia A, Walch G (2003) Radiographic analysis of bone defects in chronic anterior shoulder instability. *Arthroscopy* 19(7):732–739
6. Chuang TY, Adams CR, Burkhart SS (2008) Use of preoperative three-dimensional computed tomography to quantify glenoid bone loss in shoulder instability. *Arthroscopy* 24(4):376–382
7. Itoi E, Lee SB, Berglund LJ, Berge LL, An KN (2000) The effect of a glenoid defect on anteroinferior stability of the shoulder after Bankart repair: a cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am* 82(1):35–46
8. Diederichs G, Seim H, Meyer H, Issever AS, Link TM, Schroder RJ et al (2008) CT-based patient-specific modeling of glenoid rim defects: a feasibility study. *AJR Am J Roentgenol* 191(5):1406–1411
9. Wortler K, Rummey EJ (2004) Postoperative imaging of the shoulder. *Radiologe* 44(6):604–612
10. Kreitner KF, Mahringer-Kunz A (2015) Systematics of shoulder instability. *Radiologe* 55(3):195–202

1.8 Hintere Schulterluxation

Marc Banerjee

Infobox

- Röntgen true a.p., Y, axial als Primärdiagnostik
- CT der Schulter obligat, Winkelbestimmung zu Größe und Lokalisation geben einen Anhalt zum Therapieregime
- MRT fakultativ zum Ausschluss begleitender Weichteilverletzungen

Einleitung

Unterschieden werden Luxationen ohne relevante knöcherner Begleitverletzung und Luxationen mit begleitender Impressionsfraktur des Humeruskopfes, zumeist als verhakte hintere Luxation [6]. Hierbei kommt es analog zur vorderen Luxation zu einer Impression des Humeruskopfes durch den Glenoidrand, wobei diese Impression ventral gelegen ist (reversed Hill-Sachs- oder Malgaigne-Läsion). Bei den chronischen hinteren Instabilitäten kann zwischen posttraumatischen und atraumatischen Instabilitäten unterschieden werden [7]. Häufiger manifestiert sich die chronische Instabilität als Subluxation [10].

Typisches klinisches Zeichen der hinteren Schulterluxation ist die aufgehobene

ne Außenrotation, posttraumatisch sollte bei vorliegender Aufhebung der Außenrotation an die hintere Schulterluxation gedacht werden.

Obligate Nativaufnahmen

Die Diagnose der hinteren Schulterluxation kann mithilfe von drei Standardröntgenaufnahmen (true a.p., Y, axial) gestellt werden [2, 6, 11]. Da die traumatische hintere Luxation häufig initial übersehen wird, sollten bei typischer Anamnese (Krampfanfall, Stromunfall, Sturz auf den ausgestreckten Arm) bzw. Klinik (aufgehobene Außenrotation) typische radiologische Zeichen [1] der hinteren Luxation bewusst ausgeschlossen werden. Es handelt sich um das „rim sign“ mit einem Abstand des vorderen Pfannenrandes zum Humeruskopf von >6 mm (■ **Abb. 19a**), die Innenrotationsstellung des Humeruskopfes (■ **Abb. 19b**), die leere Schulterpfanne, die Birnenform des Humeruskopfes, sowie die „trough line“, eine vertikale Linie, die durch die Impressionsfraktur des Humeruskopfes entsteht (■ **Abb. 19c**).

Liegen unzureichend beurteilbare Bilder vor, sollten diese in standardisierter Einstelltechnik wiederholt werden.

Schichtbildung: CT

Die CT dient der Beurteilung der reversed Hill-Sachs-Läsion. In Abhängigkeit von deren Größe und Lokalisation kann sich die Impressionsfraktur bei Innenrotation am hinteren Glenoidrand einhaken und zu einer Rezidivluxation führen [9].

Cicak [2] errechnet die Größe der reversed Hill-Sachs-Läsion anhand axialer CT-Schichten. Hierbei wird eine Linie zwischen der vorderen und hinteren Knorpel-Knochen-Grenze gezogen. Die Senkrechte hierzu teilt den gelenktragenden Anteil des Humeruskopfes in zwei Teile. Anhand einer weiteren Linie, die vom Treffpunkt der beiden ersten Linien zum Rand der Läsion zieht, kann der prozentuale Anteil der reversed Hill-Sachs-Läsion errechnet werden.

Moroder et al. [5] haben anhand einer Untersuchung an Leichenschultern evaluiert, ab welcher Größe und in welcher Position sich die reversed Hill-Sachs-Läsion am hinteren Glenoidrand einhakt (sog. „engaging defect“) und schlagen eine CT-basierte Vermessung vor. Hierzu wird auf der axialen CT-Schicht ein Kreis so angelegt, dass sich sein Umfang bestmöglich mit der verbliebenen Gelenkfläche deckt („best fit circle“). Vom Zentrum des Kreises werden Linien zum Vorderrand des Sulcus bicipitalis sowie zum Vorder- und Hinterrand des Defekts gelegt. Der Winkel zwischen vorderen und hinteren Defektrand definiert die Größe der reversed



Abb. 19 ▲ Typische Zeichen der posterioren Schulterluxation: **a** „rim sign“, **b** Birnenform des Humeruskopfes, **c** „trough-line“, eine vertikale Linie, die durch die Impressionsfraktur des Humeruskopfes entsteht

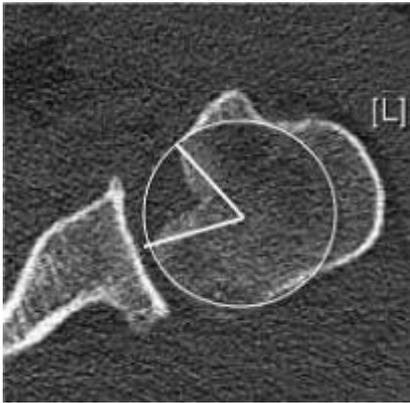


Abb. 20 ▲ Der Winkel zwischen vorderem und hinterem Defektrand definiert die Größe der reversed Hill-Sachs-Läsion und wird als α -Winkel bezeichnet

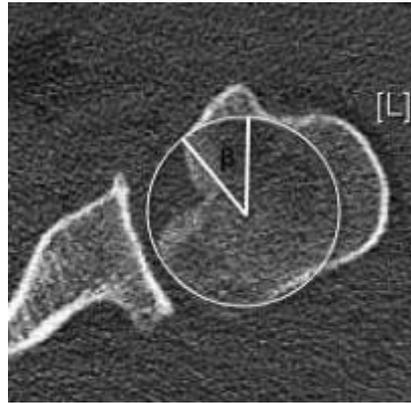


Abb. 21 ▲ Der Winkel zwischen Sulcus bicipitalis und Vorderrand des Defekts definiert den β -Winkel

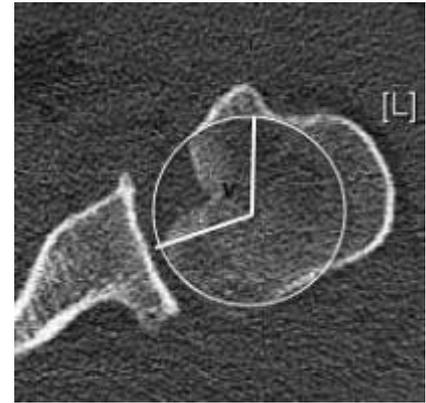


Abb. 22 ▲ Der γ -Winkel ergibt sich aus der Summation aus α - und β -Winkel

Hill-Sachs-Läsion und wird als α -Winkel bezeichnet (■ **Abb. 20**).

Der Winkel zwischen Sulcus bicipitalis und Vorderrand des Defektes und wird als β -Winkel bezeichnet (■ **Abb. 21**). Die Summe beider Winkel, also zwischen Sulcus bicipitalis und hinterem Defektrand wird als γ -Winkel bezeichnet (■ **Abb. 22**).

Als Cut-off-Winkel für einhakende bzw. nicht-einhakende Defekte bei 0°-Abduktion wurde für den α -Winkel ein Wert von 37,5°, für den β -Winkel von 36,5° und für den γ -Winkel von 85,5° ermittelt [5], d. h. dass Patienten mit einem γ -Winkel von ca. 90° in Innenrotation reluxieren. Ein therapeutischer Algorithmus, der aus der Vermessung resultiert, ist bisher nicht publiziert. Dennoch lässt sich insbesondere bei kleineren vermeintlich luxationssicheren Defekten, das Rezidivluxationsrisiko einschätzen.

Schichtbildgebung: MRT

Die MRT nach hinterer Schulterluxation dient dem Ausschluss von Weichteilverletzungen, da diese häufiger sind als bisher angenommen [2, 8]. Saupé et al. [8] beschrieben nach traumatischer hinterer Schultererstluxation in 58 % Verletzungen des hinteren Kapsel-Labrum-Komplexes,

in 19 % eine Komplettruptur von Supraspinatus-, Infraspinatus- oder Subscapularissehne und in 14 % eine Luxation der langen Bizepssehne.

Diskussion

Die alleinige Einschätzung der Größe der reversed Hill-Sachs-Läsion zeigt eine geringe Interobserver- und eine mäßige Intraobserverreliabilität [4].

Die Therapie der verhakten hinteren Schulterluxation nach Reposition hängt neben dem Alter der Verletzung ab von der Größe der reversed Hill-Sachs-Läsion, wobei hier der prozentual betroffene Anteil der Gelenkfläche zugrunde gelegt wird. Reversed Hill-Sachs-Läsionen <20 % können konservativ behandelt werden, Läsionen >45–50 % endoprothetisch, für Läsionen zwischen 20–50 % existieren verschiedene gelenkerhaltende Verfahren [2, 6, 11]. Die Schwierigkeit liegt in der reproduzierbaren und objektivierbaren Bestimmung der Größe der reversed Hill-Sachs-Läsion.

Literatur

1. Arndt JH, Sears AD (1965) Posterior dislocation of the shoulder. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 94:639–645
2. Cicak N (2004) Posterior dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br* 86:324–332

3. Cisternino SJ, Rogers LF, Stufflebam BC (1978) The trough line: a radiographic sign of posterior shoulder dislocation. *Am J Radiol* 130:951–954
4. Moroder P, Tauber M, Hoffelner T, Auffarth A, Korn G, Bogner R, Hitzl W, Resch H (2013) Reliability of a new standardised measurement technique for reversed Hill-Sachs lesions in posterior shoulder dislocations. *Arthroscopy* 29:478–484
5. Moroder P, Runer A, Kraemer M, Fierlbeck J, Niederberger A, Cotofana S, Vasvari I, Hetteger B, Tauber M, Hurschler C, Resch H (2015) Influence of defect size and location on the engagement of reverse Hill-Sachs lesions. *Am J Sports Med* 43(3):542
6. Paul J, Buchmann S, Beitzel K, Solovyova O, Imhoff A (2001) Posterior shoulder dislocation: systematic review and treatment algorithm. *Arthroscopy* 27:1562–1572
7. Pollock RG, Bigliani LU (1993) Recurrent posterior shoulder instability: diagnosis and treatment. *Clin Orthop Relat Res.* doi:10.1097/00003086-199306000-00010
8. Saupé N, White LM, Bleakney R, Schweitzer ME, Recht MP, Jost B, Zanetti M (2008) Acute traumatic posterior shoulder dislocation: MR findings. *Radiology* 248:185–193
9. Shah N, Tung GA (2009) Imaging signs of posterior glenohumeral instability. *Am J Radiol* 192:730–735
10. Tung GA, Hou DD (2003) MR Arthrography of the posterior capsulolabral complex: relationship with glenohumeral joint alignment and clinical posterior instability. *Am J Radiol* 180:369–375
11. Van Tongel A, Karelse A, Berghs B, Verdonk R, De Wilde L (2010) Posterior shoulder instability: current concepts review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19:1547–1553

1.9 Humeruskopffraktur

Alexander Ellwein, Helmut Lill

Infobox

- Nativradiologische Basisdiagnostik („Traumaserie“): True a.p.-, Y-, axiale Aufnahme
- Erweiterung der Diagnostik mittels CT mit 3D-Rekonstruktion bei komplexen Frakturmustern
- MRT als ergänzendes Diagnostikum zur Beurteilung der Rotatorenmanschette beim älteren Patienten (>65 Jahre) und Fragestellungen zur Kalottenperfusion
- Postoperative Röntgenkontrolle in 2 Ebenen: True a.p. und axial
- Postoperatives CT bei komplexen Frakturmustern oder unsicherer Beurteilung der nativradiologischen Bilder

Einleitung

Das konventionelle Röntgen in mindestens zwei Ebenen stellt die Basisdiagnostik im Rahmen einer proximalen Humerusfraktur dar. Im klinischen Alltag hat sich die sog. „Traumaserie“ durchgesetzt [1], welche aus einer True-a.p.-, Y- und axialen Aufnahme besteht. Jede Einstellung besitzt dabei eine unterschiedliche Aussagekraft.

Obligate Nativaufnahmen

Die *True-a.p.-Aufnahme* (■ Abb. 23) wird im Gegensatz zur klassischen a.p.-Aufnahme mit einer Oberkörperdrehung von 30° zur untersuchten Seite durchgeführt. Auf diese Weise lassen sich Humeruskopf und Glenoid überlappungsfrei mit freiem Blick in den Gelenkspalt darstellen. Lediglich der Processus coracoideus ist mit der Spitze auf den glenohumeralen Gelenkspalt projiziert. Jede weitere Überlappung spricht für eine glenohumerale Luxation. Glenoidfrakturen lassen sich aufgrund der Übereinanderprojektion des vorderen und hinteren Pfannenrandes erkennen.

Die *Y-Aufnahme* (■ Abb. 24) entspricht der seitlichen Aufnahme, da sie senkrecht zur a.p.-Aufnahme entsteht. Anhand dieser Projektion kann eine glenohumerale Dislokation in kraniokaudaler oder a.p.-Richtung sowie eine Abkipfung des Kalottenfragments erkannt werden.

Die *axiale Aufnahme* (■ Abb. 25) zeigt im Gegensatz zur Y-Aufnahme 15% weniger Überschneidung der Frakturregionen mit der a.p.-Aufnahme [2] und wird daher als zweite Ebene favorisiert.

Fakultative Nativaufnahmen

Beim akut Verletzten ist diese teilweise erschwert durchzuführen, da eine Abduktion des betroffenen Arms von 60°–90° erforderlich ist. Als Alternative zur

Durchführung dient die Technik nach Velpeau [3], bei der der Arm nicht aus der Schlinge genommen werden muss, allerdings in Innenrotation steht.

Schichtbildunggebung

Obwohl sich viele proximale Humerusfrakturen bereits nativradiologisch darstellen lassen, sollte die Diagnostik mittels *CT mit 3D-Rekonstruktion* (■ Abb. 26) zur Verbesserung des Frakturverständnisses und Erleichterung der präoperativen Planung erweitert werden [1]. Insbesondere bei höhergradigen Frakturen ist eine zusätzliche CT obligat, da die Anzahl der Hauptfragmente im konventionellen Röntgen meist nicht

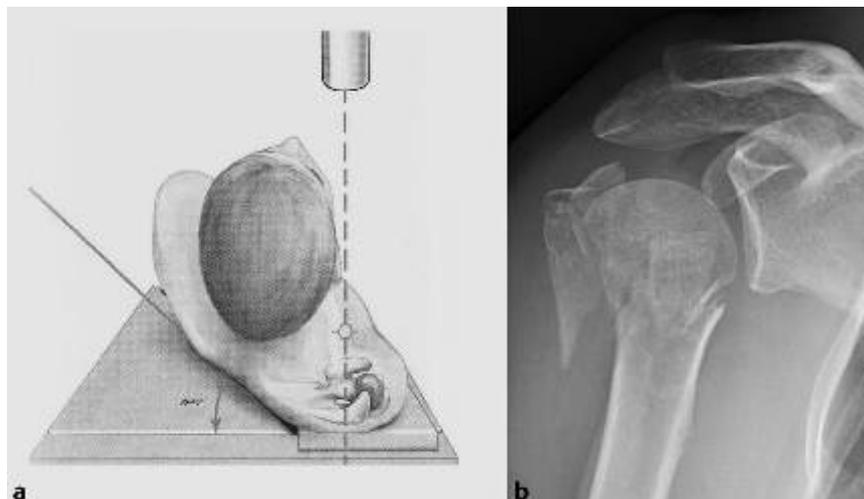


Abb. 23 ▲ True-a.p.-Aufnahme: **a** Schema zur Durchführung einer True-a.p.-Aufnahme [1]. **b** True-a.p.-Aufnahme einer valgisch impaktierten proximalen 4-Segment-Fraktur des Humerus

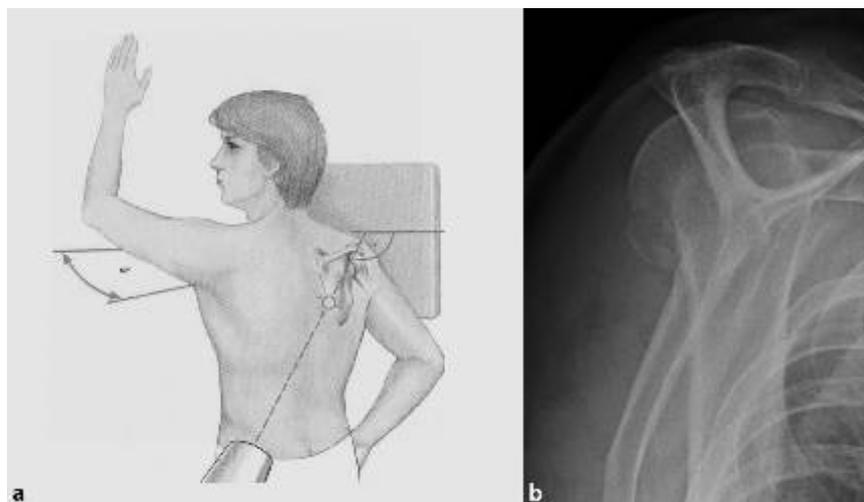


Abb. 24 ▲ Y-Aufnahme: **a** Schema zur Durchführung einer Y-Aufnahme [1]. **b** Y-Aufnahme einer valgisch impaktierten proximalen 3-Segment-Fraktur des Humerus mit Abkipfung des Kalottenfragments nach dorsal

eindeutig abgrenzbar und die Aussagekraft zur Komplexität der Fraktur eingeschränkt ist [2, 4].

Diskussion

Aufgrund der ausgezeichneten Darstellung knöcherner Fragmente mittels CT zählt die MRT nicht zur Standarddiagnostik. In speziellen Fragestellungen kann die MRT jedoch als ergänzendes Diagnostikum hinzugezogen werden. Die Beurteilung der Rotatorenmanschette kann beim älteren Patienten (>65 Jahre) die Therapieentscheidung zwischen Schulterprothese und Rekonstruktion beeinflussen. Zudem lässt sich über die Integrität der posteromedialen Periostverbindung die Kalottenperfusion [5] und damit das Risiko einer Humerkopfnekrose abschätzen. Nachdem die MRT die gleichen Informationen zur Frakturmorphologie, dem Frakturausmaß und der Anzahl der Fragmente liefert wie die CT [6], dient es bei Kindern als alternatives Diagnostikum ohne Strahlenbelastung.

Postoperativ erfolgt die Röntgenkontrolle in 2 Ebenen (true a.p. und axial). Bei komplexen Frakturmustern oder unsicherer Beurteilung der korrekten Schraubenlage oder Fragmentstellung ist additiv eine CT durchzuführen.

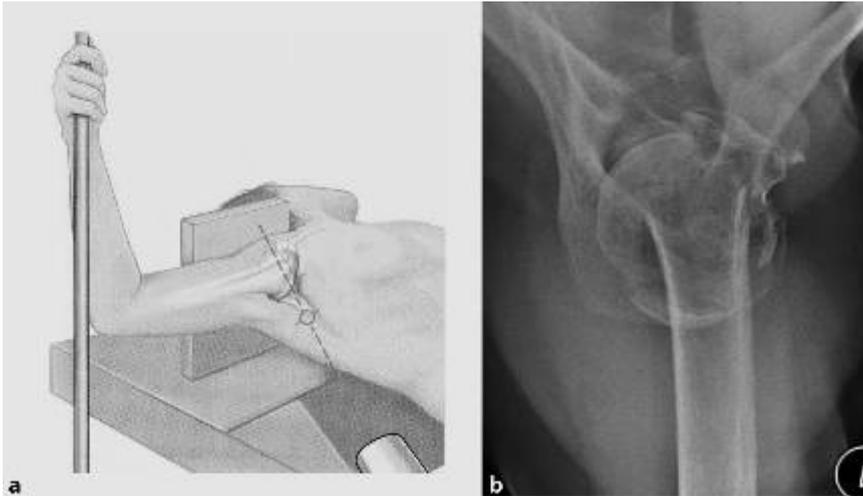


Abb. 25 ▲ Axiale Aufnahme: **a** Schema zur Durchführung einer axialen Aufnahme [1]. **b** Axiale Aufnahme einer valgisch impaktierten proximalen 4-Segment Fraktur des Humerus mit disloziertem Tuberculum-minus-Fragment



Abb. 26 ▲ CT mit 3D-Rekonstruktion (valgisch impaktierte 4-Segment-Fraktur mit Multifakturierung der Tubercula): **a** koronare Schicht, **b** axiale Schicht, **c** sagittale Schicht, **d** von dorsal, **e** von lateral, **f** von ventral

Literatur

1. Lill H, Scheibel M, Voigt C (2014) Die proximale Humerusfraktur. Springer, Berlin Heidelberg
2. Bahrs C, Rolauuffs B, Südkamp NP, Schmal H, Eingartner C, Dietz K et al (2009) Indications for computed tomography (CT-) diagnostics in proximal humeral fractures: a comparative study of plain radiography and computed tomography. *Bmc Musculoskelet Disord* 10:33
3. Bloom MH, Obata WG (1967) Diagnosis of posterior dislocation of the shoulder with use of Velpeau axillary and angle-up roentgenographic views. *J Bone Joint Surg Am* 49(5):943–949
4. Hirzinger C, Tauber M, Resch H (2011) Proximal humerus fracture: new aspects in epidemiology, fracture morphology, and diagnostics. *Unfallchirurg* 114(12):1051–1058
5. Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M (2004) Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 13(4):427–433
6. Voigt C, Ewig M, Vosshenrich R, Lill H (2010) Value of MRI in preoperative diagnostics of proximal humeral fractures compared to CT and conventional radiography. *Unfallchirurg* 113(5):378–385

1.10 Klavikulafraktur

Lars Johannes Lehmann

Infobox

- Röntgen Klavikula a.p. und 30–45° tangential obligat
- Schulter a.p. und Thorax p.a. fakultativ
- Ggf. Panoramaaufnahme zur Messung der Längendifferenz

Einleitung

Der Anteil der Klavikulafrakturen an allen Frakturen beträgt zwischen 5 und 15 %,

und ca. 35 % an Frakturen des Schultergürtels. 75 % der Frakturen betreffen dabei das mittlere Drittel, lediglich 3–5 % das mediale Drittel.

Zur Beurteilung der Röntgenbilder erscheint relevant, dass die Klavikula zwar auf der einen Seite schon als erster Knochen in der 5. SSW ossifiziert, Wachstumsfugen jedoch bis in die 3. Lebensdekade hinein offen bleiben können- die Frakturheilung erfolgt als intramembranöse Ossifikation.

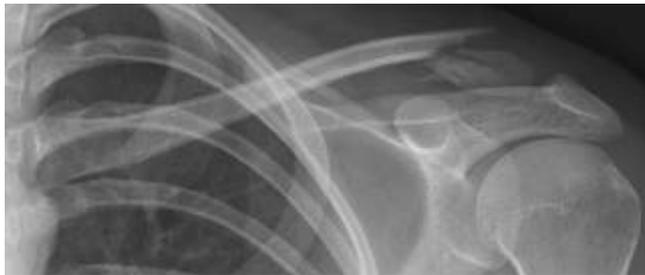


Abb. 27 ◀ Klavikula a.p. mit Fraktur im lateralen Drittel: erkennbare Dislokation des Hauptfragments aufgrund fehlenden Bandhalts



Abb. 28 ◀ **a** Klavikula a.p. und **b** Schrägaufnahme sowie **c** nach operativer Versorgung mittels ESIN (elastisch stabile intramedulläre Nagelung)

Eine genaue präoperative Bildgebung ist notwendig, um eine Entscheidung für ein konservatives oder operatives Vorgehen zu treffen. Eine Fall-Kontroll-Studie zeigte bei summierter Dislokation von ca. 40 mm in zwei Strahlengängen bei Frakturen des mittleren Drittels in allen klinischen Outcomequalitäten und insbesondere auch volkswirtschaftlich eine deutliche Überlegenheit der operativen Therapie. Hier dient die Panoramaaufnahme in erster Linie zur Objektivierung der Verkürzung.

Verletzungen der lateralen Klavikula treten in ca. 25 % aller Frakturen auf und werden hinsichtlich der biomechanischen Bedeutung der CC-Bänder ähnlich der „AC-Verletzungen“ (Kapitel 1.3) diagnostiziert. Um die biomechanische Bedeutung der CC-Ligamente in den Vordergrund zu rücken, stellte Neer die Klassifikation für die lateralen Klavikulafrakturen vor. Die Frakturen distal der Ligamente stellen den Typ 1 dar und werden als stabil eingestuft. Der Typ 2 ist charakterisiert durch vom proximalen Fragment abgetrennte CC-Ligamente. Dieser Frakturtyp wird als instabil eingestuft (▣ **Abb. 27**).

Mediale Klavikulafrakturen sind seltene Verletzungen und machen nur etwa 3 % aller Klavikulafrakturen aus. Sie können fast immer konservativ durch temporäre Ruhigstellung, in z. B. einem Gilchrist-Verband, behandelt werden und heilen meist folgenlos und rasch aus. Nicht zuletzt die Nähe zum Mediastinum macht operative Eingriffe relevant komplikationsträchtig. Die operative Therapie bleibt den offenen Frakturen im Rahmen des Hochrasanztraumas vorbehalten.

Sonderfälle mit zumeist dringlicher Indikation stellen die Kombinationsverletzungen mit Rippenserienfrakturen und die „floating shoulder“ dar – in diesen Fällen ist die obligate Diagnostik entsprechend der Empfehlungen zur Skapulafraktur (Kapitel 1.11) auszuweiten.

Obligate Aufnahmen

Die Klavikula a.p.- und Klavikulatangentialaufnahme (30–45° Schrägaufnahme) dienen der Frakturdarstellung und Klassifikation (▣ **Abb. 28**). Bei V. a. laterale Frakturen, Luxationen und AC-Gelenkbeurteilung wird eine a.p.-AC-Gelenkaufnahme angefertigt.

Zur Darstellung potentieller Begleitverletzungen im Schultergürtel werden die Röntgenaufnahmen des Schultergelenks a.p. (■ Abb. 29) und transskapulär (Y-Aufnahme) empfohlen.

Fakultativ erforderliche Aufnahmen

Zum Ausschluss von Begleitverletzungen wie z. B. Rippenserienfrakturen, Brustwirbelsäulen- (BWS-)Frakturen, Hämatothorax oder Pneumothorax werden Röntgenaufnahmen des Thorax p.a. und lateral angefertigt.

Die Panoramaaufnahme (■ Abb. 30) kann bei fraglicher Operationsindikation zur Beurteilung des Längenverlusts angefertigt werden.

Die Zanca-Aufnahme dient bei lateralen Frakturen zum Ausschluss einer Beteiligung des AC-Gelenks.

Mithilfe der in Rückenlage mit seitlich anliegenden Armen angefertigten SC-Gelenkaufnahme nach Rockwood können mediale Frakturen beurteilt werden. Hierbei verläuft der Zentralstrahl 40° zur Vertikalen geneigt auf das obere Ende des Sternums. Zur besseren Darstellbarkeit der a.p.-Dislokation kann zusätzlich die

Serendipidy-Aufnahme angefertigt werden.

CT

Eine CT-Untersuchung der Klavikula zur Operationsplanung oder Indikationsstellung ist aus der bisher dazu bekannten Literatur nicht zwingend zu fordern. Zur Längenbestimmung ist sie der nicht genormten Röntgenaufnahme jedoch überlegen. Des Weiteren bestehen Indikationen bei Luxationen am SC-Gelenk sowie in der Analyse komplexer Frakturen medial und lateral. Die CT ist weiterhin im Rahmen des Hochrasanztraumas erforderlich (■ Abb. 31).

Literatur

1. Nordqvist A, Petersson C (1994) The incidence of fractures of the clavicle. Clin Orthop Relat Res.

doi:10.1097/00003086-199403000-00016

2. Robinson CM (1998) Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification. J Bone Joint Surg Br 80(3):476-484
 3. Allman FL Jr. (1967) Fractures and ligamentous injuries of the clavicle and its articulation. J Bone Joint Surg Am 49(4):774-784
 4. Neer CS 2nd (1968) Fractures of the distal third of the clavicle. Clin Orthop Relat Res 58:43-50
 5. Rowe CR (1968) An atlas of anatomy and treatment of midclavicular fractures. Clin Orthop Relat Res 58:29-42
 6. Jou IM, Chiang EP, Lin CJ, Lin CL, Wang PH, Su WR (2011) Treatment of unstable distal clavicle fractures with Knowles pin. J Shoulder Elbow Surg 20(3):414-419
 7. Hill JM, McGuire MH, Crosby LA (1997) Closed treatment of displaced middle-third fractures of the clavicle gives poor results. J Bone Joint Surg Br 79(4):537-539
 8. Althausen PL, Shannon S, Lu M, O'Mara TJ, Bray TJ (2013) Clinical and financial comparison of operative and nonoperative treatment of displaced clavicle fractures. J Shoulder Elbow Surg 22(5):608-611



Abb. 30 ▲ Panoramaaufnahme beider Klavikulae



Abb. 29 ▲ Schulter a.p. zum Ausschluss von Begleitpathologien



Abb. 31 ◀ Laterale Klavikulafraktur a ohne wesentliche Dislokation und b im CT mit Frakturdislokation in horizontaler Ausrichtung um Schaftbreite

1.11 Skapulafraktur

Lars Johannes Lehmann

Infobox

- Nativradiologische Basisdiagnostik: Thorax p.a. und seitlich; True-a.p.-Aufnahme, Y-Aufnahme, Skapula a.p.
- Fakultativ axial oder Velpeau-Aufnahme zur Darstellung der Glenoidfläche
- Erweiterung der Diagnostik mittels CT mit 3D-Rekonstruktion bei komplexen Frakturmustern und Mehrfachverletzungen (Schockraumpatient)
- MRT ggf. ergänzend bei Luxationen

Einleitung

Bedingt durch die häufig zugrunde liegende obligate Ganzkörper-CT-Untersuchung beim Mehrfachverletzten hat die native Röntgen-



Abb. 32 ▲ p.a.-Thoraxaufnahme zum Ausschluss relevanter Begleitpathologien wie z.B. Pneumothorax o.ä.

diagnostik an Stellenwert in der initialen *Untersuchung der Skapulafraktur verloren.*

Bei fehlender Indikation zur Schockraumdiagnostik hingegen ist die native Röntgenuntersuchung Standard und besteht in der – häufig in dem Zusammenhang nicht erwähnten – p.a.-Thoraxröntgenaufnahme zum Ausschluss eines Hämato- oder Pneumothorax und der Beurteilung der Zwerchfellstellung, der Mediastinalbreite, unregelmäßiger Infiltrate, dislozierter Rippenfrakturen, Fremdkörper etc. [1].

Des Weiteren werden eine a.p.-Standardaufnahme, die Skapula-Y-Aufnahme und eine axiale (alternativ Velpeau-Aufnahme) durchgeführt. Ergänzt wird dies ggf. durch Pfannenprofilaufnahmen und Zielaufnahmen des AC-Gelenks und der Klavikula.

Bei Vorliegen einer Fraktur der Skapula ist zur Indikationsstellung einer ggf. notwendigen operativen Osteosynthese resp. zur Planung des operativen Vorgehens die CT mit 3D-Rekonstruktion unerlässlich, um Torsions- oder Angulationsfehler und das Ausmaß der Gelenkflächenbeteiligung abschätzen zu können.

Skapulafrakturen mit Gelenkbeteiligung bilden eine Besonderheit in der Diagnostik und Therapie. Eine genaue präoperative Planung ist notwendig, um eine Entscheidung für ein konservatives oder operatives Vorgehen zu treffen.

Akromionfrakturen sind seltene Verletzungen, die heutzutage eher als Stressfraktur als Komplikation bei inversen Schultergelenkprothesen gehäuft auftreten. Spina-scapulae-Frakturen (Typ B1 nach Euler) sind sehr seltene Verletzungen und werden in den wenigsten Studien als singuläre Verletzung aufgeführt. Rabenschnabelfortsatzbrüche, die nicht ins Glenoid auslaufen, sind Abrissfrakturen der Sehnenansätze des M. biceps brachii brevis und M. coracobrachialis.

Obligate Aufnahmen

Die p.a.-Thoraxaufnahme dient zum Ausschluss von Begleitverletzungen wie z. B. Rippenserienfrakturen, Hämatothorax oder Pneumothorax (■ **Abb. 32**). Die Aufnahme erfolgt in tiefer Inspiration. Auch die laterale Thoraxaufnahme dient dem Ausschluss von Begleitverletzungen wie z. B. Rippenserienfrakturen, BWS-Frakturen, Hämatothorax oder Pneumothorax.

Mit der a.p.-Aufnahme des Schultergelenks gelingt eine gute Darstellbarkeit des Glenoids. Im True-a.p.-Röntgenbild, welches in exakter Glenoidachse aufgenommen wird, kann neben der Darstellung eines Pfannenrandfragments eine Unterbrechung der subchondralen Sklerosezone nachgewiesen werden. Dieses „Loss-of-sclerotic-glenoid-line-Zeichen“ hat eine hohe Spezifität bei vorderen Pfannenranddefekten (Spezifität 100 %), ist aber zum sicheren Ausschluss dieser nicht ausreichend sensitiv (Sensitivität 56–64 %; [2]).

In der a.p.-Projektion wird der glenopolare Winkel bestimmt. Es ist der Win-

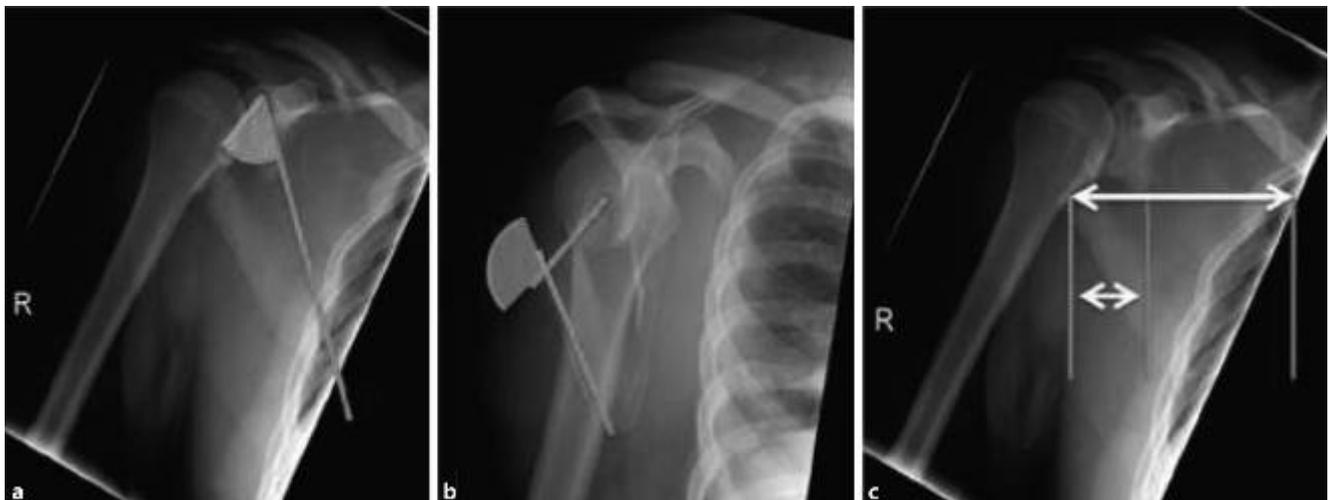


Abb. 33 ▲ a Bestimmung von glenopolarem Winkel, b Verkipfung der Hauptfragmente und c Medialisierung der Gelenkfläche

kel, der sich aus der Überkreuzung zweier Linien, die aus anatomischen Landmarken gebildet werden, ergibt. Die erste Linie zieht parallel zur Gelenkfläche der Cavitas glenoidalis und verläuft tangential vom Tuberculum infraglenoidale zum Tuberculum supraglenoidale. Die zweite Linie startet von der Spitze des Tuberculum supraglenoidale zum Angulus inferior scapulae.

Die Dislokation des gelenkflächentragenden Fragments wird in der a.p.-Aufnahme bestimmt. Dazu dient der am meisten lateral gelegene Punkt des distalen Fragments als erster Referenzpunkt. Der zweite ist der am meisten lateral gelegene Punkt des proximalen Fragments in Frakturhöhe. Der dritte Referenzpunkt ist der am meisten medial gelegene Punkt der Skapula in Frakturhöhe. Von den Referenzpunkten wird das Lot gefällt und die Distanz zwischen den Punkten ausgemessen. Die Distanz R1–R2 ergibt die Medialisierung/Lateralisierung der Gelenkfläche und R1–R3 die Weite der Skapula in Frakturhöhe (■ **Abb. 33**).

Die a.p.-Skapulaaufnahme dient dem Ausschluss einer Skapulablattfraktur. Mit der lateralen Aufnahme der Skapula und der Y-Aufnahme werden der Skapulkorpus und die Skapulafortsätze beurteilt (■ **Abb. 34**). Beim Vorliegen einer Korpusfraktur können Translation und Angulation der Fragmente zueinander auf der Y-Aufnahme, wie von Anavian et al. [3] beschrieben, bestimmt werden.

Die Beurteilung der Skapula sowie des Humeruskopfes, der sich in das Glenoid projiziert, erfolgt zum Ausschluss einer anterioren oder posterioren Luxation.

In der Y-Aufnahme wird die Angulation der Hauptfragmente der Skapulafraktur gemessen, indem die erste Linie parallel zum proximalen und die zweite Linie parallel zum distalen Fragment angelegt wird. Außerdem dient sie dem Ausschluss der Spina scapula und Korakoidfrakturen.

Fakultative Aufnahmen

Zur Beurteilung des Akromions und des AC-Gelenks sowie des subakromialen Raums kann eine „outlet view“ der Schulter angefertigt werden.

Mit der Röntgenaufnahme der Schulter axial 5° und 45° gelingt eine gute Darstellbarkeit des Processus coracoideus und des AC-Gelenks sowie der Ausschluss von Impressionsfrakturen des Humerus und Hill-Sachs-Läsionen.

Eine axiale Aufnahme ist in der Akutsituation schmerzbedingt nicht immer möglich. Daher kann alternativ die zweite Ebene mittels „west-point axillary view“ oder Velpeau-Aufnahme abgebildet werden [4].

Die „west-point axillary view“ erfolgt am nach vorne gebeugten oder auf dem Bauch liegenden Patienten mit herabhängendem Arm. Sie dient dem Nachweis einer knöchernen Bankart-Fraktur oder der Beurteilung der Stellung des Humeruskopfes zum Glenoid. Da hierfür nur

eine geringere Abduktion notwendig ist, kann diese Aufnahme oft auch nach akutem Trauma durchgeführt werden. Hier ist i. Allg. der vordere Glenoidrand besser einsehbar als bei der axialen Aufnahme. Mit der Velpeau-Aufnahme gelingt eine gute Beurteilbarkeit der Relation zwischen Humeruskopf und Glenoidpfanne [5].

Mit der tangentialen Schulteraufnahme nach Bernageau kann eine vordere Pfannenrandfraktur beurteilt werden. Die Einstellung ermöglicht eine genaue Längssicht des Glenoidprofils und kann so im Seitenvergleich Substanzverluste des Glenoidrandes durch Ausmessen des a.p.-Glenoiddurchmessers aufdecken. Da hierzu der Arm des Patienten fast in vollständige Elevation gebracht werden muss, ist diese Aufnahme weniger für die akute posttraumatische Diagnostik, als vielmehr für die Evaluation chronischer Defektsituation und das Follow-up von Glenoidrandfrakturen geeignet [6].

CT

Die CT ist als Methode der Wahl bei Skapulafrakturen anzusehen,

1. beim Schockraumpatienten,
1. zur Operationsplanung,
2. wenn durch die „Standardtraumaserie“ (true a.p., transskapulär, schmerzabhängig auch axial) die Fraktur nicht einzuordnen ist,
3. ein bettlägeriger Patient untersucht werden soll oder
4. wenn es sich um die Klassifizierung von Skapulahalsfrakturen handelt.

Sinnvoll erscheint die 3D-Rekonstruktion mit Humeruskopfsabstraktion („en face view“; ■ **Abb. 35**).

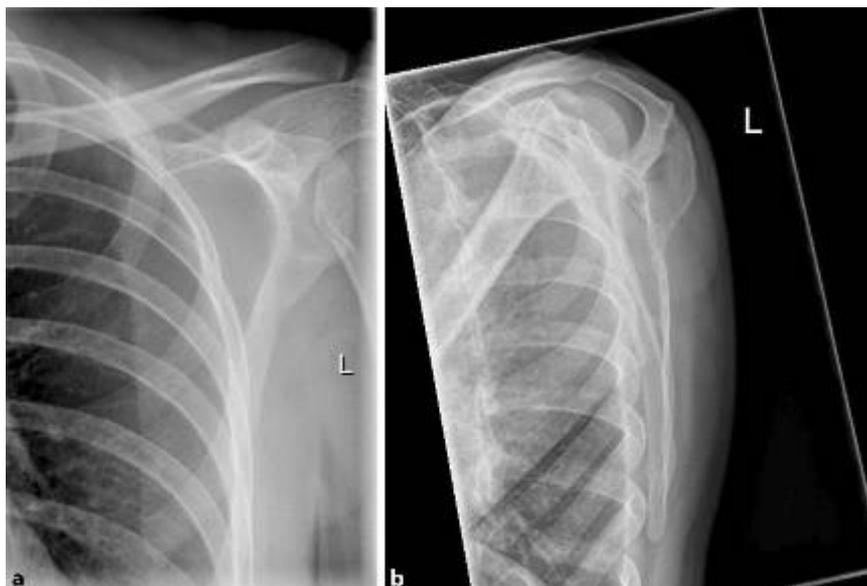


Abb. 34a,b ▲ Skapula a.p. und seitlich

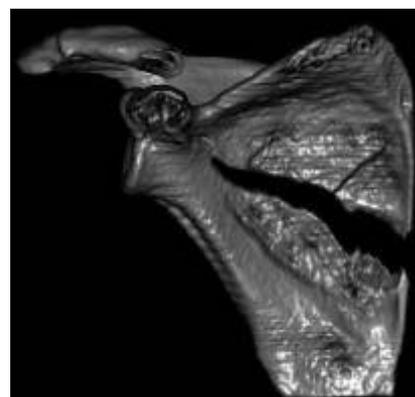


Abb. 35 ▲ Skapulafraktur mit horizontaler Spaltbildung: 3D-Rekonstruktion mit Humeruskopfsabstraktion

MRT

Anerkannte *Indikationen* zur MRT der Schulter sind u. a.:

- Traumata (zur Beurteilung von Stressfrakturen, okkulten Frakturen, Begleitverletzungen – muskulär bzw. gelenkbezogen),
- Luxationen und Instabilitäten (Bankart-, Hill-Sachs-Läsionen, Gelenk- und -kapselverletzungen),
- degenerative Erkrankungen zur Beurteilung des Ausmaßes der Primär- und Begleitveränderungen sowie
- Tumoren und entzündliche Veränderungen zur Lokalisations- und Aus-

breitungsdiagnostik sowie zur Mitbeurteilung des Weichteilbefunds.

Literatur

1. Baldwin KD, Ohman-Strickland P, Mehta S et al (2008) Scapula fractures: a marker for concomitant injury? A retrospective review of data in the national trauma database. *J Trauma* 65:430. doi:10.1097/ta.0b013e31817fd928
2. Weening B, Walton C, Cole PA et al (2005) Lower mortality in patients with scapular fractures. *J Trauma* 59:1477–1481
3. Jankauskas L, Rudiger HA, Pfirmann CW et al (2010) Loss of the sclerotic line of the glenoid on anteroposterior radiographs of the shoulder: a diagnostic sign for an osseous defect of the anterior glenoid rim. *J Shoulder Elbow Surg* 19:151–156
4. Anavian J, Khanna G, Plocher EK et al (2010) Progressive displacement of scapula fractures. *J Trauma* 69:156–161
5. Rokous JR, Feagin JA, Abbott HG (1972) Modified axillary roentgenogram. A useful adjunct in the diagnosis of recurrent instability of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 82:84–86
6. Bloom MH, Obata WG (1967) Diagnosis of posterior dislocation of the shoulder with use of Velpeau axillary and angle-up roentgenographic views. *J Bone Joint Surg Am* 49:943–949
7. Bernageau J, Patte D, Debeyre J et al (1976) Value of the glenoid profil in recurrent luxations of the shoulder. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 62:142–147

1.12 Schulterreckgelenksprengung – akut und chronisch

Mark Tauber

Infobox

- Nativpanoramaaufnahme mit Belastung und Alexander-Aufnahme/dynamische axiale Funktionsaufnahme
- MRT lediglich zur Beurteilung von glenohumeralen Begleitverletzungen
- Postoperativ: Zanca- und Outlet-Aufnahme

Einleitung

Bei der Beurteilung von akuten sowie chronischen ligamentären Verletzungen des AC-Gelenks im Sinne der Instabilität gilt es, sowohl die vertikale als auch horizontale Komponente zu erfassen. Die Quantifizierung des Dislokationsausma-

ßes erlaubt schließlich eine exakte Klassifikation gemäß Rockwood [13]. Um individuelle Unterschiede der jeweiligen Messparameter zu vernachlässigen, sollten stets Aufnahmen im Seitenvergleich angefertigt werden. Als entscheidende Messparameter in der Frontalebene bei der Beurteilung von AC-Gelenkluxationen dienen die CC- und AC-Distanz. Die Normwerte betragen für die CC-Distanz 11–13 mm sowie 1–6 mm für die AC-Distanz [6]. Die Rolle der horizontalen Instabilität gewann mit Einführung der Rockwood-Klassifikation an Bedeutung, nachdem der Typ IV als Dislokation der lateralen Klavikula nach dorsal in

den Trapeziusmuskel beschrieben wurde [13].

Obligate Nativaufnahmen

Für die Frontalebene wird eine Panoramaaufnahme mit 10 kg am hängenden Arm im Sitzen oder Stehen empfohlen (■ **Abb. 36**). Dabei zeigte sich kein Unterschied, ob das Gewicht aktiv vom Patienten festgehalten oder lediglich an das Handgelenk des hängenden Arms gehängt wurde [11]. Der Strahlengang sollte 10–15° in kaudokranieler Richtung eingeneigt sein, um das AC-Gelenk beidseits von der Spina scapulae frei zu projizieren.

Als zweite Ebene ist eine axiale Aufnahme der Schulter obligat, welche auch im Seitenvergleich durchgeführt werden sollte. Im Rahmen von axialen Funktionsaufnahmen konnten dynamische Formen der horizontalen Instabilität detektiert und beschrieben werden [12]. Damit empfiehlt sich auch zur Evaluierung der horizontalen Instabilitätskomponente eine axiale Stressaufnahme entweder in Form der axialen, dynamischen Funktionsaufnahmen oder der Alexander-Aufnahme [1]. Dabei handelt es sich auch um eine Form der Stressaufnahme, bei der eine Outlet-Aufnahme mit Cross-body-Manöver angefertigt wird. Liegt eine horizontale Instabilitätskomponente am AC-Gelenk vor, schiebt sich dabei das Akromion nach vorne unter das laterale Klavikulaende (■ **Abb. 37**).

■ **Tab. 2** zeigt eine Übersicht der verschiedenen Verletzungstypen nach Rockwood mit den beteiligten Bandstrukturen und der CC-Distanz als entscheidenden radiologischen Messparameter zur Klassifizierung.

MRT

Die MRT erlaubt eine akkurate Beurteilung der involvierten Weichteilstrukturen. Im Vergleich zum konventionellen Röntgen kann sich dadurch der Schweregrad der Verletzung ändern [3, 4, 8, 10]. Allerdings wird die MRT nicht als Bildgebung der ersten Wahl empfohlen [2]. Ein konventionelles MRT der Schulter mit glenohumeraler Schnittführung und herkömmlicher Sequenzierung erlaubt keine hinreichende Beurteilung der CC-Bänder [10]. Eine MRT-Untersuchung



Abb. 36 ▲ Präoperative Panoramastressaufnahme

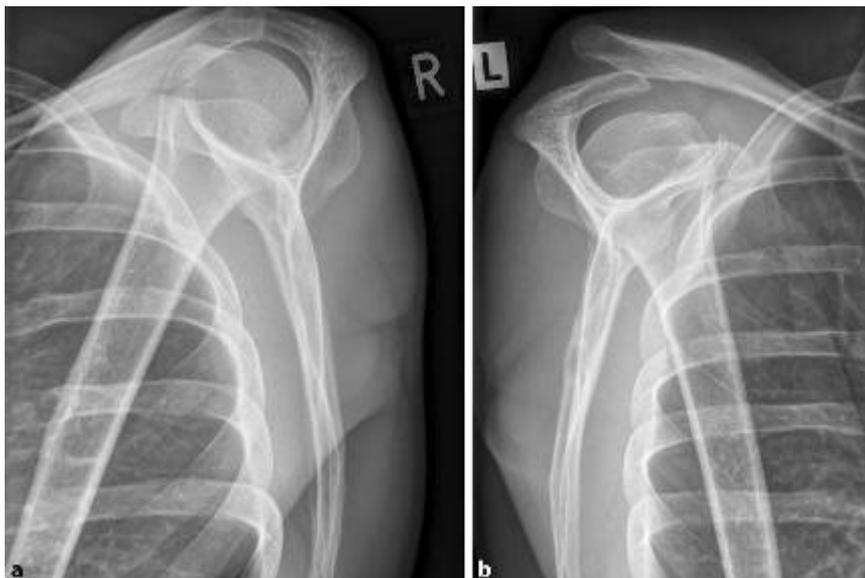


Abb. 37 ▲ Alexander-Aufnahme im Seitenvergleich: **a** unverletzt, **b** verletzt

wird daher nur bei dringendem klinischen oder sonographischem Verdacht auf eine glenohumerale Begleitverletzung empfohlen [9].

Postoperative Aufnahmen

Zur postoperativen Dokumentation sowie für die Beurteilung des Heilungsverlaufs in den ersten 6 Monaten wird eine Zanca-Aufnahme sowie eine axiale bzw. Outlet-Aufnahme empfohlen. Selbstverständlich werden diese Aufnahmen ohne Belastung angefertigt (■ **Abb. 38**).

Diskussion und alternative Aufnahmen

Die Belastungsaufnahme ist nicht ganz unumstritten, nachdem nur in 4 % der Fälle höhergradige Instabilitäten im Vergleich

zur konventionellen Aufnahme ohne Gewicht festgestellt werden konnten [5]. Als Nachteil der Panoramaaufnahme muss die erhöhte Strahlenbelastung der Schilddrüse erwähnt werden. Alternativ kann eine Zanca-Aufnahme [14] im Seitenvergleich angefertigt werden, wobei eine gewisse projektionsbedingte Fehlerquelle unvermeidbar ist. Auch hier wird der Strahlengang 10–15° eingeneigt und die Spannung (kV) des Geräts um ca. 50 % erhöht, um die umgebenden Weichteile und exakten Gelenkverhältnisse besser darzustellen [7].

Literatur

1. Alexander OM (1954) Radiography of the acromioclavicular articulation. *Med Radiogr Photogr* 30(2):34–39

2. Alyas F, Curtis M, Speed C, Saifuddin A, Connell D (2008) MR imaging appearances of acromioclavicular joint dislocation. *Radiographics* 28(2):463–479 (quiz 619)

3. Antonio GE, Cho JH, Chung CB, Trudell DJ, Resnick D (2003) Pictorial essay. MR imaging appearance and classification of acromioclavicular joint injury. *AJR Am J Roentgenol* 180(4):1103–1110

4. Barnes CJ, Higgins LD, Major NM, Basamania CJ (2004) Magnetic resonance imaging of the coracoclavicular ligaments: its role in defining pathoanatomy at the acromioclavicular joint. *J Surg Orthop Adv* 13(2):69–75

5. Bossart PJ, Joyce SM, Manaster BJ, Packer SM (1988) Lack of efficacy of 'weighted' radiographs in diagnosing acute acromioclavicular separation. *Ann Emerg Med* 17(1):20–24

6. Buchholz RW, Heckman JD (2001) Acromioclavicular joint injuries. In: Rockwood and Green's fractures in adults, 5. Aufl. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, S 1210–1244

7. Ernberg LA, Potter HG (2003) Radiographic evaluation of the acromioclavicular and sternoclavicular joints. *Clin Sports Med* 22(2):255–275

8. 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(6):1486–1492

9. Pauly S, Gerhardt C, Haas NP, Scheibel M (2009) Prevalence of concomitant intraarticular lesions in patients treated operatively for high-grade acromioclavicular joint separations. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17(5):513–517

10. Schaefer FK, Schaefer PJ, Brossmann J, Hilgert RE, Heller M, Jahnke T (2006) Experimental and clinical evaluation of acromioclavicular joint structures with new scan orientations in MRI. *Eur Radiol* 16(7):1488–1493

11. Sluming VA (1995) A comparison of the methods of distraction for stress examination of the acromioclavicular joint. *Br J Radiol* 68(815):1181–1184

12. Tauber M, Koller H, Hitzl W, Resch H (2010) Dynamic radiologic evaluation of horizontal instability in acute acromioclavicular joint dislocations. *Am J Sports Med* 38(6):1188–1195

13. Williams GR Jr, Nguyen VD, Rockwood CA Jr. (1989) Classification and radiographic analysis of acromioclavicular dislocations. *Appl Radiol* 18:5

14. Zanca P (1971) Shoulder pain: involvement of the acromioclavicular joint. (Analysis of 1,000 cases). *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 112(3):493–506

Tab. 2 Zusammenfassung der Rockwood-Klassifikation mit Übersicht der verletzten Bandstrukturen sowie radiologischen Charakteristika				
Typ	AC-Bänder	CC-Bänder	CC-Distanz	Radiologische Darstellung
I	Zerrung/ Teilruptur	Intakt	Normal	Normal
II	Ruptur	Zerrung/ Teilruptur	<25 %	AC-Verbreiterung durch ev. 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 Cave: Begleitfrakturen der Klavikula/Skapula/Thorax



Abb. 38 ◀ Postoperative Zanca- (a) und Outlet-Aufnahme (b)

1.13 Traumatische Luxation des Sternoklavikulargelenks

Marc Banerjee

Infobox

- CT beider Sternoklavikulargelenke, bei V. a. posteriore Luxation als Angio-CT
- Nach geschlossener Reposition CT beider Sternoklavikulargelenke
- Zur Vermeidung der Strahlenbelastung kann bei Kindern ggf. die MRT erwogen werden

Traumatische Luxationen des Sternoklavikulargelenks werden in anteriore und posteriore Luxationen unterschieden, wobei bei 30% der posterioren Luxation Symptome einer mediastinalen Kompression auftreten können [2]. Ferner können bis zum 25. Lebensjahr Epiphysenverletzungen des medialen Klavikulaendes auftreten [6, 7].

Sonographisch lassen sich mit dem 7,5-MHz-Schallkopf sowohl die Position des medialen Klavikulaendes in Relation zum Sternum als auch das Vorhandensein eines Hämarthros beurteilen [1, 7].

Verschiedene Autoren haben nativradiologische Spezialaufnahmen empfohlen

(Röntgenaufnahme nach Heinig, Aufnahme nach Hobbs, Doppelaufnahme nach Zimmer, Aufnahme nach Rockwood [4, 7, 8]). Untersuchungen zur Wertigkeit der Nativröntgendiagnostik bei traumatischer Luxationen des Sternoklavikulargelenks existieren nicht. Eine Einschätzung der Lagebeziehung zu intrathorakalen Organen bei posteriorer Luxation ist nativradiologisch nicht gegeben.

Aus diesem Grund stellt die CT die Methode der ersten Wahl bei V. a. traumatische Luxation des Sternoklavikulargelenks dar [4, 7, 8]. Besteht der V. a. eine posteriore Luxation, so sollte zum Ausschluss vaskulärer oder intrathorakaler Begleitverletzung eine Angio-CT erfolgen [7].

Die MRT vermag diskoligamentäre Verletzungen evaluieren, ist in der Diagnostik von Luxationen aber der CT unterlegen [8]; ggf. kann sie zur Vermeidung der Strahlenbelastung bei Kindern eingesetzt werden [6, 7].

Nach geschlossener Reposition, insbesondere von posterioren Luxationen des

Sternoklavikulargelenks, muss eine CT-Kontrolle erfolgen [3, 5].

Literatur

1. Blakely CJ, Harrison HL, Siow S, Hashemi K (2011) The use of bedside ultrasound to diagnose posterior sterno-clavicular dislocation. *Emerg Med J* 28:542
2. Glass ER, Thompson JD, Cole PA, Gause TM, Altmann GT (2011) Treatment of sternoclavicular joint dislocations: a systematic review of 251 dislocations in 24 case series. *J Trauma* 70:1294–1298
3. Groh GI, Wirth MA, Rockwood CA Jr. (2011) Treatment of traumatic posterior sternoclavicular dislocations. *J Shoulder Elbow Surg* 20:107–113
4. Jaggard MKJ, Gupte CM, Gulati V, Reilly P (2009) A comprehensive review of Trauma and disruption of the sternoclavicular joint with the proposal of a new classification system. *J Trauma* 66:576–584
5. Laffosse JM, Espié A, Bonneville N, Mansat P, Tricoire JL, Bonneville P, Chiron P, Puget J (2010) Posterior dislocation of the sternoclavicular joint and epiphyseal disruption of the medial clavicle with posterior displacement in sports participants. *J Bone Joint Surg* 92-B:103–109
6. von Laer L, Kraus R, Linhart WE (2012) Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter, 6. Aufl. Thieme, Stuttgart
7. Maier D, Jaeger M, Izadpanah K, Bornebusch L, Südkamp NP (2011) Traumatische Verletzungen des Sternoklavikulargelenkes. *Unfallchirurg* 114:611–623
8. Sewell MD, Al-Hadithy M, Le Leu A, Lambert SM (2013) Instability of the sternoclavicular joint. Current concepts in classification, treatment and outcomes. *Bone Joint J* 95-B:721–731

2 Bildgebung in der Ellenbogenchirurgie (DVSE)

2.1 Instabilität des Ellenbogens

Klaus J. Burkhart, Boris Hollinger

Infobox

- Röntgen in 1–2 Ebenen (a.p. und lateral) vor Reposition
- Durchleuchtung mit Prüfung der Varus-, Valgus- und posterolateralen Rotationsinstabilität unmittelbar nach dem Repositionsmanöver
- Röntgen in 2 Ebenen (a.p. und lateral) nach Gipsanlage
- MRT bei ligamentären („einfachen“) Luxationen möglichst innerhalb einer Woche initiieren
- CT bei knöchernen („komplexen“) Ellenbogenluxationen schnellstmöglich – ggf. auch vor Reposition, wenn das Röntgenbild bereits impliziert, dass eine geschlossene Reposition nicht sinnvoll ist

Die Standarddiagnostik der akuten Ellenbogenluxation besteht aus Nativröntgenbildern in 2 Ebenen: a.p. und lateral (■ **Abb. 39**). Schmerzbedingt müssen bei der Ellenbogenluxation oft Kompromisse akzeptiert werden. Die perfekte Darstellung der a.p.- und lateralen Aufnahme ist beim luxierten Ellenbogen meist nicht möglich; ggf. ist auch eine Ebene ausreichend, sofern die Luxationsrichtung ausreichend beurteilbar ist und relevante knöchernen Begleitverletzungen, die einen geschlossenen

Repositionsversuch verbieten bzw. nicht sinnvoll erscheinen lassen, ausgeschlossen werden können (■ **Abb. 40**). Zur Diagnostik der Luxationsfrakturen sei auf das Kapitel „Frakturen des Ellenbogens“ verwiesen.

Nach der geschlossenen Reposition sollte noch vor Gipsanlage eine Stabilitätstestung im Rahmen der Analgosedierung erfolgen. Nach Prüfung des vollen Bewegungsumfanges erfolgt die Testung der Varus- und Valgusstabilität sowie der posterolateralen Rotationsstabilität (s. DVSE/AGA – Klinische Untersuchung von Ellenbogen und Handgelenk; ■ **Abb. 41 und 42**). Nach Gipsanlage erfolgt die Dokumentation der korrekten Reposition im Nativröntgen in 2 Ebenen (a.p. und lateral). In den Röntgenaufnahmen ist auf folgende Instabilitätszeichen zu achten (■ **Abb. 43 und 44**):

1. Koronoidfrakturen,
2. Abscherfragmente des Radiuskopfes,
3. knöchernen Bandausrisse:
 - a. Flakes am Epicondylus humeri radialis,
 - b. Flakes am Epicondylus humeri ulnaris,
 - c. Frakturen der Crista supinatoris ulnae.

4. „Drop sign“: erweiterter Abstand zwischen Trochlea und Olekranon,
5. Subluxation:
 - a. des Radiuskopfes gegenüber dem Capitulum im lateralen Bild,
 - b. des medialen Koronoids gegenüber der Trochlea im a.p.-Bild.

Frakturen bzw. im Röntgenbild nicht zuzuordnende Abscherfragmente werden im CT (mit koronaren, sagittalen und 3D-Rekonstruktionen) beurteilt. Insbesondere müssen Koronoidspitzenfrakturen von Frakturen der anteromedialen Facette und des Tuberculum subliminum, dem Ansatz des anterioren Bündels des MCL, unterschieden werden (s. Kapitel „Frakturen des Ellenbogens“). Weiterhin ist im CT auf Subluxationen des Gelenks zu achten.

Liegt nach der geschlossenen Reposition keine klare Kontraindikation zur konservativen Therapie vor, sollte ein MRT möglichst innerhalb einer Woche angefertigt werden. Das MRT sollte ohne Gips in bestmöglicher Streckstellung und Supination durchgeführt werden, da zum einen die Kollateralbänder und die Muskulatur so optimal dargestellt werden können und zum anderen potentielle Instabilitätszeichen durch eine bessere Reposition in zunehmender Flexion verschleiert werden können. Zur optimalen Beurteilung werden axiale, koronare und sagittale Schnittebenen benötigt.



Abb. 39a,b ◀ Einfache radiale Ellenbogenluxation ohne Hinweise auf knöchernen Begleitverletzung, dargestellt in 2 Ebenen



Abb. 40 ▲ Einfache dorsale Ellenbogenluxation, dargestellt in 1 Ebene



Abb. 41a,b ▲ Stabilitätsprüfung unter dem BV im Rahmen der geschlossenen Reposition in Analgosedierung – laterale Gelenkspalterweiterung unter Varusstress

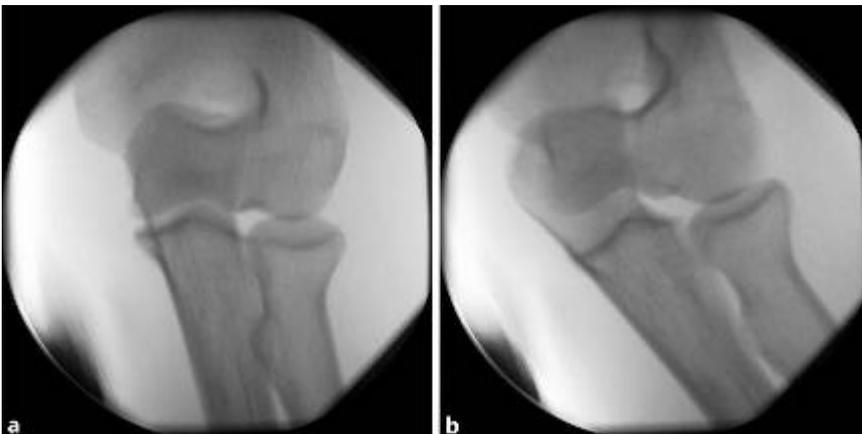


Abb. 42a,b ▲ Stabilitätsprüfung unter dem BV im Rahmen der geschlossenen Reposition in Analgosedierung – mediale Gelenkspalterweiterung unter Valgusstress

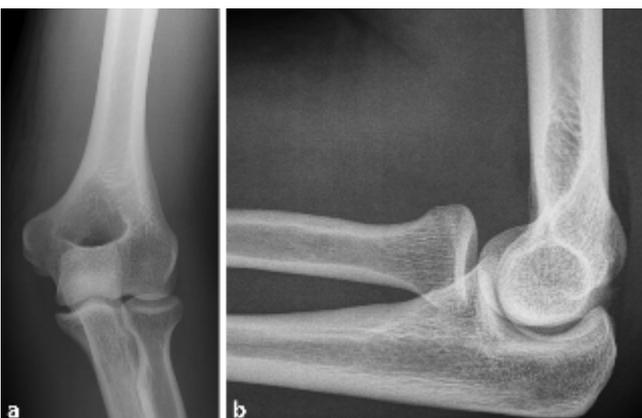


Abb. 43a,b ◀
Röntgenkontrolle
nach Reposition ohne
Subluxationszeichen

Folgende Warnzeichen, die hinweisend für eine nicht kompensierte Instabilität sein können, müssen im MRT beurteilt werden:

1. Rupturen der Kollateralbänder (■ **Abb. 44**),
2. Ausmaß des muskulären Traumas (Flexoren- und Extensorenabriss, ■ **Abb. 45**).
3. Subluxation:
 - a. PLRI (posterolaterale Rotationsinstabilität, ■ **Abb. 46**):
 - I. Klaffen des radialen ulnohumeralen Gelenkspalts in den axialen Schichten,
 - II. Subluxation des Radiuskopfes nach dorsal in den sagittalen Schichten,
 - III. Inkongruenzen des ulnohumeralen Gelenkspalts in den sagittalen Schichten,
 - IV. Aufweitung des lateralen Gelenkspalts in den koronaren Schichten.
 - b. PMRI (posteromediale Rotationsinstabilität, ■ **Abb. 47**):
 - I. Klaffen des ulnaren ulnohumeralen Gelenkspalts in den axialen Schichten,

- II. Subluxation des Koronoids nach dorsal in den sagittalen Schichten,
- III. Verlust des ulnaren ulnohumeralen Gelenkspalts in den koronaren Schichten.
4. Osborne-Coterill-Läsion: Impressionsfraktur des dorsalen Capitulum verursacht durch den Impact des Radiuskopfes während des Luxationsmechanismus. Im MRT kann häufig ein „bone bruise“ des dorsalen Capitulum nach einer Luxation beobachtet werden. Dies muss als Vorstufe der Osborne-Coterill-Läsion gewertet werden. Die Osborne-Coterill-Läsion ist quasi die Hill-Sachs-Läsion des Ellenbogens (■ **Abb. 48**).
5. Anteriore Kantenfragmente des Radiuskopfes: Bei der dorsalen Luxation kommt es gelegentlich zur Abscherfrakturen vom anterioren Radiuskopf. Nicht selten finden sich diese sogar im dorsalen Kompartiment und liefern damit den Beweis, dass eine dorsale Luxation vorgelegen hat (■ **Abb. 48**).
6. Abrissfraktur der Crista supinatoris ulnae,
7. Läsion des M. anconeus (■ **Abb. 45**).

Im MRT können diese Warnzeichen am besten evaluiert werden. Sollte ein MRT nicht möglich sein, kann alternativ auch ein CT angefertigt werden. Bandrupturen und muskuläres Trauma [1, 2, 7] können zwar im CT nicht direkt visualisiert werden, Subluxationen und knöcherne Verletzungen können jedoch ebenfalls dargestellt werden [3–6]. Hackl et al. konnten in einer vergleichenden Studie zeigen, dass diskrete Subluxationen nicht ausschließlich beim instabilen Ellenbogen vorkommen. Die Grenzen zwischen physiologisch und pathologisch sind noch nicht abschließend geklärt. Wichtig ist, dass Subluxationen immer in allen Ebenen beurteilt werden müssen. Eine instabilitätsbedingte Subluxation des Radiuskopfes wird immer auch mit einem radialen Klaffen des ulnohumeralen Gelenkspalts in den axialen Schichtungen und ggf. auch einem radialen Klaffen des Gelenkspalts in den Koronaren Schichten auftreten. Das Vorliegen von Warnzeichen im MRT oder CT ist nicht zwingend mit einer klinisch relevanten Instabilität gleichzusetzen. Die Instabilitätszeichen müssen daher immer im Zusammenhang mit der klinischen Untersuchung bewertet werden.



Abb. 44 ▲ Instabilitätszeichen in der Röntgenkontrolle nach Reposition: **a** „Drop sign“, **b** aufgehobener medialer Gelenkspalt als Zeichen der PMRI (posteromediale Rotationsinstabilität) in Streckung, in Flexion ist der Ellenbogen wieder reponiert, **c** subluxierter Radiuskopf



Abb. 45 ◀ Bandläsionen: **a** intaktes LCL/LUCL, **b** intaktes MCL, **c** Ruptur des LCL vom humeralen Ansatz, **d** Ruptur des MCL vom humeralen Ansatz, **e** Abriss des Lig. anulare/LCL an der Crista supinatoris der proximalen Ulna, **f** distale Innenbandruptur. Muskeltrauma: **g** Extensoren/Flexoren, **h** M. brachialis, **i** M. anconeus

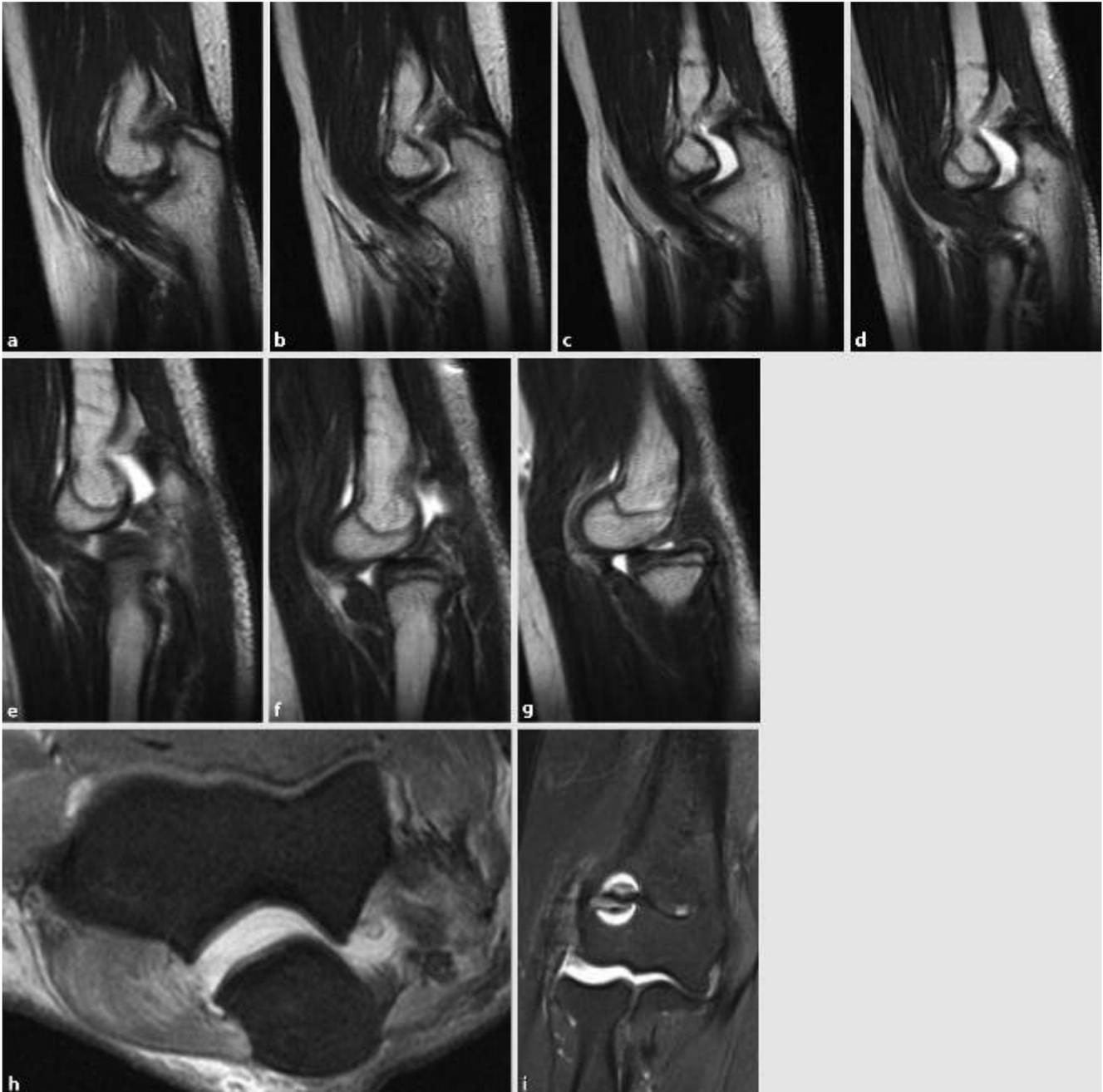


Abb. 46 ▲ a–g Posterolaterale Subluxation im sagittalen Bild, **h** posterolaterale Subluxation im axialen Bild, **i** posterolaterale Subluxation im koronaren Bild



Abb. 47 ▲ **a** Typischer Befund der PMRI mit unauffälligem radiohumeralem Gelenkspalt, aber Verlust des ulnohumeralen Gelenkspalts, **b** PMRI dargestellt in den sagittalen Schichtungen, **c** im 3D-CT erkennt man gut die nicht adressierte Koronoidfraktur Typ O'Driscoll II. 2 der anteromedialen Facette, die zur PMRI führt, **d** mediales Klaffen des ulnohumeralen Gelenkspalts

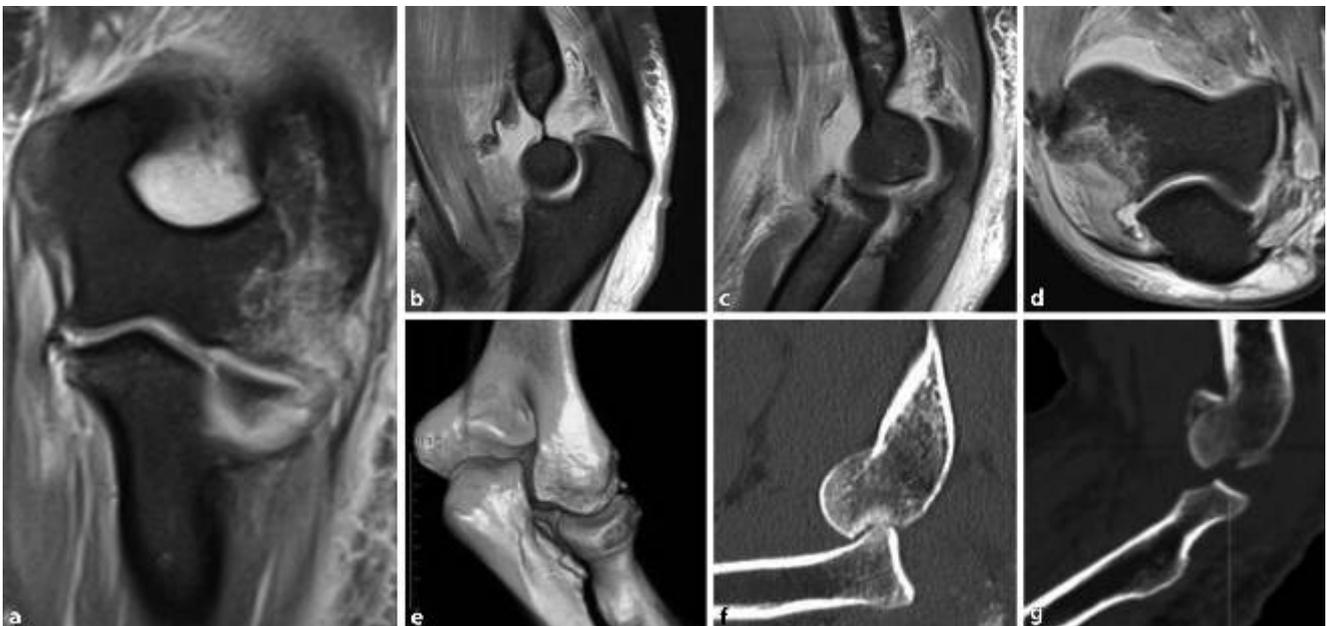


Abb. 48 ▲ Knöcherne Läsionen im MRT/CT: **a** Distaler knöcherner Ausriss des Innenbandes und Kontusionsödem des dorsalen Capitulum, **b** anteriore Kapselruptur mit Koronoidspitzenfraktur, **c** Radiuskopffraktur mit anteriorem Abscherfragment, **d** dorsales Capitulumkontusionsödem (angedeutete Osborne-Cotterill-Läsion), **e** Abrissfraktur der Crista supinatoris, **f** kleine Osborne-Cotterill-Läsion (Gelenkfläche des Capitulum weitestgehend erhalten), **g** große Osborne-Cotterill-Läsion mit anteriorem Kantenfragment des Radiuskopfes

2.2 Frakturen des Ellenbogengelenks

Christian Ries, Kilian Wegmann, Michael Hackl, Tim Leschinger, Lars Peter Müller

Infobox

- Obligat: Röntgen Ellenbogen in 2 Ebenen
- Ergänzend wird ein CT mit 3D-Rekonstruktion empfohlen
- Fakultativ MRT zur Detektion von Bandläsionen

Einleitung

Das Ellenbogengelenk wird nur durch einen dünnen Weichteilmantel gegen direkte Krafteinwirkung geschützt. Wird ein Sturz mit der Hand abgefangen, so werden die auf die Hand einwirkenden axialen Kräfte unmittelbar auf das Ellenbogengelenk übertragen. Je nach Unfallmechanismus wirken enorme Kräfte auf den Kapsel-Band-Apparat und auf die knöchernen Gelenkpartner des Ellenbogens.

Die Inzidenz der distalen Humerusfraktur wird mit 5,7/100.000 pro Jahr angegeben [1]. Insbesondere bei älteren Menschen mit schlechter Knochenqualität besteht auch schon bei einfachen Stürzen ein erhöhtes Frakturrisiko. Betrachtet man den Häufigkeitsanteil von Olekranonfrakturen in Bezug auf die obere Extremität, so wird dieser mit etwa 20% beschrieben [2]. Hingegen weist die Radiuskopffraktur bei isolierter Betrachtung des Ellenbogengelenks eine Inzidenz von etwa 33% auf, womit sie die häufigste

Frakturform des Ellenbogens darstellt [3]. Die Radiuskopffraktur kann – auch schon bei einfachsten Frakturformen – von einer Verletzung der Membrana interossea begleitet sein [4]. Ebenso sind Kollateralbandläsionen mit konsekutivem Stabilitätsverlust des Ellenbogengelenks möglich [5]. Die Fraktur selbst als auch Begleitverletzungen müssen mit dem richtigen Diagnostikum detektiert werden. Je nach frakturiertem Gelenkpartner und je nach Frakturmorphologie müssen dann unter Berücksichtigung der Gesamtsituation (Aktivitätslevel, Komorbidität, funktioneller Anspruch usw.) individuelle und optimale Therapieentscheidungen getroffen werden.

Das folgende Kapitel stellt Standardeinstellungen der konventionellen Röntgenuntersuchung sowie die ergänzende CT des Ellenbogengelenks als Diagnostikum vor. Die Darstellung der gängigen Frakturklassifikationen soll der einheitlichen Beschreibung der Frakturmorphologie dienen.

Obligate Nativaufnahmen

Die konventionelle Röntgenaufnahme des Ellenbogengelenks in zwei Ebenen (a.p. und seitlich) ist routinemäßig bei Verdacht auf eine knöchernen Läsion durchzuführen. Die Radiuskopfzielaufnahme

kann als erweiterte Einstellung zielführend sein. Die Qualitätskriterien der einzelnen Aufnahmen sind in **Tab. 3** zusammengefasst. In der akuten Fraktursituation müssen allerdings schmerzbedingt ggf. projektionsradiographische Einschränkungen in Kauf genommen werden.

CT

Die CT dient der weiterführenden Diagnostik. Die 3D-Rekonstruktion mit genauer Darstellung der Frakturmorphologie und/oder von knöchernen Bandavulsionen ist sinnvoll und bei der präoperativen Planung hilfreich. Die Strahlenbelastung ist zu berücksichtigen. Anhand der Gelenkkongruenz können zudem Rückschlüsse auf die Stabilität gezogen werden. Zur Detektion von Bandläsionen findet die MRT als Standardverfahren Anwendung.

Distaler Humerus

Die distale Humerusfraktur stellt eine schwerwiegende Verletzung dar, die dem Goldstandard entsprechend gelenkerhaltend mittels Osteosynthese versorgt werden sollte. Bei tiefen intraartikulären Frakturen mit dorsaler Trümmerzone der Abscherkomponente kann gerade bei reduzierter Knochenqualität die suffiziente Osteosynthese unmöglich werden. Das Alter des Patienten, sein Aktivitätslevel und Funktionsanspruch sowie der Gesundheitszustand müssen bei der Festlegung des operativen Vorgehens berücksichtigt werden (Osteosynthese vs. primäre Prothese). Neben der konventionellen Röntgendiagnostik dient gerade die CT-Rekonstruktion dem besseren Verständnis der Frakturmorphologie. Hierdurch gelingt einerseits die adäquate Klassifizierung der distalen Humerusfraktur, andererseits kann die Osteosynthese besser geplant werden (Plattenausrichtung [90° vs. 180°], Notwendigkeit der zusätzlichen Schraubenosteosynthese; **Abb. 49**).

Kindliche suprakondyläre Humerusfraktur

Die suprakondyläre Humerusfraktur ist eine typische Fraktur des Wachstumsalters. Die Inzidenz wird mit 5–18% angegeben [7, 8]. Das Durchschnittsalter beträgt 6 Jahre [7]. In 98% der Frakturfälle handelt es sich um eine Extensionsfraktur

Tab. 3 Qualitätskriterien der konventionellen Röntgenaufnahmen des Ellenbogens

Qualitätskriterien der Röntgenaufnahme
a.p.
Seitlich
Radiuskopfziel
Vollständige, orthograde Abbildung des Gelenks mit mittiger Darstellung des voll einsehbaren Gelenkspalts
Ulna und Radius projizieren sich nebeneinander, die Epikondylen sind gut beurteilbar, ohne dass das Olekranon oder die Fossa derotiert sind
Vollständige, orthograde Abbildung des Gelenks mit mittiger Darstellung des Gelenkspalts
Ulna und Radius projizieren sich hintereinander/übereinander, der Radiuskopf ist gut beurteilbar
Das Capitulum humeri und die Trochlea humeri projizieren sich exakt übereinander
Radiuskopf orthograd und überlagerungsfrei getroffen

tur. Die Klassifikation nach v. Laer [9] unterteilt die suprakondyläre Humerusfraktur in vier Schweregrade. Entscheidend für die Festlegung des therapeutischen Vorgehens (konservativ vs. operativ) ist neben dem Dislokationsgrad insbesondere das Vorliegen eines frakturbedingten Rotationsfehlers (Hinweis: ventraler Fraktursporn im seitlichen Röntgenbild; **Abb. 50**).

Proximaler Radius

Radiuskopf. Die Radiuskopffraktur stellt eine der häufigsten Frakturen des Ellenbogengelenks dar. Nicht selten kommt es begleitend zu ligamentären Verletzungen. Über die radiale Säule des Ellenbogengelenks werden 60% der axialen Kräfte vom Handgelenk übertragen [10]. Zudem stellt der Radiuskopf einen wichtigen Stabilisator gegen Valgusstress dar [11]. Das Er-

kennen der Fraktur oder auch von möglichen Begleitverletzungen ist für das klinische Ergebnis enorm wichtig. Die Klassifikation nach Mason [12] beschreibt vier Schweregrade, anhand derer ein konservatives oder operatives Vorgehen abgeleitet werden kann. Im eigenen Vorgehen tendieren wir auch bei Typ-II-Frakturen nach Mason eher zur Osteosynthese (i. d. R. mit unter dem Knorpelniveau versenkten Schrauben). Die Wiederherstellung einer stufenlosen Gelenkfläche bei insgesamt stabilen Gelenkverhältnissen ist entscheidend (**Abb. 51 und 52**).

Kindliche Radiushalsfrakturen

Die Häufigkeit der kindlichen Radiushalsfraktur mit Abkippen des Radiuskopfes beträgt etwa 5–10% [13, 14]. Es handelt sich um eine schwerwiegende Verletzung. Das Erkennen der Fraktur und die Einleitung einer adäquaten Therapie sind ent-

scheidend. Das Risiko für relevante Funktions- und auch Wachstumsstörungen ist ansonsten entsprechend erhöht. Die Klassifikation der kindlichen Radiushalsfraktur erfolgt nach Judet ([15]; **Abb. 53**).

Begleitpathologien

Ossäre Läsion des posterolateralen Capitulum (Osborne-Cotterill-Läsion) können als Zeichen einer stattgehabten posterioren Luxation des Radiuskopfes während des Frakturereignisses begleitend auftreten (**Abb. 54**). Nicht selten kommt es zu ligamentären Begleitverletzungen. Bei Beschwerdepersistenz – auch bei leichten Frakturen – sollte die *Indikation zur MRT* daher großzügig gestellt werden. In die klinische Untersuchung ist die Stabilitätstestung des distalen Radioulnargelenks (DRUG) stets mit einzubeziehen.

Proximale Ulna

Olekanonfraktur. Aufgrund der exponierten Lage der proximalen Ulna besteht nur ein geringer Weichteilschutz bei direkter Gewalteinwirkung. Die Anatomie des humeroulnaren Gelenks ist kompliziert und muss im Frakturfall möglichst



Abb. 49a–e ▲ Distale Humerusfraktur (AO Typ 13.B1/Dubberley IA) einer 59-jährigen Frau: Das anteriore und posteriore „fat pad sign“ ist in der lateralen Röntgenaufnahme (**b Pfeile**) gut zu sehen



Abb. 50 ▲ Suprakondyläre Humerusfraktur (v. Laer Typ III) eines 4-jährigen Jungen: Die Rogers-Linie (Tangente in Verlängerung der Humeruschaftachse) schneidet nicht das Capitulum humeri (physiologisch: Tangente schneidet das Capitulum am Übergang vom mittleren zum dorsalen Drittel). Bei Extensionsfrakturen mit Antekurvationsfehlstellung projiziert sich das Capitulum humeri hinter der Rogers-Linie

exakt rekonstruiert werden, um einer frühzeitigen Gelenkdegeneration entgegenzuwirken [16]. Der Goldstandard ist die Osteosynthese. Die variable Anatomie der proximalen Ulna ist bei der operativen Versorgung zu berücksichtigen. Gängige Klassifikationen wie die Mayo-Klassifikation [17] oder die Klassifikation nach Schatzker [18] helfen bei der richtigen Einschätzung der Frakturschwere und der Festlegung des therapeutischen Vorgehens (z. B. Zuggurtungsosteosynthese, anatomisch präformierte LCP oder Flachprofil doppelplattenosteosynthese; **Abb. 55**).

Koronoidfraktur. Die Größe des Koronoidfragments kann im konventionellen Röntgen unterschätzt werden. Selten tritt eine Koronoidfraktur isoliert auf. Vielmehr sollte sie als Warnzeichen für ein stattgehabtes Luxationsereignis mit spontaner Reposition gewertet werden. Die Durchführung einer CT zur weiterführenden Abklärung ist obligat.

Die gängige Klassifikation von Regan und Morrey [19] berücksichtigt nicht den anatomischen Ansatz des medialen Kollateralbandes (MCL). Da das anteriore Bündel des MCL an der anteromedialen Facette des Tuberculum subliminum inseriert, kann je nach Frakturverlauf eine mediale Ellenbogengelenkinstabilität resultieren. In einer ergänzenden Klassifikation von O'Driscoll aus dem Jahr 2003 [20] findet der anatomische Bezug zum Bandverlauf Berücksichtigung. Hier werden die Frakturen der anteromedialen Facette als eigene Entität beurteilt.

Kombinationsverletzungen des Ellenbogengelenks

Die beschriebenen Frakturen des Ellenbogengelenks können alleine, aber auch in Kombination mit Frakturen weiterer Gelenkpartner und/oder mit Bandrupturen einhergehen. Die Sonderform der Monteggia-Läsion lässt sich nach Bado [21] und Jupiter [22] klassifizieren.



Abb. 51a-f ▲ Gering dislozierte Radiuskopffraktur (Mason Typ I) eines 50-jährigen Mannes mit begleitender knöcherner Absprengung der Crista supinatoria: humeroradial klaffender Gelenkspalt (schwarzer Pfeil) sowie anteriores und posteriores „fat pad sign“ (weiße Pfeile) im konventionellen Röntgen. Erst die ergänzende Radiuskopffzielaufnahme zeigt das ganze Ausmaß der Verletzung



Abb. 52a-h ▲ Radiuskopffraktur (Typ Mason IV bei stattgehabtem Luxationsereignis) einer 46-jährigen Frau: Radiuskopfzielaufnahme nach Greenspan mit Verzerrung des Bildes (**b**). Erst in der weiterführenden CT-Diagnostik zeigt sich eine radiale Abspaltung (*Pfeil*) des Processus coronoideus ulnae als Zeichen einer spontan reponierten Luxation des humeroulnaren Gelenks



Abb. 53a,b ▲ Radiushalsfraktur (Judet Typ III) eines 8-jährigen Jungen mit radialer Abkippung des Radiuskopfes (*schwarzer Pfeil*): Das anteriore und posteriore „fat pad sign“ (*weiße Pfeile*) ist in der seitlichen Projektion gut sichtbar

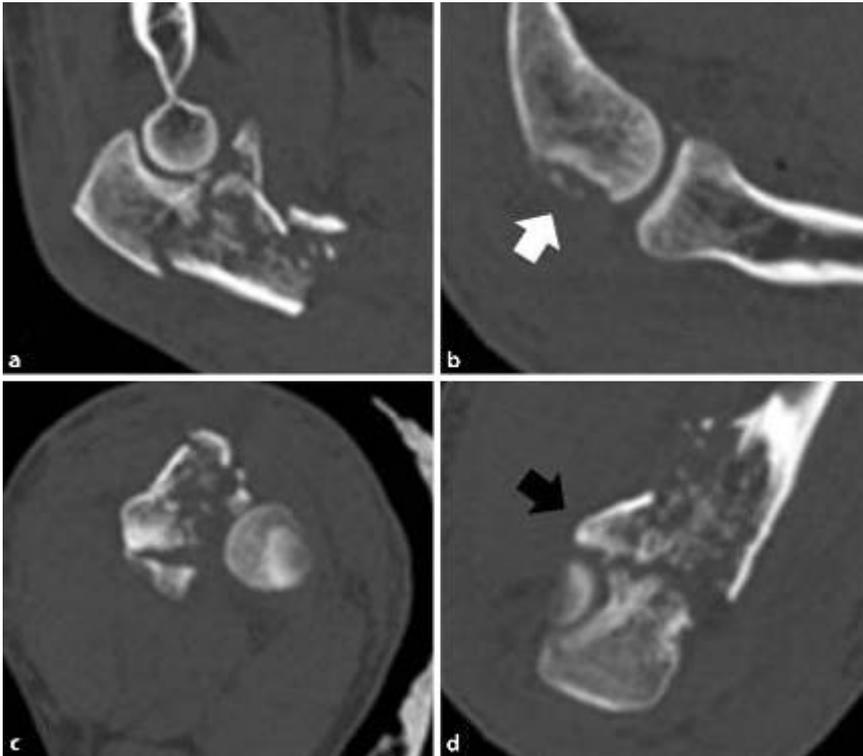


Abb. 54a-d ▲ Schwere Ellenbogengelenkfraktur eines 31-jährigen Mannes mit Beteiligung mehrerer Gelenkpartner: Die proximale Ulna ist mehrfragmentär frakturiert (Mayo III B/Schatzker D). Das Tuberculum subliminum (*schwarzer Pfeil*) ist abgesprengt. Zusätzlich zeigt sich am posterioren Capitulum (*weißer Pfeil*) eine knöcherne Läsion im Sinne eines Abscherfragments (Osborne-Cotterill-Läsion) mit kleinem Kantenfragment des Radiuskopfes



Abb. 55a-e ▲ Olekranonfraktur (Typ Mayo II B/Schatzker D) einer 72-jährigen Frau bei erhaltener kongruenter Gelenkstellung

Literatur

1. Robinson CM, Hill RM, Jacobs N et al (2003) Adult distal humeral metaphyseal fractures: epidemiology and results of treatment. *J Orthop Trauma* 17:38–47
2. Duckworth AD, Clement ND, Aitken SA et al (2012) The epidemiology of fractures of the proximal ulna. *Injury* 43(3):343–346
3. Burkhart JK, Franke S, Wegmann K, Ries C, Dehlinger F, Müller LP, Hollinger B (2014) Mason I-Fraktur - eine harmlose Verletzung? *Unfallchirurg* 118:9–17
4. Hausmann JT, Veksler G, Breitensteiner M et al (2009) Mason type-I radial head fractures and interosseous membrane lesions – a prospective study. *J Trauma* 66:457–461
5. Itamura J, Roidis N, Mirzayan R, Vaishnav S, Learch T, Shean C (2005) Radial head fractures: MRI evaluation of associated injuries. *J Shoulder Elbow Surg* 14(4):421–424
6. Dubberley JH, Faber KJ, Macdermid JC et al (2006) Outcome after open reduction and internal fixation of capitellar and trochlear fractures. *J Bone Joint Surg Am* 88:46–54
7. Weinberg A et al (2002) Die suprakondyläre Oberarmfraktur im Kindesalter – Eine Effizienzstudie. Teil I. *Unfallchirurg* 105:208–216
8. Cheng JCY, Lam TP, Maffulli N (2001) Epidemiological features of supracondylar fractures of the humerus in children. *J Pediatr Orthop* 10:63–67
9. von Laer L (1997) Der radiale Fixateur zur Behandlung suprakondylärer Humerusfrakturen im Wachs-tumsalter. *Oper Orthop Traumatol* 9:265–276
10. Morrey BF, An KN, Stormont TJ (1988) Force transmission through the radial head. *J Bone Joint Surg Am* 70:250–256
11. Morrey BF, Tanaka S, An KN (1991) Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. *Clin Orthop Relat Res* 265:187–195
12. Johnston GW (1962) A follow-up of one hundred cases of fracture of the head of the radius with a review of the literature. *Ulster Med J* 31:51–56
13. Chambers HG, Wilkins KE (1996) Fractures of the proximal radius and ulna. In: Rookwood CA, Wilkins KE, Beaty JH (Hrsg) *Fractures in children*. JB Lippincott, Philadelphia, S 586–651
14. Schmittbecher PP, Haevernick B, Herold A et al (2005) Treatment decision, method of osteosynthesis, and outcome in radial neck fractures in children: a multicentre study. *J Pediatr Orthop* 25(1):45–50
15. Judet J, Judet R, Lefranc J (1962) Fracture of the radial head in the child. *Ann Chir* 16:1377–1385
16. Rommens PM, Küchle R, Schneider RU et al (2004) Olecranon fractures in adults: factors influencing outcome. *Injury* 35:1149–1157
17. Cabanela ME, Morrey BF (1993) Fractures of the proximal ulna and olecranon. In: *The elbow and its disorders*, Bd. 408. WB Saunders, Philadelphia
18. Schatzker J (1987) Olecranon fractures. In: Schatzker J, Tile M (Hrsg) *The rationale of operative fracture care*. Springer, Berlin, S 80–87
19. Regan W, Morrey B (1989) Fractures of the coronoid process of the ulna. *J Bone Joint Surg Am* 71:1348–1354
20. O’Driscoll SW, Jupiter JB, Cohen MSR et al (2003) Difficult elbow fractures: pearls and pitfalls. *Instr Course Lect* 52:113–134
21. Bado JL (1967) The Monteggia lesion. *Clin Orthop* 50:71–86
22. Jupiter JB, Leibovic SJ, Ribbans W, Wilk R (1991) The posterior Monteggia lesion. *J Orthop Trauma* 5:395–402

2.3 Arthrose des Ellenbogens

Sven Lichtenberg

Infobox

- Röntgen in 2 Ebenen (a.p. und lateral)
- MRT zur Beurteilung der Bandstrukturen, Detektieren von freien Gelenkkörpern und Ausmaß der begleitenden Inflammation
- CT zur präoperativen Planung und Darstellung posttraumatischer knöcherner Abscherungen und Ossifikationen, ggf. mit 3D-Rekonstruktion zu deren besserer räumlichen Darstellung

Einleitung

Zur Beurteilung und Staging der Ellenbogenarthrose stehen zwei konkurrierende Klassifikationen zur Verfügung.

Broberg/Morrey-Klassifikation [2, 3]:

- Stadium I: geringe Gelenkspaltverschmälerung, geringe Osteophytenbildung,
- Stadium II: mittelgradige Gelenkspaltverschmälerung, mittelgradige Osteophytenbildung,

- Stadium III: ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung, ausgeprägte Osteophytenbildung.

Rettig/Hastings-Klassifikation [9]:

- Klasse I: leichte Ausziehungen im Ulnotrochleargelenk,
- Klasse II: Klasse I + arthrotische Veränderungen im Radiohumeralgelenk,
- Klasse III: Klasse II + radiohumorale Subluxation.

Während die zuerst genannte Klassifikation eher für die posttraumatische Arthrose Anwendung findet, ist die zweitgenannte als Klassifikation für die primäre Ellenbogenarthrose gedacht. Die Zuverlässigkeit beider Klassifikationssysteme wurde in einer vergleichenden Studie getestet, und es zeigte sich eine wesentliche (substantielle) Intra- und Interobserverreliabilität beider Systeme [1].

Obligate Nativröntgenaufnahmen

Die Standarddiagnostik bei dem V.a. oder bereits bekannter Ellenbogenarthrose besteht aus Nativröntgenbildern in 2 Ebenen: a.p. und lateral. Aufgrund der im fortgeschrittenen Stadium obligaten Einschränkung der vollen Extension, sind insbesondere die a.p.-Bilder hinsichtlich der Beurteilung der Gelenkspaltweite nicht konklusiv beurteilbar.

Technische Durchführung

Die a.p.-Aufnahme. Der Patient wird sitzend am Röntgentisch positioniert. Der Arm wird in voller (bzw. in bestmöglicher) Extension und maximaler Supination auf



Abb. 56 ▲ **a** Position des Arms und des Röntgengeräts bei der a.p.-Aufnahme des Ellenbogens, **b** typisches a.p.-Bild eines arthrotischen Ellenbogens mit Gelenkspaltverschmälerung humeroradial und Osteophyten medial

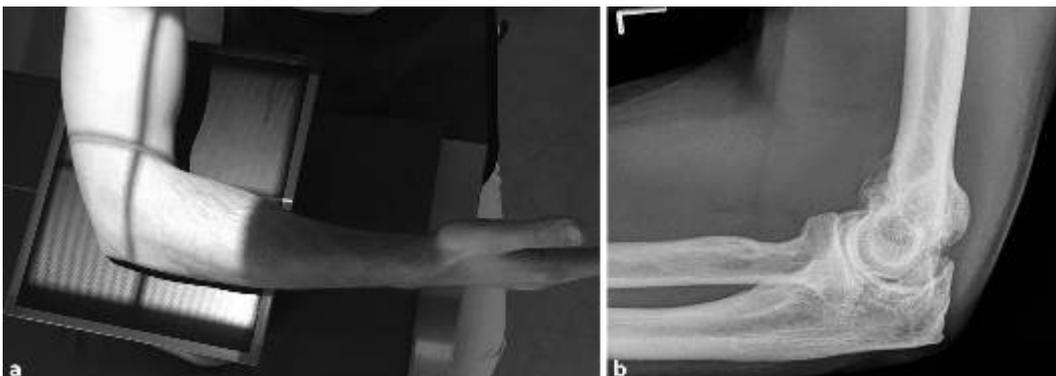


Abb. 57 ▲ **a** Position des Arms bei der seitlichen Aufnahme des Ellenbogens, **b** seitliches Bild eines arthrotischen Ellenbogens mit Gelenkspaltverschmälerung und Osteophyten am ventralen Humerus und an der Olekranonspitze

der Röntgenkassette gelagert. Der Röntgenstrahl muss genau perpendicular auf das Gelenk zentriert werden (■ **Abb. 56**).

Beurteilung:

- Gelenkspaltverschmälerung,
- Osteophyten lateraler und medialer Epikondylus, Olekranon, Fossa olecrani, Radiuskopf,
- freie Gelenkkörper (in ca. 50 % der Arthrosefälle; [8]),
- Beurteilung des Tragewinkels.

Besteht eine deutliche Extensionseinschränkung, hat die a.p.-Aufnahme wenig Aussagekraft. Man kann dann alternativ sog. True-a.p.-Aufnahmen des distalen Humerus und des proximalen Unterarms anfertigen [6].

Laterale Aufnahme. Der Patient sitzt am Röntgentisch und legt den 90°-gebeugten Ellenbogen mit dem Daumen nach oben (Supination) auf die Kassette, wobei sich die Schulter auf Höhe der Kassette befindet. Der Röntgenstrahl wird auf den lateralen Epikondylus zentriert (■ **Abb. 57**).

Beurteilung:

- Gelenkspaltverschmälerung humero-radial und humeroulnar,
- Osteophyten an Olekranon, Processus coronoideus und Radiuskopf,
- konzentrische Kreise (klein: Sulcus trochlearis, mittel: Capitulum, groß: mediale Trochlea),
- die Radiuschaftachse sollte die Mitte des Capitulum schneiden.

Fakultative Zusatzaufnahmen

Die häufig beschriebenen Schrägaufnahmen („oblique views“) können Hinweise auf knöcherne Veränderungen geben, werden heute jedoch selten durchgeführt, da die CT insgesamt deutlich präzisere Bilder bieten kann.

Schichtbildgebung

Zur weiteren Beurteilung und insbesondere zur Entscheidung, welches operative Vorgehen zu wählen ist, steht heute die CT als Mittel der Wahl zur Verfügung [4]. Die modernen Computertomographen zeichnen sich durch eine deutlich reduzierte Strahlenbelastung aus, sodass der Nutzen durch deutlich präzisere Bilder der Gefahr der erhöhten Strahlenbelastung überwiegt (■ **Abb. 58**).

Gefordert werden Bilder in den drei Standardschnittebenen sagittal, transversal (axial) und koronar. Zur präoperativen Planung sollte, wenn möglich, auch eine 3D-Rekonstruktion erfolgen, um das Ausmaß und die genaue Position von Osteophyten und Ossifikationen zu kennen und diese dann auch entsprechend entfernen zu können. Ferner ist die 3D-Rekonstruktion in der posttraumatischen Arthrose zu fordern, um etwaige Pseudarthrosen zu erkennen [4].

Die Arthro-CT ist insbesondere in der Detektion und Darstellung früher Arthrosestadien bzw. erster Chondralschäden oder auch bei Osteochondrosen (z. B. der OD) zu bevorzugen. Hierbei zeigt sich jedoch bei Studien, dass die vorhandenen Klassifikationen nur sehr geringe Reliabilitätswerte aufweisen [5].

Beurteilung. Die Beurteilung der posttraumatischen osteoarthrotischen Veränderungen erfolgt nach den oben genannten Vorgaben der Boberg/Morrey-Klassifikation. Zusätzlich wird der Knochen des distalen Humerus nach Larson und Morrey beurteilt [7]:

- Grad I: subchondraler Knochen intakt,
- Grad II: mediale und laterale Säule intakt,
- Grad III: mediale und laterale Säule fehlt,
- Grad IV: gesamte distale Humerus fehlt.

Die CT ist die zweite Linie der Bildgebung bei der Ellenbogenarthrose [4].

MRT

Zur Beurteilung der Ellenbogenarthrose spielt die MRT nur eine untergeordnete Rolle. Die Hauptvorteile der MRT, nämlich das Fehlen von Strahlenbelastung, Darstellung der Weichteile und Knorpelflächen, überwiegen jedoch nicht die ungenaue Darstellung der knöchernen Strukturen. Die MRT und die Arthro-MRT können zur Entdeckung beginnender Knorpelschäden, also beginnender Arthrose, oder osteochondralen Schäden hilfreich sein. Auch zur präoperativen Planung hat die MRT des Ellenbogens nicht einen ähnlich hohen Stellenwert wie in der Schulterchirurgie, da der Zustand der Weichteile (Rotatormanchette der Schulter) nicht ähnlich wichtig ist.

Somit stellt die MRT zur Darstellung der Ellenbogenarthrose in der Regel nur eine Alternative dar, falls aus irgendwelchen Gründen eine CT nicht durchgeführt wird oder nicht gewünscht ist.

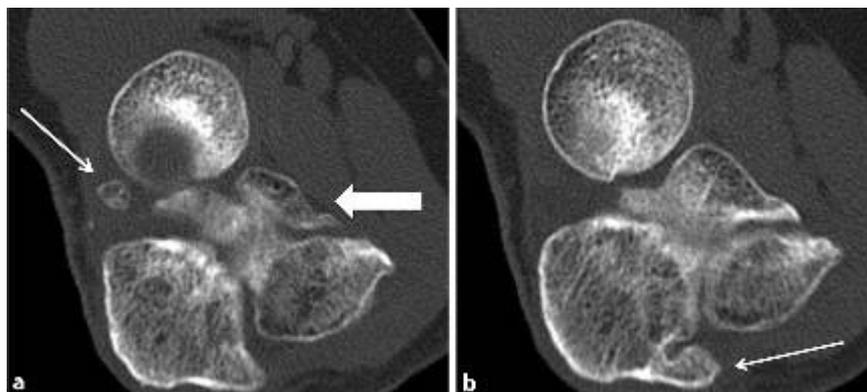


Abb. 58 ▲ **a** Axiales CT mit freiem Gelenkkörper lateral (*dünnere Pfeil*) und Osteophyt am ventralen Humerus in der Fossa coronoidea (*Blockpfeil*), **b** axiales CT mit Osteophyten am medialen Olekranon (*dünnere Pfeil*)

Literatur

1. Amini MH, Sykes JB, Olson ST et al (2015) Reliability testing of two classification systems for osteoarthritis and post-traumatic arthritis of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg* 24:353–357
2. Broberg MA, Morrey BF (1986) Results of delayed excision of the radial head after fracture. *J Bone Joint Surg Am* 68:669–674
3. Broberg MA, Morrey BF (1987) Results of treatment of fracture-dislocations of the elbow. *Clin Orthop Relat Res.* doi:10.1097/00003086-198703000-00017
4. Chammas M (2014) Post-traumatic osteoarthritis of the elbow. *Orthop Traumatol Surg Res* 100:S15–S24
5. Claessen FM, Van Den Ende KI, Doornberg JN et al (2015) Osteochondritis dissecans of the humeral capitellum: reliability of four classification systems using radiographs and computed tomography. *J Shoulder Elbow Surg* 24:1613–1618
6. Gramstad GMG (Hrsg) (2005) Clinical diagnosis and imaging. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
7. Larson AN, Morrey BF (2008) Interposition arthroplasty with an Achilles tendon allograft as a salvage procedure for the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 90:2714–2723
8. Morrey BF (2000) Primary degenerative arthritis of the elbow: Ulnohumeral arthroplasty. WB Saunders, Philadelphia
9. Rettig LA, Hastings H 2nd, Feinberg JR (2008) Primary osteoarthritis of the elbow: lack of radiographic evidence for morphologic predisposition, results of operative debridement at intermediate follow-up, and basis for a new radiographic classification system. *J Shoulder Elbow Surg* 17:97–105

3 Übersicht Bildgebung in der Schulterchirurgie (DGMSR)

Tab. 4 Impingement, Rotatorenmanschettenruptur, Verletzung der langen Bizepssehne, Tendinosis calcarea			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●● ●●● ●●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme (true a.p.) — Axiale Aufnahme — Outlet view (Y-Aufnahme) — a. p. Aufnahme in Innen-/Außenrotation (ergänzend bei V. a. Tendinosis calcarea) 	Beurteilung von: <ul style="list-style-type: none"> — Zentrierung des Humeruskopfes, akromiohumeraler Abstand — Schulterauslass (coracoakromialer Bogen, Outlet): Akromionkonfiguration, knöcherne Anbauten am Acromion, Os acromiale, AC-Gelenk — Knöchernen Veränderungen des Humeruskopfes u. Tuberculum majus, Omarthrose — Kalkdepositionen (bei V. a. Tendinosis calcarea)
Sonographie	●●	<ul style="list-style-type: none"> — 7,5 – ca. 12 MHz Linear-Schallköpfe — Untersuchung nach den Empfehlungen d. Arbeitskreises „Stütz- und Bewegungsorgane“ der DEGUM 	<ul style="list-style-type: none"> — Beurteilung der Rotatorenmaschette hinsichtlich Kompression, RM-Tendinose, RM-Sehnenruptur (transtendinöse Ruptur gut, Partialruptur eingeschränkt möglich), RM-Sehnenretraktion, Verletzung der langen Bizepssehne (vorwiegend extraartikulär möglich) — Beurteilung der Bursa subacromialis/subdeltoidea
MRT	●●	Konventionelle MRT Protokollempfehlung: T1 SE/TSE paracoronar PD/T2 TSE FS paracoronar PD/T2 FS TSE axial T2 TSE parasagittal (optional: T1 SE FS nach Gadolinium i. v.) Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm	Beurteilung von: <ul style="list-style-type: none"> — Schulterauslass (coracoakromialer Bogen, Outlet): Subakromialraum, Akromionkonfiguration, knöcherne Anbauten am Acromion, Os acromiale, AC-Gelenk, Lig. coracoacromiale — Rotatorenmanschetten(RM-)sehnen: Tendinose, Ruptur (transtendinös/nicht transtendinös, Lokalisation, Größe, Einteilung Sehnenretraktion nach Patte) — Muskulatur (Atrophie, Einteilung fettige Degeneration nach Goutallier) — Kalkdepositionen (in Zusammenschau mit Rö.) — Bursitis, Gelenkerguss, Kapsulitis — Lange Bizepssehne und Rotatorenintervall — Begleitende Befunde des Glenohumeralgelenkes
	●	MR-Arthrographie (Intraartikuläre Applikation von 8–12 ml einer 0,0025 mmolaren Gd-Lösung, unmittelbar anschließende MRT) Protokollempfehlung: T1 SE/TSE FS paracoronar T1 SE/TSE axial (FS nicht obligat) T1 SE/TSE parasagittal PD/T2 TSE FS paracoronar T1 SE/TSE in ABER Position (nicht obligat) Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm	<ul style="list-style-type: none"> — siehe oben. Zusätzlich: — Bessere Beurteilung kleinerer artikularseitiger RM-Sehnenrupturen — Bessere Beurteilung von Rotatorenintervall, lange Bizepssehne, Bizepssehnenanker — Bessere Beurteilung anderer begleitender glenolabraler Befunde — Optional: Untersuchung in ABER-Position bei Schulterinstabilitäten — und V. a. posterosuperiores Impingement
Bemerkungen zu im Text genannten Untersuchungen			Rockwood View verzichtbar

Tab. 5 Omarthrose/Defektarthropathie			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●● ●●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme (true a. p.) — Axiale Aufnahme — Y-Aufnahme 	Beurteilung von: <ul style="list-style-type: none"> — Zentrierung des Humeruskopfes, Gelenkspaltverschmälerung, Ausmaß osteophytärer Anbauten, Deformierung von Humeruskopf und Glenoid — Schulterauslass (coracoakromialer Bogen, Outlet): Akromionkonfiguration, knöcherne Anbauten am Acromion, Os acromiale, AC-Gelenk
MRT	●	Konventionelle MRT Protokollempfehlung: T1 SE/TSE paracoronar PD/T2 TSE FS paracoronar PD/T2 FSTSE axial T2 TSE parasagittal (optional: T1 SE FS nach Gadolinium i. v.) Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm	Beurteilung von: <ul style="list-style-type: none"> — Befunden des Glenohumeralgelenkes: Knorpel, subchondrale Zysten, Morphologie des Glenoids (Glenoidversion, Destruktion) — Rotatorenmanschetten(RM-)sehnen: Tendinose, Ruptur (transtendinös/nicht transtendinös, Lokalisation, Größe, Einteilung Sehnenretraktion nach Patte) — Muskulatur (Atrophie, Einteilung fettige Degeneration nach Goutallier) — Begleitbefunde am Schulterauslass (Outlet): Subakromialraum, Akromionkonfiguration, knöcherne Anbauten am Acromion, Os acromiale, AC-Gelenk, Lig. coracoacromiale — Bursitis, Gelenkerguss, Synovitis
CT	●●	Hochaufgelöste Multispiral-CT nativ Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR) <ul style="list-style-type: none"> — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — optional 3D surface rendering Rekonstruktion mit Extraktion d. Humeruskopfes zur en-face-Ansicht des Glenoids 	Beurteilung von: <ul style="list-style-type: none"> — Knöchernen Befunden des Glenoids: subchondrale Zysten, Morphologie (Glenoidversion, Destruktion, Defekte) — Knöcherne Befunde des proximalen Humerus: Kopfdeformität, Osteophyten, Zysten — Freien Gelenkkörpern — Beurteilung des ‚Bone stocks‘ bei Indikation zur Endoprothese — Evtl. Bestimmung d. Retrotorsionswinkels d. Humeruskopfes zur Epikondylenachse (ergänzende Schichten d. Ellenbogens bei identischer Armposition erforderlich)

Tab. 6 Vordere Erstluxation der Schulter

Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme (true a. p.) — Y-Aufnahme 	<ul style="list-style-type: none"> — Frakturausschluss/-nachweis — Feststellung d. Luxationsrichtung (vorne/hinten) — Dokumentation d. Repositionsergebnisses
	●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme in Innenrotation d. Armes 	<ul style="list-style-type: none"> — Verbesserung der Darstellung des Hill-Sachs-Defektes
MRT	●●	<p>Konventionelle MRT (bis max. 1 Woche post luxationem, wenn Gelenkerguss als natürliches KM' wirksam ist) Protokollempfehlung: T1 SE/TSE paracoronar PD/T2 TSE FS paracoronar PD/T2 TSE FS axial PD/T2 TSE FS parasagittal Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Beurteilung intraartikulärer kapsulolabraler Verletzungen wie Bankart- oder Bankart-ähnliche Läsionen (z. B. Perthes-, ALPSA-, GLAD-Läsionen), HAGL-Läsionen, begleitende SLAP-Läsionen — Beurteilung röntgenologisch okkult knöcherner Verletzungen (Bankart-Fraktur, Hill-Sachs-Läsion, Tuberculum majus-Fraktur) — Beurteilung von Läsionen d. Gelenkkapsel und der gleno-humeralen Ligamente — Beurteilung begleitender Rotatorenmanschetten-Verletzungen
	●●	<p>MR-Arthrographie (> 1 Woche post luxationem: Intra-artikuläre Applikation von 8–15 ml einer 0,0025 mmolaren Gd-Lösung, unmittelbar anschließende MRT) Protokollempfehlung: T1 SE/TSE FS paracoronar T1 SE/TSE FS axial (FS nicht obligat) T1 SE/TSE parasagittal PD/T2 TSE FS paracoronar T1 SE/TSE in ABER Position (nicht obligat und nur, wenn ABER durch Patient selbst durchführbar) Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> — siehe oben
CT	●	<p>Hochaufgelöste Multispiral-CT nativ Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none"> — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — optional 3D surface rendering <p>Rekonstruktion mit Extraktion d. Humeruskopfes zur en-face-Ansicht des Glenoids</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Frakturachweis oder Ausschluss bei V.a. knöcherner Glenoidverletzung oder Tuberculum majus-Fraktur — Bei Frakturen zur Beurteilung von Anzahl, Größe und Dislokation der Fragmente — Bestimmung d. Glenoid-Indexes nach Chang



Tab. 6 Vordere Erstluxation der Schulter (Fortsetzung)			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
CT	●●	Hochaufgelöste Multispiral-CT-Arthrographie (alternativ zur MR-Arthrographie) (> 1 Woche post luxationem: Intraartikuläre Applikation von 8–15 ml einer verdünnten Lösung jodhaltigen Röntgen-Kontrastmittels, unmittelbar anschließende CT) Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR) — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm)	<ul style="list-style-type: none">— Als Alternative zur MR-Arthrographie— Beurteilung intraartikulärer kapsulolabraler Verletzungen (siehe MRT bzw. MR-Arthrographie)— Frakturachweis oder Ausschluss (Bankart-Fraktur, Hill-Sachs-Defekt, Tuberculum majus-Fraktur)— Bestimmung d. Glenoid-Indexes nach Chang— Beurteilung begleitender Rotatorenmanschetten-Verletzungen und Knorpelschäden
Bemerkungen zu im Text genannten Untersuchungen			Velpeau-Aufnahme verzichtbar, der Y-Aufnahme sollte Vorzug gegeben werden

Tab. 7 Posttraumatische Rezidivluxation der Schulter			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme (true a. p.) — Y-Aufnahme 	<ul style="list-style-type: none"> — Frakturausschluss/-nachweis, insbesondere v. Glenoidranddefekten — Feststellung d. Luxationsrichtung (vorne/hinten) — Dokumentation d. Repositionsergebnisses
	●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme in Innenrotation d. Armes 	<ul style="list-style-type: none"> — Verbesserter Nachweis Hill-Sachs-Defekt
CT	●●	<p>Hochaufgelöste Multispiral-CT Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none"> — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — optional 3D surface rendering <p>Rekonstruktion mit Extraktion d. Humeruskopfes zur en-face-Ansicht des Glenoids</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Frakturachweis oder Ausschluss bei V. a. knöcherne Glenoidverletzung oder Tuberculum majus-Fraktur — Bei Frakturen zur Beurteilung von Anzahl, Größe und Dislokation der Fragmente — Bestimmung d. Glenoid-Indexes nach Chang
	●●	<p>Hochaufgelöste Multispiral-CT- Arthrographie (alternativ zur MR-Arthrographie) (> 1 Woche post luxationem: Intraartikuläre Applikation von 8–15 ml einer verdünnten Lösung jodhaltigen Rö-Kontrastmittels, unmittelbar anschließende CT) Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none"> — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> — Bei V. a. akute Gelenkschäden (Labrum Knorpel) bei bekannter chronischer Instabilität — Beurteilung röntgenologisch okkulten knöcherner Verletzungen (Bankart-Fraktur, Hill-Sachs-Läsion, Tuberculum majus-Fraktur) — Beurteilung von Läsionen d. Gelenkkapsel und der gleno-humeralen Ligamente — Beurteilung begleitender Rotatorenmanschetten-Verletzungen
MRT	●●	<p>Konventionelle MRT (bis max. 1 Woche post luxationem, wenn Gelenkerguss als natürliches KM wirksam ist) Protokollempfehlung: T1 SE/TSE paracoronar PD/T2 TSE FS paracoronar PD/T2 FS TSE axial PD/T2 TSE parasagittal Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Bei V. a. akute Gelenkschäden (Labrum Knorpel) bei bekannter chronischer Instabilität — Beurteilung röntgenologisch okkulten knöcherner Verletzungen (Bankart-Fraktur, Hill-Sachs-Läsion, Tuberculum majus-Fraktur) — Beurteilung von Läsionen d. Gelenkkapsel und der gleno-humeralen Ligamente — Beurteilung begleitender Rotatorenmanschetten-Verletzungen
MRT	●●	<p>MR-Arthrographie (> 1 Woche post luxationem: Intraartikuläre Applikation von 8–15 ml einer 0,0025 mmolaren Gd-Lösung, unmittelbar anschließende MRT) Protokollempfehlung: T1 SE/TSE FS paracoronar T1 SE/TSE FS axial (FS nicht obligat) T1 SE/TSE parasagittal PD/T2 TSE FS paracoronar Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm T1 SE/TSE in ABER Position (nicht obligat)</p>	<ul style="list-style-type: none"> — siehe oben — ABER Position kann zur Beurteilung des labroligamentären Komplexes hilfreich sein

Tab. 8 Hintere Luxation der Schulter			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●● ●●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme (true a. p.) — Y-Aufnahme — axiale Aufnahme 	<ul style="list-style-type: none"> — Frakturausschluss/-nachweis, insbesondere v. Glenoidranddefekten — Feststellung d. Luxationsrichtung (vorne/hinten) — Dokumentation d. Repositionsergebnisses
MRT	●●	<p>Konventionelle MRT (bis max. 1 Woche post luxationem, wenn Gelenkerguss als „natürliches KM“ wirksam ist) Protokollempfehlung: T1 SE/TSE paracoronar PD/T2 TSE FS paracoronar PD/T2 FS TSE axial PD/T2 TSE FS parasagittal Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Beurteilung intraartikulärer kapsulolabraler Verletzungen — Beurteilung röntgenologisch okkult knöcherner Verletzungen (hintere Bankart-Fraktur, reversed Hill-Sachs-Läsion) — Bestimmung von Position und Größe des reversed Hill-Sachs-Defektes — Bestimmung der Glenoidversion — Beurteilung begleitender Rotatorenmanschetten-Verletzungen
	●●	<p>MR-Arthrographie (> 1 Woche post luxationem: Intraartikuläre Applikation von 8–15 ml einer 0,0025 mmolaren Gd-Lösung, unmittelbar anschließende MRT) Protokollempfehlung: T1 SE/TSE FS paracoronar T1 SE/TSE FS axial s. o. T1 SE/TSE parasagittal PD/T2 TSE FS paracoronar Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> — siehe oben
CT	●●	<p>Hochaufgelöste Multispiral-CT-Arthrographie (alternativ zur MR-Arthrographie) (> 1 Woche post luxationem: Intraartikuläre Applikation von 8–15 ml einer verdünnten Lösung jodhaltigen Röntgen-Kontrastmittels, unmittelbar anschließende CT) Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none"> — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> — Als Alternative zur MR-Arthrographie — Beurteilung intraartikulärer kapsulolabraler Verletzungen (siehe MRT bzw. MR-Arthrographie) — Frakturachweis oder Ausschluss (hintere Bankart-Fraktur, reversed Hill-Sachs-Defekt) — Bestimmung von Position und Größe des reversed Hill-Sachs-Defektes — Bestimmung der Glenoidversion — Beurteilung begleitender Rotatorenmanschetten-Verletzungen

Empfehlungen

Tab. 9 Humeruskopffraktur			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●● ●●●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme (true a. p.) — Axiale Aufnahme — Y-Aufnahme 	<ul style="list-style-type: none"> — Nachweis der proximalen Humerusfraktur. Ausschluss/Nachweis einer glenohumeralen Dislokation und einer Glenoidfraktur
CT	●●●	Hochauflöste Multispiral-CT Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR) <ul style="list-style-type: none"> — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — optional 3D surface rendering Rekonstruktion zur plastischen Darstellung 	<ul style="list-style-type: none"> — Genaue Frakturanalyse (Anzahl und Lokalisation der Hauptfragmente, Komplexität der Fraktur, Frakturverständnis) — Genauere Beurteilung hinsichtlich Begleitfrakturen (Glenoid, Proc. coracoideus etc.)
MRT	●	Konventionelle MRT Protokollempfehlung: T1 SE/TSE paracoronar PD/T2 TSE FS paracoronar PD/T2 FS TSE axial PD/T2 TSE FS parasagittal Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm	<ul style="list-style-type: none"> — Ergänzend zur Beurteilung der Rotatorenmaschette — Okkulte Tuberculum majus-Frakturen — Bei Kindern als Alternative zur CT (keine Strahlenexposition)

Tab. 10 Schulterreckgelenksprengung			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●● ● ●● ●● ●●● ●●●	<ul style="list-style-type: none"> — Panoramaaufnahme (Belastung nicht obligat) — Axiale Aufnahme — Dynamische axiale Funktionsaufnahme — Zanca-Aufnahme im Seitenvergleich (als Alternative zur Panoramaaufnahme) — Outlet-Aufnahme (Y-Aufnahme) (als Alternative zur axialen Aufnahme) postoperativ: <ul style="list-style-type: none"> — Zanca-Aufnahme — Outlet-Aufnahme (Y-Aufnahme) 	Beurteilung von: <ul style="list-style-type: none"> — Nachweis/Ausschluss ACG-Verletzung — Quantifizierung des Dislokationsausmaßes gemäß Rockwood-Klassifikation (coracoclaviculäre und acromioclaviculäre Distanz)
MRT	●	Konventionelle MRT Protokollempfehlung: T1 SE/TSE paracoronar PD/T2 TSE FS paracoronar PD/T2 FS TSE axial PD/T2 TSE FS parasagittal Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm	Verbesserte Beurteilung von: <ul style="list-style-type: none"> — Bandverletzungen, insbes. der coracoclaviculären Ligamente — Knöchernen Verletzungen — Beurteilung von Begleitverletzungen von Glenohumeralgelenk und Rotatorenmanschette
Bemerkungen zu im Text genannten Untersuchungen			Alexander-Aufnahme verzichtbar



Tab. 11 Klavikulafraktur			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●● ●●● ● ●	<ul style="list-style-type: none"> — Klavikula p. a. — Klavikula tangential 30–45° cc — Schultergelenk a. p. (true a. p.) — Zanca-Aufnahme — Thorax p. a. und Seitenaufnahme 	<ul style="list-style-type: none"> — Diagnosestellung und Klassifikation der Fraktur — Beurteilung des Dislokationsgrades sowie vorbestehender Veränderungen des ACG
CT	●	<p>Hochaufgelöste Multispiral-CT Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none"> — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — optional 3D surface rendering Rekonstruktion zur plastischen Darstellung 	<ul style="list-style-type: none"> — Diagnosestellung und Klassifikation der Fraktur — Beurteilung des Dislokationsgrades sowie vorbestehender Veränderungen des ACG — Ausschluss von Rippenfrakturen sowie Begleitverletzungen des Thorax im Rahmen der Mehrfachverletzung

Tab. 12 Skapulafraktur			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●●● ●●●	<ul style="list-style-type: none"> — Skapulaaufnahme a. p. — Skapulaaufnahme lateral (Y-Aufnahme) — Thorax p. a. und Seitenaufnahme 	<ul style="list-style-type: none"> — Nachweis und Lokalisation der Skapulafraktur (Pfanne, Corpus, Blatt) — Beurteilung hinsichtlich Pfannenrandfragmenten, Skapulablattfraktur (Translation und Angulation der Fragmente zueinander) — Ausschluss von Frakturen der Spina und des Proc. coracoideus, des Humeruskopfes — Ausschluss einer Luxation
CT	●●●	<p>Hochaufgelöste Multispiral-CT Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm, rekonstruiert auf SD 2 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none"> — paracoronar (senkrecht zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — parasagittal (parallel zur glenoidalen Gelenkfläche, SD 2 mm) — optional 3D surface rendering Rekonstruktion zur plastischen Darstellung 	<ul style="list-style-type: none"> — Methode der Wahl zur umfassenden, überlagerungsfreien Beurteilung von Skapulafrakturen in allen o. g. Aspekten
MRT	●	<p>Konventionelle MRT Protokollempfehlung: T1 SE/TSE paracoronar PD/T2 TSE FS paracoronar PD/T2 FS TSE axial PD/T2 TSE FS parasagittal Schichtdicke < 3 mm, FOV 150–160 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Ergänzend zur Beurteilung von begleitenden Weichteilverletzungen der Rotatorenmaschette, labroligamentären Verletzungen — Beurteilung von Stressreaktionen, vorbestehenden degenerativen Veränderungen

4 Übersicht Bildgebung in der Ellenbogenchirurgie (DGMSR)

Tab. 13 Instabilität des Ellenbogens			
Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme (Patient sitzend, Ellbogen vollständig gestreckt, Supination, Arm auf Schulterhöhe) — seitlich (Patient sitzend, Arm auf Schulterhöhe, Ellbogen 90° gebeugt, Handkante aufliegend, Daumen nach oben) <p>bei akutem Trauma sind oft nur Aufnahmen in Behelfstechnik möglich (liegend, Arm 90° Abduktion, Ellbogen 90° gebeugt, Kasette/Detektor angestellt)</p>	<p>Initial:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Beurteilung der Gelenkstellung (spontane Reposition, (Sub-)Luxation) — Frakturnachweis (Simple vs. komplexe Ellenbogenluxation) — Gelenkguss (positives vorderes und hinteres Fettpolsterzeichen) <p>Nach Reposition und Gipsanlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Kontrolle der Reposition — Beurteilung von Instabilitätszeichen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Coronoidfrakturen 2. Abscherfragmente des Radiuskopfes 3. Knöcherne Bandausrisse: <ul style="list-style-type: none"> — Flakes am Epicondylus humeri radialis — Flakes am Epicondylus humeri ulnaris — Frakturen der Crista supinatoris ulnae — Dropsign: erweiterter Abstand zwischen Trochlea und Olecranon ≥ 4 mm 4. Subluxation <ul style="list-style-type: none"> — des Radiuskopfes gegenüber dem Capitulum im lateralen Bild — des medialen Coronoid gegenüber der Trochlea im a. p. Bild
Fluoroskopie	●●	Stabilitätstestung unter Analgosedierung nach Reposition und vor Gipsanlage	<p>Bewegungsumfang</p> <ul style="list-style-type: none"> — Valgus- und Varusstabilität — Prüfung der posterolateralen Rotationsinstabilität
CT	●	<p>Multidetektor-CT nativ Lagerung: Patient in Rücken- oder Bauchlage, Arm Überkopf Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none"> — axial (senkrecht zum Humerus) — coronar (parallel zur Epikondylenachse) — sagittal (senkrecht zur Epikondylenachse) — 3D volume rendering technique (VRT) Rekonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> — Nachweis radiologisch okkult Frakturen — Genaue Lokalisation und Ausdehnung von Frakturen <ol style="list-style-type: none"> 1. Coronoidspitze 2. Tuberculum sublimis 3. Avulsion des MCL 4. Osborne Cotterill-Läsion — Gelenkstellung
MRT	●●	<p>1.5T oder 3T MRT mit dedizierter Spulentechnik nativ Lagerung: Ellbogen gestreckt ohne Gips Variante 1: Patient in Rückenlage, Arm am Körper Variante 2: Bauchlage, Arm Überkopf (Superman-Position) Protokollempfehlung: nativ; KM ohne Zusatzinformation SD 3 mm, FOV 14–16 cm Sequenzen: T1 coronar (parallel zur Epikondylenachse) T2FS od. PD FS coronar (parallel zur Epikondylenachse) T2FS od. PD FS sagittal (senkrecht zur Epikondylenachse) T2FS od. PD FS axial (senkrecht zur Humerusachse)</p> <p>Alternative: CT Arthrographie evtl. Sonographie</p>	<p>Beurteilung von Instabilitätszeichen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rupturen der Kollateralbänder 2. Ausmaß des muskulären Traumas (Flexoren- und Extensorenabrisse) 3. Subluxation: <ol style="list-style-type: none"> a. PLRI (posterolaterale Rotationsinstabilität): <ol style="list-style-type: none"> I. Klaffen des radialen ulnohumeralen Gelenkspaltes in den axialen Schichten II. Subluxation des Radiuskopfes nach dorsal in den sagittalen Schichten III. Inkongruenzen des ulnohumeralen Gelenkspaltes in den sagittalen Schichten. IV. Aufweitung des lateralen Gelenkspaltes in den coronaren Schichten b. PMRI (posteromediale Rotationsinstabilität): <ol style="list-style-type: none"> I. Klaffen des ulnaren ulnohumeralen Gelenkspaltes in den axialen Schichten II. Subluxation des Coronoids nach posterior in den sagittalen Schichten III. Verlust des ulnaren ulnohumeralen Gelenkspaltes in den coronaren Schichten

Tab. 13 Instabilität des Ellenbogens (Fortsetzung)

Methode	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
			<p>4. Osborne Coterill-Läsion: Impressionsfraktur des dorsalen Capitulum verursacht durch den Impact des Radiuskopfes während des Luxationsmechanismus. Im MRT kann häufig ein Bone-Bruise des dorsalen Capitulum nach einer Luxation beobachtet werden. Dies muss als Vorstufe der Osborne Coterill-Läsion gewertet werden. Die Osborne Coterill-Läsion ist quasi die Hill-Sachs-Läsion des Ellenbogens. Die posteriore Impaktionsfraktur am Capitulum humeri darf in der Schnittbilddiagnostik nicht mit dem sogenannten Pseudodefekt in dieser Lokalisation verwechselt werden.</p> <p>5. Anteriore Kantenfragmente des Radiuskopfes: Bei der dorsalen Luxation kommt es gelegentlich zur Abscherfrakturen vom anterioren Radiuskopf. Nicht selten finden sich diese sogar im dorsalen Kompartiment und liefern damit den Beweis, dass eine dorsale Luxation vorgelegen hat. (Abb. 48; Kapitel 2.1)</p> <p>6. Abrissfraktur der Crista supinatoris ulnae</p> <p>7. Läsion des M. anconeus</p>
MRT	●●	<p>Mögliche Indikation zur MR-Arthrographie:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Chronische Instabilität — Werferellenbogen — Postoperativer Zustand <p>1.5T oder 3T MRT mit dedizierter Spulentechnik Lagerung: Ellbogen gestreckt ohne Gips Variante 1: Patient in Rückenlage Arm am Körper Variante 2: Bauchlage, Arm Überkopf (Superman-Position) Protokollempfehlung: SD 3 mm, FOV 14–16 cm Sequenzen: T1 (FS) coronar (parallel zur Epicondylenache) T2FS od. PD FS coronar (parallel zur Epicondylenache) T1 (FS) sagittal (senkrecht zur Epicondylenache) T1 (FS) axial (senkrecht zur Humerusache) Alternative: CT Arthrographie evtl. Sonographie</p>	<p>Beurteilung von Instabilitätszeichen (siehe MRT)</p> <ul style="list-style-type: none"> — Partielle Bandavulsion des MCL am Tuberculum sublimis (T-sign) — Valgus Extension Overload — Nachweis freier Gelenkkörper — Insuffizienz/Reruptur der Kollateralbänder — Bandlaxität

Tab. 14 Frakturen des Ellenbogens

Methoden	Wertigkeit ●●● obligat ●● empfohlen ● ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	●●● ●	<ul style="list-style-type: none"> — a. p. Aufnahme (Patient sitzend, Ellbogen vollständig gestreckt, Supination, Arm auf Schulterhöhe) — seitlich (Patient sitzend, Arm auf Schulterhöhe, Ellbogen 90° gebeugt, Handkante aufliegend, Daumen nach oben) <p>bei akutem Trauma sind oft nur Aufnahmen in Behelfstechnik möglich (liegend, Arm, 90° Abduktion, Ellbogen 90° gebeugt, Kasette/Detektor angestellt)</p> <p>Radiusköpfchen-Zielaufnahme (Patient sitzend, Arm auf Schulterhöhe) Ellbogen gestreckt, Supination, 45° mediolateraler Strahlengang)</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Beurteilung der Gelenkstellung — Frakturachweis — Gelenkerguss (positives vorderes und hinteres Fettpolsterzeichen) — Darstellung okkulten Radiusköpfchenfrakturen
CT	●●	<p>Multidetektor-CT nativ Lagerung: Patient in Rücken- oder Bauchlage, Arm Überkopf Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none"> — axial (senkrecht zum Humerus) — coronar (parallel zur Epikondylenachse) — sagittal (senkrecht zur Epikondylenachse) — 3D volume rendering technique (VRT) Rekonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> — Nachweis radiologisch okkulten Frakturen — Frakturbilanzierung, Therapieentscheidung (OP vs konservativ) — OP-Planung

Anmerkungen zu den Empfehlungen zur Bildgebung bei Frakturen des Ellenbogens

Generelle Anmerkung:

Die Bezeichnungen ventral und dorsal sind am Ellenbogen, wie auch an vielen anderen Gelenken nicht korrekt.

Anterior bzw. cubital ← → dorsal

medial/ulnar ← → lateral/radial

Röntgentechnik:

Bei Kindern kann die Aufnahme auch in alternativer Position mit dem Arm Überkopf durchgeführt werden.

Radiusköpfchen-Zielaufnahme:

Im Zeitalter der Computertomografie ist eine Radiuszielaufnahme nur noch von untergeordneter Bedeutung.

Computertomografie:

Die Diagnostik sollte primär auf den Standardrekonstruktionen (coronar, sagittal, transversal) und lediglich sekundär auf der Darstellung mit Volume-Rendering-Technik (hier 3D-Rekonstruktion genannt) erfolgen. Insbesondere kleinere Fragmente können hier auch sehr leicht „weggefenstert“ werden.

Seltene computertomografisch okkulte Frakturen können mit der MRT sicher nachgewiesen werden.



Tab. 15 Arthrose des Ellenbogens

Methoden	Wertigkeit ••• obligat •• empfohlen • ergänzend	Technik	Diagnostische Aussage
Röntgen	•••	<ul style="list-style-type: none">— a. p. Aufnahme (Patient sitzend, Ellbogen vollständig gestreckt, Supination, Arm auf Schulterhöhe)— seitlich (Patient sitzend, Arm auf Schulterhöhe, Ellbogen 90° gebeugt, Handkante aufliegend, Daumen nach oben)	<ul style="list-style-type: none">— Gelenkstellung (Valgus/Varus)— Arthrosezeichen<ol style="list-style-type: none">1. Gelenkspaltverschmälerung2. Osteophyten3. Subchondrale Geröllzysten4. Subchondrale Mehrsklerosierung— Gelenkerguss— Freie Gelenkkörper— Bewegungseinschränkende Osteophyten
CT	••	<p>Multidetektor-CT nativ Lagerung: Patient in Rücken- oder Bauchlage, Arm Überkopf Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none">— axial (senkrecht zum Humerus)— coronar (parallel zur Epikondylenachse)— sagittal (senkrecht zur Epikondylenachse)— 3D volume rendering technique (VRT) Rekonstruktion	<ul style="list-style-type: none">— Beurteilung von bewegungsgein-schränkenden Osteophyten in der Fossa olecrani oder coronoidea— Freie Gelenkkörper— Beurteilung der Gelenkdeformierung
CT	•	<p>Multidetektor-CT Arthrographie Lagerung: Patient in Rücken- oder Bauchlage, Arm Überkopf Protokollempfehlung: Axiale Primärschichten SD 0,6 mm Multiplanare Rekonstruktionen (MPR)</p> <ul style="list-style-type: none">— axial (senkrecht zum Humerus)— coronar (parallel zur Epikondylenachse)— sagittal (senkrecht zur Epikondylenachse)	<ul style="list-style-type: none">— Knorpelsituation— Osteochondrale Läsionen— Freie Gelenkkörper
MRT	•	<p>1.5T oder 3T MRT mit dedizierter Spulentechnik nativ Lagerung: Ellbogen gestreckt ohne Gips Variante 1: Patient in Rückenlage Arm am Körper Variante 2: Bauchlage, Arm Überkopf (Superman-Position) Protokollempfehlung: nativ; KM ohne Zusatzinformation SD 3 mm, FOV 14–16 cm Sequenzen: T1 coronar (parallel zur Epikondylenachse) T2FS od. PD FS coronar (parallel zur Epikondylenachse) T2FS od. PD FS sagittal (senkrecht zur Epikondylenachse) T2FS od. PD FS axial (senkrecht zur Humerusachse)</p>	<ul style="list-style-type: none">— Knorpelsituation— Osteochondrale Defekte— Freie Gelenkkörper— Gelenkerguss— Knochenmarködem

5 Röntgeneinstellungen in der Schulterchirurgie

5.1 True a.p.



Abb. 59 ▲ True a.p.: a Einstelltechnik. b Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Der Patient steht, die Röntgenkassette liegt dem Schulterblatt flach an. Der Zentralstrahl ist dabei 30° zur Sagittalebene nach medial verkippt. Alternativ wird die Gegenseite 30° aufgedreht und der Zentralstrahl verläuft senkrecht zur Röntgenkassette (▣ Abb. 59).

Einstellung. Der Zentralstrahl ist 10–15° nach kaudal geneigt, auf die Korakoidspitze ausgerichtet.

5.2 „Outlet view“



Abb. 60 ▲ „Outlet view“: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Patient steht mit 60° zur Röntgenkassette aufgedrehtem Oberkörper, so dass der Zentralstrahl das Schulterblatt tangential trifft (▣ **Abb. 60**).

Einstellung. Zentralstrahl ist $10\text{--}15^\circ$ kraniokaudal in Richtung AC-Gelenk geneigt.

5.3 Y-Aufnahme



Abb. 61 ▲ Y-Aufnahme: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Patient steht wie bei der „Outlet view“ mit 60° zur Röntgenkassette aufgedrehtem Oberkörper, sodass der Zentralstrahl das Schulterblatt tangential trifft (▣ **Abb. 61**).

Einstellung. Zentralstrahl ist gerade in Richtung AC-Gelenk gerichtet.

5.4 Axiale Aufnahme



Abb. 62 ◀ Axiale Aufnahme: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Patient sitzt, Arm abduziert mit 90° Beugung im Ellenbogen. Röntgenkassette unter der Axilla. Alternativ kann die Aufnahme auch am liegenden Patienten mit 90° abduziertem Arm durchgeführt werden („true axillary view“; ■ **Abb. 62**).

Einstellung. Senkrechter Zentralstrahl von kraniokaudal auf den Gelenkspalt.

5.5 Velpeau-Aufnahme

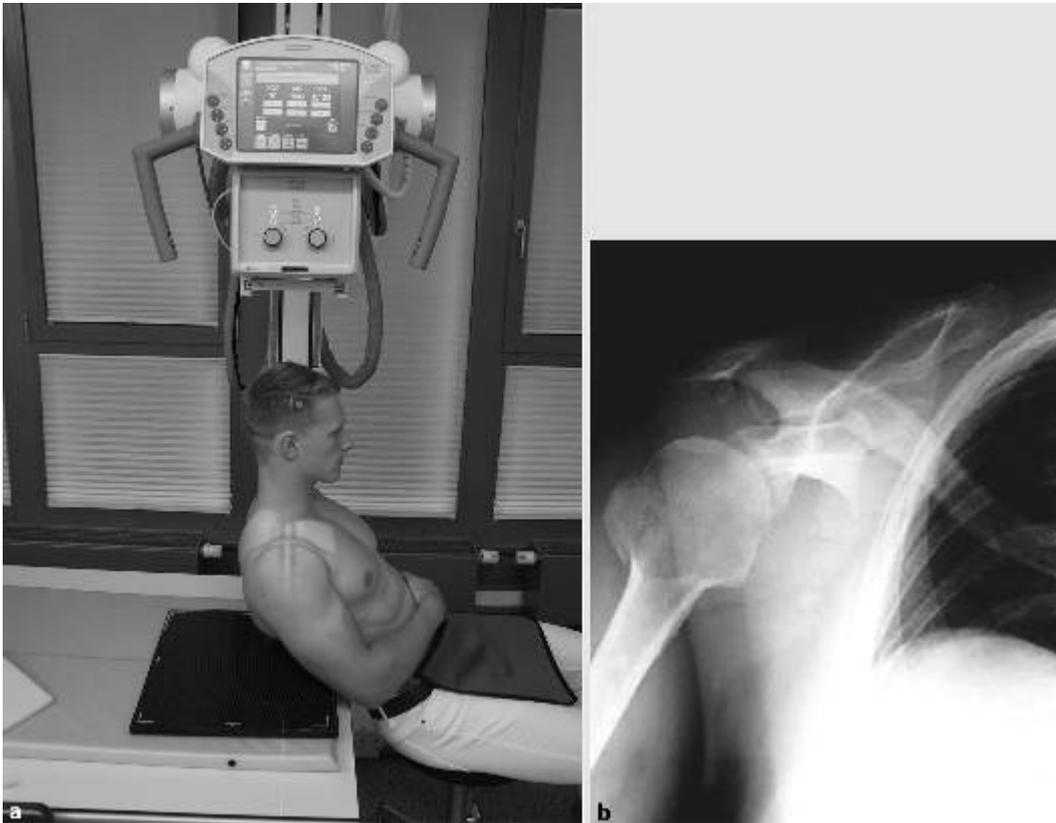


Abb. 63 ◀ Velpeau-Aufnahme: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Indikation. Als Alternative zur axialen Aufnahme, da der Arm am Körper angelegt bleibt (▣ **Abb. 63**).

Lagerung. Der Patient sitzt mit dem Rücken zum Aufnahmetisch und lehnt den Oberkörper um etwa 30° zurück, so dass sich die betroffene Schulter über der auf dem Tisch platzierten Kassette befindet. Der Tisch befindet sich in Taillenhöhe.

Einstellung. Der Zentralstrahl verläuft senkrecht auf Akromion und Kassette.

5.6 Rockwood-Aufnahme

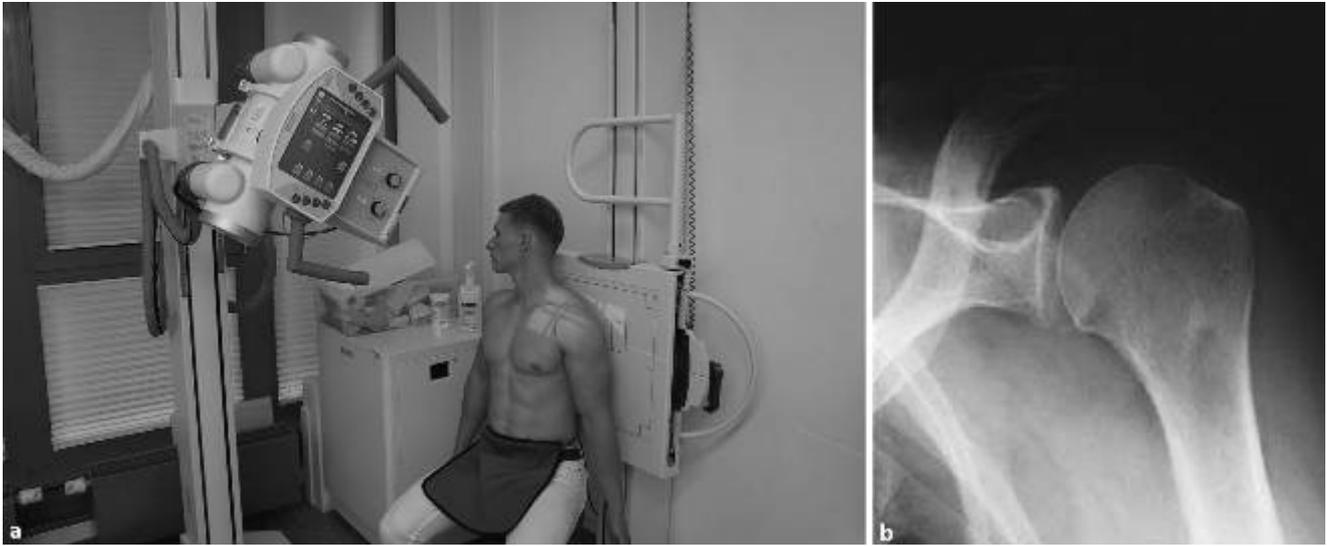


Abb. 64 ▲ Rockwood-Aufnahme: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Analoge a.p.-Aufnahme
(▣ Abb. 64).

Einstellung. Zentralstrahl ist 30° kaudal
gerichtet.

5.7 Klavikula a.p.



Abb. 65 ▲ Klavikula p.a. **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Patient steht am Stativ, ventral zur Kassette, Kopf zur gesunden Seite drehen, Arm an der Hüfte abstützen. Gesunde Seite etwas aufdrehen, damit die Klavikula parallel zum Film verläuft (▣ **Abb. 65**).

Einstellung. Der Zentralstrahl zeigt senkrecht auf die Klavikulamitte. Darstellung der Klavikula mit freier Projektion des AC-Gelenks und Sternoklavikulage lenks, d.h. die Klavikula muss in ihrer gesamten Länge abgebildet sein. Der mediane Anteil wird vom Thorax überlagert.

5.8 Klavikula tangential (30–45°-Schrägaufnahme)



Abb. 66 ▲ Klavikula tangential (30–45° Schrägaufnahme): **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Patient in Rückenlage, Kassette steht hinter der Schulter im Winkel von 45° zum Tisch gegen Schaumstoffkeil gelehnt (▣ **Abb. 66**).

Einstellung. Der Zentralstrahl ist 45° kaudokranial gekippt, senkrecht auf Kassettenmitte und ca. 1 Querfinger unterhalb von Objektmitte.

5.9 Akromioklavikulargelenk a.p.

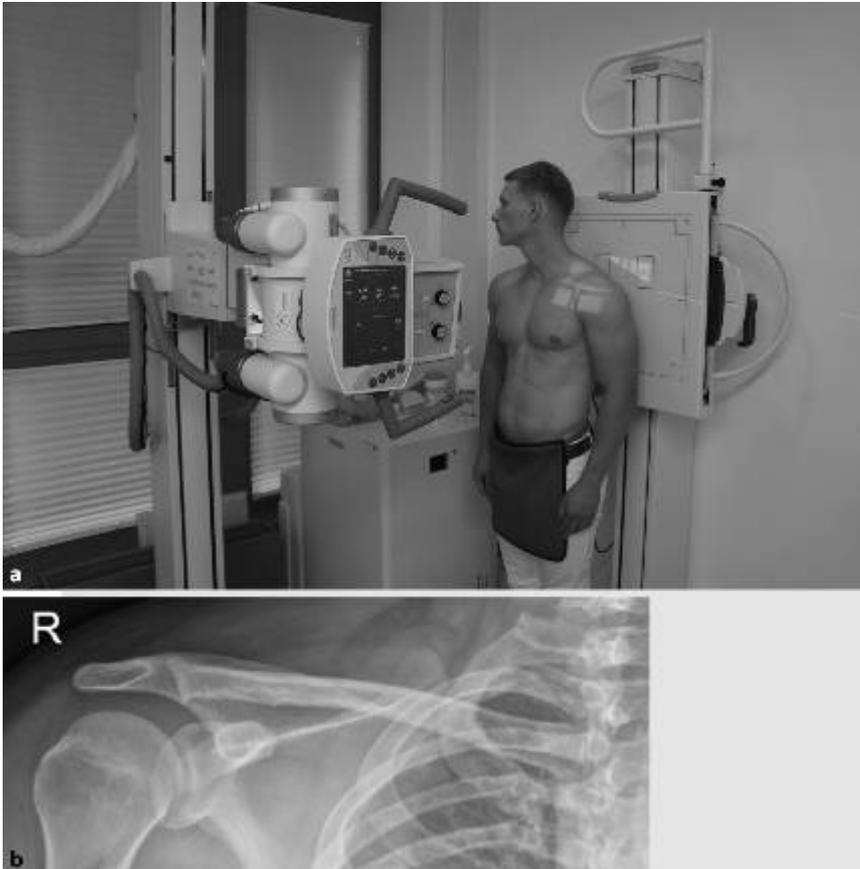


Abb. 67 ▲ AC-Gelenk a.p.: a Einstelltechnik. b Röntgenbild (Beispiel)

Indikation. Bei V.a. laterale Frakturen, Luxationen und AC-Gelenkbeurteilung (▣ Abb. 67).

Lagerung. Der Patient sitzt oder steht mit dem Rücken zur Kassette. Die Arme am Körper entlang, sowie die Handflächen nach vorne gelagert.

Einstellung. Der Zentralstrahl ist auf das AC-Gelenk gerichtet, der Strahlengang verläuft ventrodorsal, senkrecht zum Film gerichtet.

5.10 Panoramaaufnahme mit und ohne Belastung

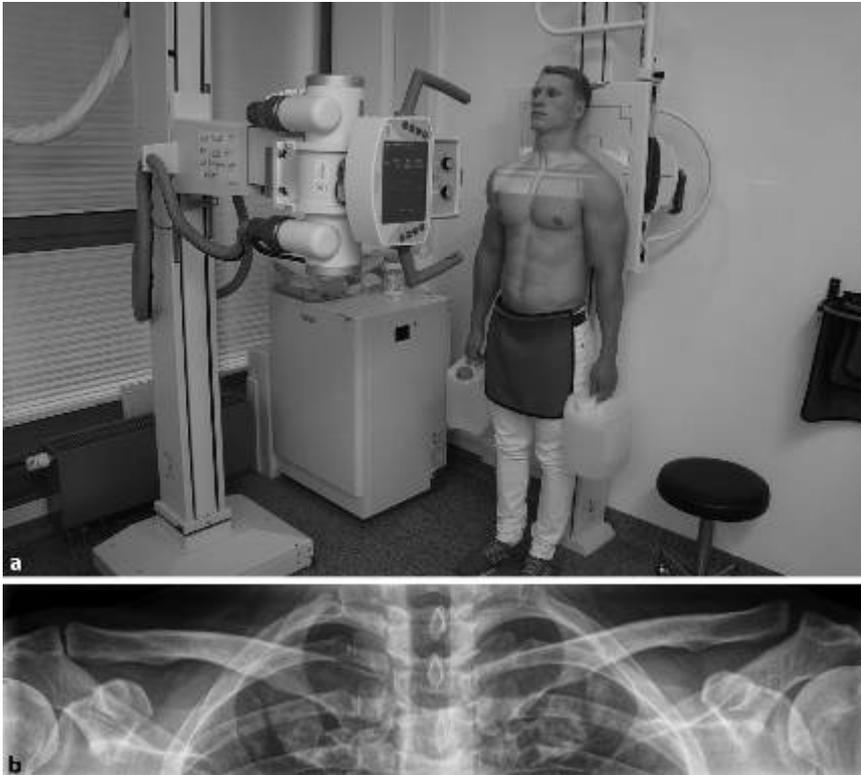


Abb. 68 ▲ Panoramaaufnahme mit und ohne Belastung: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Indikation. Zur Klassifikation von AC-Gelenkverletzungen. Bei fraglicher Operationsindikation zur Beurteilung des Längenverlusts bei Klavikulafrakturen (■ **Abb. 68**).

Lagerung. Der Patient steht mit dem Rücken zum Stativ und die Schulter wird nach hinten genommen. Die Arme hängen am Körper entlang.

Einstellung. Der Zentralstrahl wird auf das Jugulum gerichtet. Der Strahlengang verläuft ventrodorsal, senkrecht zum Film. Die Querzentrierung verläuft durch beide AC-Gelenke.

5.11 Zanca-Aufnahme

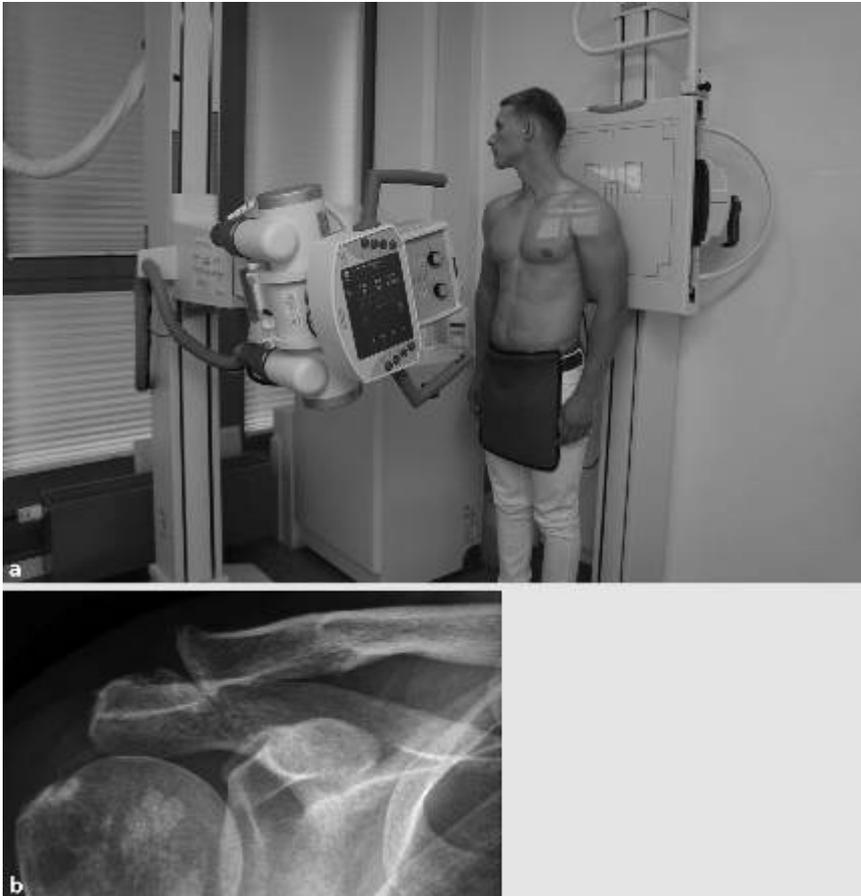


Abb. 69 ▲ Zanca-Aufnahme: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Indikation. Bei lateralen Frakturen zum Ausschluss einer Beteiligung des AC-Gelenks (▣ **Abb. 69**).

Lagerung. Der Patient steht mit anliegendem Oberarm an der Kassette. Die Kassette dorsal des AC-Gelenks.

Einstellung. Der Zentralstrahl verläuft nach dorsal und 15° nach kranial.

5.12 Alexander-Aufnahme



Abb. 70 ▲ Alexander-Aufnahme: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)
(Bildquellennachweis: Institut für Klinische Radiologie & Nuklearmedizin Universitätsmedizin Mannheim aus:
Lehmann, Die Scapula, 1. Auflage 2015 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München)

Indikation. Zur Evaluation horizontaler Instabilitäten bei Schulterreckgelenksprengung (▣ **Abb. 70**).

Lagerung. Der Patient steht wie bei der Y-Aufnahme mit 60° zur Röntgenkassette aufgedrehtem Oberkörper, sodass der Zentralstrahl das Schulterblatt tangential trifft. Der betreffende Arm ist flektiert und adduziert.

Einstellung. Zentralstrahl ist 10–15° kraniokaudal in Richtung AC-Gelenk geneigt.

5.13 SC-Gelenkaufnahme nach Rockwood

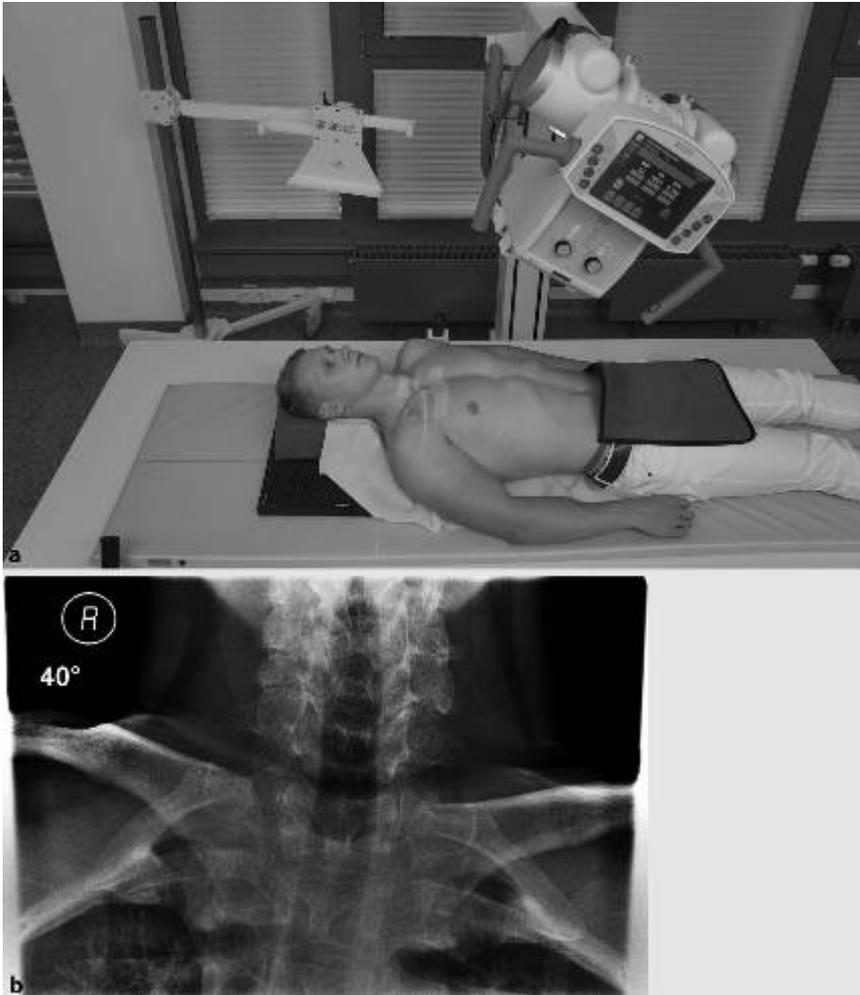


Abb. 71 ▲ SC-Gelenkaufnahme nach Rockwood: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Indikation. Bei medialen Frakturen (▣ Abb. 71).

Lagerung. Der Patient wird mit seitlich anliegenden Armen in Rückenlage positioniert.

Einstellung. Kassette unter Schulter- und Nacken. Der Zentralstrahl verläuft 40° zur Vertikalen geneigt auf das obere Ende des Sternums.

5.14 Schultertangentialaufnahme nach Bernageau



Abb. 72 ◀ Schultertangentialaufnahme nach Bernageau: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Indikation. Vordere Pfannenrandfraktur. Die Einstellung ermöglicht eine genaue Längssicht des Glenoidprofils und kann so im Seitenvergleich Substanzverluste des Glenoidrandes durch Ausmessen des a.p.-Glenoiddurchmessers aufdecken. Da hierzu der Arm des Patienten fast in vollständige Elevation gebracht werden muss, ist diese Aufnahme weniger für die akute posttraumatische Diagnostik, als vielmehr für die Evaluation chronischer Defektsituation und das Follow-up von Glenoidrandfrakturen geeignet (▣ **Abb. 72**).

Lagerung. Der Patient steht schräg am Stativ, die betroffene Schulter in einem Winkel von 45° anliegend. Arm nach oben gestreckt.

Einstellung. Der Zentralstrahl ist 15° kraniokaudal auf den Gelenkspalt gerichtet.

5.15 Westpoint-Aufnahme



Abb. 73 ▲ Westpoint-Aufnahme: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Indikation. Zum Nachweis einer knöchernen Bankart-Fraktur oder der Stellung des Humeruskopfes zum Glenoid (▣ **Abb. 73**).

Lagerung. Der Patient liegt in Bauchlage, der Oberkörper breit unterpolstert. Der zu untersuchende Arm hängt senkrecht herunter, die Kassette wird senkrecht zum Tisch hinter der Schulter aufgestellt.

Einstellung. Der Zentralstrahl wird auf den Gelenkspalt und Kassettenmitte gerichtet. Der Strahlengang verläuft von schräg kaudal, um 25° von dorsal nach ventral und 25° von lateral nach medial gekippt.

5.16 „Stryker notch view“



Abb. 74 ◀ „Stryker notch view“: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Indikation. Darstellung von unterem Pfannenrand und Hill-Sachs-Läsion (▣ **Abb. 74**).

Lagerung. Der Patient steht mit dem Rücken an der Röntgenplatte, der Arm ist abduziert und außenrotiert und die Hand liegt an dem Hinterkopf an. Alternativ kann die Aufnahme in Rückenlage ausgeführt werden.

Einstellung. Der Zentralstrahl verläuft um ca. 10° ansteigend und wird auf den Gelenkspalt gerichtet.

5.17 Thorax p.a.

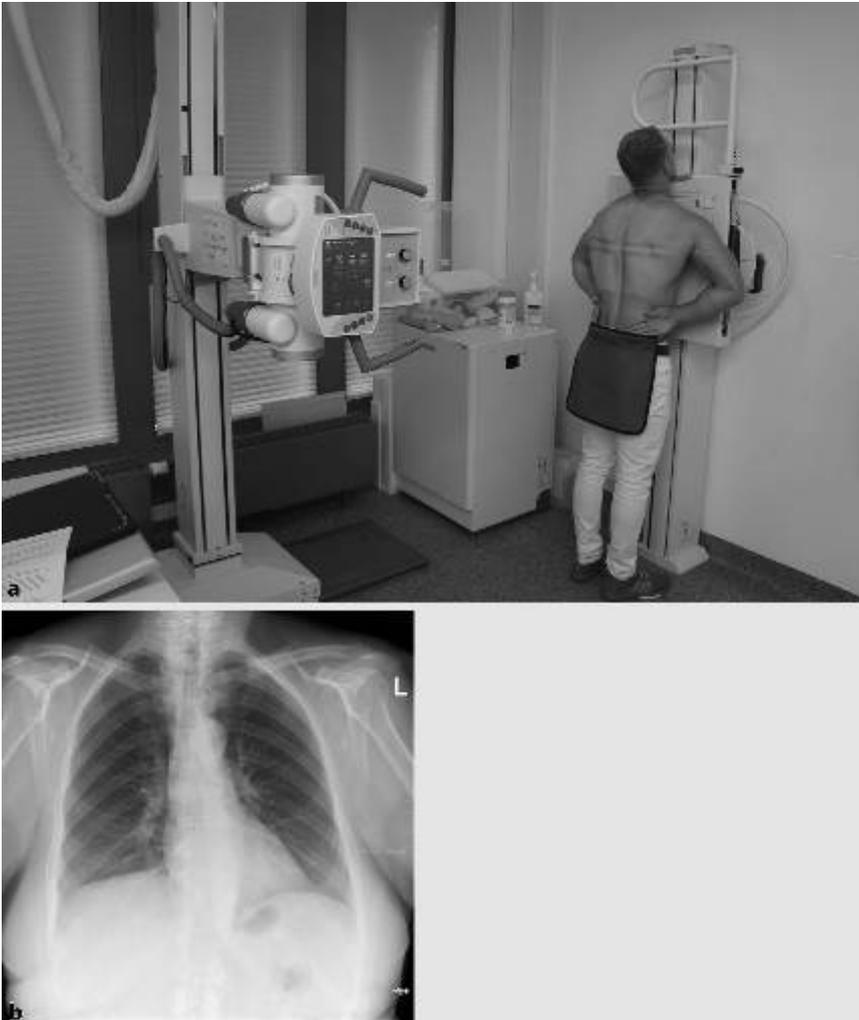


Abb. 75 ▲ Thorax p.a.: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)
(Bildquellennachweis: Institut für Klinische Radiologie & Nuklearmedizin Universitätsmedizin
Mannheim aus: Lehmann, Die Scapula, 1. Auflage 2015 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München)

Indikation. Zum Ausschluss von Begleitverletzungen wie z. B. Rippenserienfrakturen, Hämatothorax oder Pneumothorax (▣ **Abb. 75**).

Lagerung. Der Patient steht mit der Brust zum Stativ, leicht vorgebeugt, wobei Brustwand und beide Schultern anliegen. Die Arme hängen nach unten und die Ellenbogen sind nach vorne gerichtet. Der Kopf wird mit dem Kinn über den Kassettentrand nach vorne aufgelegt.

Einstellung. Der Strahlengang verläuft dorsoventral. Der Zentralstrahl wird auf die Wirbelsäule in Höhe der kaudalen Anteile des Schulterblatts gerichtet. Die Aufnahme erfolgt in tiefer Inspiration.

5.18 Thorax lateral



Abb. 76 ▲ Thorax lateral: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

(Bildquellennachweis: Institut für Klinische Radiologie & Nuklearmedizin Universitätsmedizin Mannheim aus: Lehmann, Die Scapula, 1. Auflage 2015 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München)

Indikation. Zum Ausschluss von Begleitverletzungen wie z. B. Rippenserienfrakturen, BWS-Frakturen, Hämatothorax oder Pneumothorax (■ **Abb. 76**).

Lagerung. Der Patient steht mit der linken Körperseite, mit über dem Kopf verschränkten Armen am Rasterwandstativ oder hält sich an einem höhenverstellbaren Galgen fest.

Einstellung. Der Zentralstrahl wird senkrecht auf die hintere Axillarlinie eine Handbreite unterhalb der Achselhöhle gerichtet.

6 Röntgeneinstellungen in der Ellenbogenchirurgie

6.1 Ellenbogen a.p.



Abb. 77 ◀ Ellenbogen a.p.: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Der Oberarm muss parallel zum Detektor gelagert werden. Die Oberarm- und Unterarmachse ist idealerweise auf Schulterhöhe zu positionieren. Der Patient wird sitzend neben dem Röntgenisch platziert und die Höhe bis zum Erreichen der Parallelität von Armachse und Tisch eingestellt. Die zu untersuchende Extremität wird dorsal in voller Streckung und mit endgradig supiniertem Unterarm (Daumen erreicht den Untersuchungstisch) auf dem Detektor gelagert. Kann der Arm nicht voll gestreckt werden, so ist das Streckdefizit zu gleichen Anteilen auf die Ober- und Unterarmachse zu verteilen (▣ **Abb. 77**).

Einstellung. Der Zentralstrahl wird auf das Ellenbogengelenk ausgerichtet.

6.2 Ellenbogen seitlich

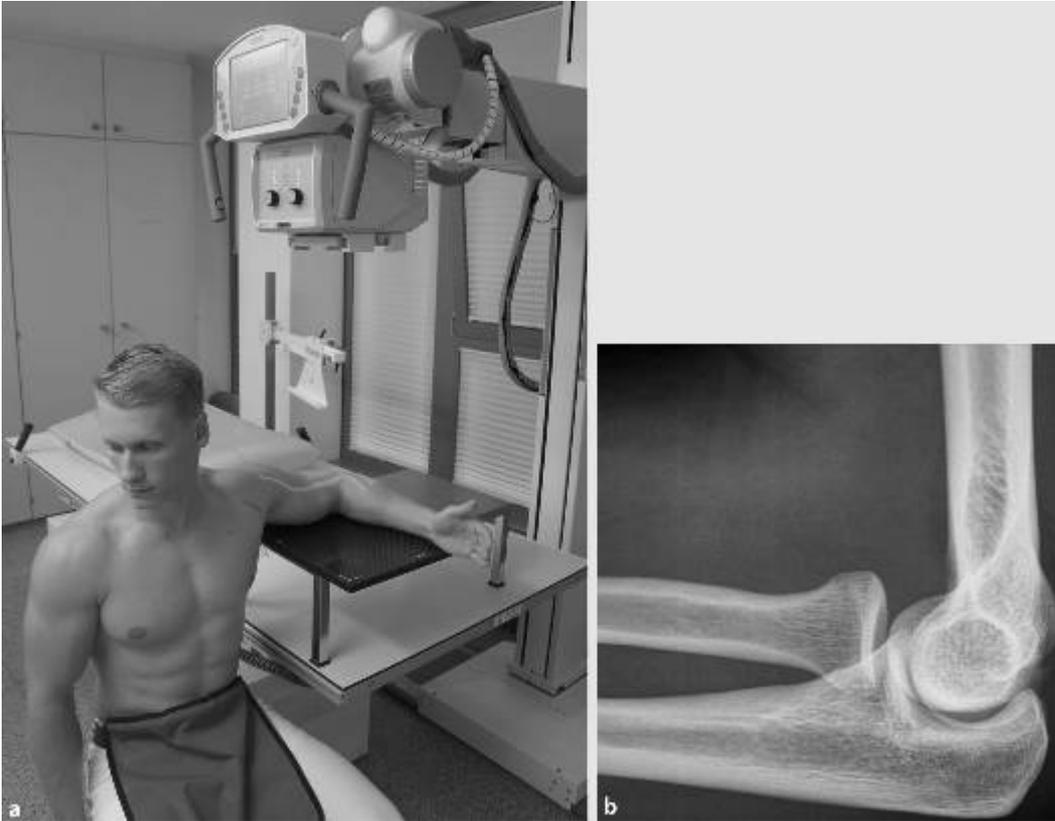


Abb. 78 ◀ Ellenbogen seitlich: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Oberarm- und Unterarmachse sind idealerweise auf Schulterhöhe zu positionieren. Dazu sitzt der Patient neben dem Untersuchungstisch und legt seinen Arm auf diesem ab. Das Ellenbogengelenk wird 90° gebeugt, der Unterarm wird supiniert, sodass der Daumen des Patienten nach oben zeigt (streng seitliche Positionierung des Handgelenks, **Abb. 78**).

Einstellung. Der Zentralstrahl wird auf den Epicondylus humeroradialis ausgerichtet.

6.3 Radiuskopfzielaufnahme

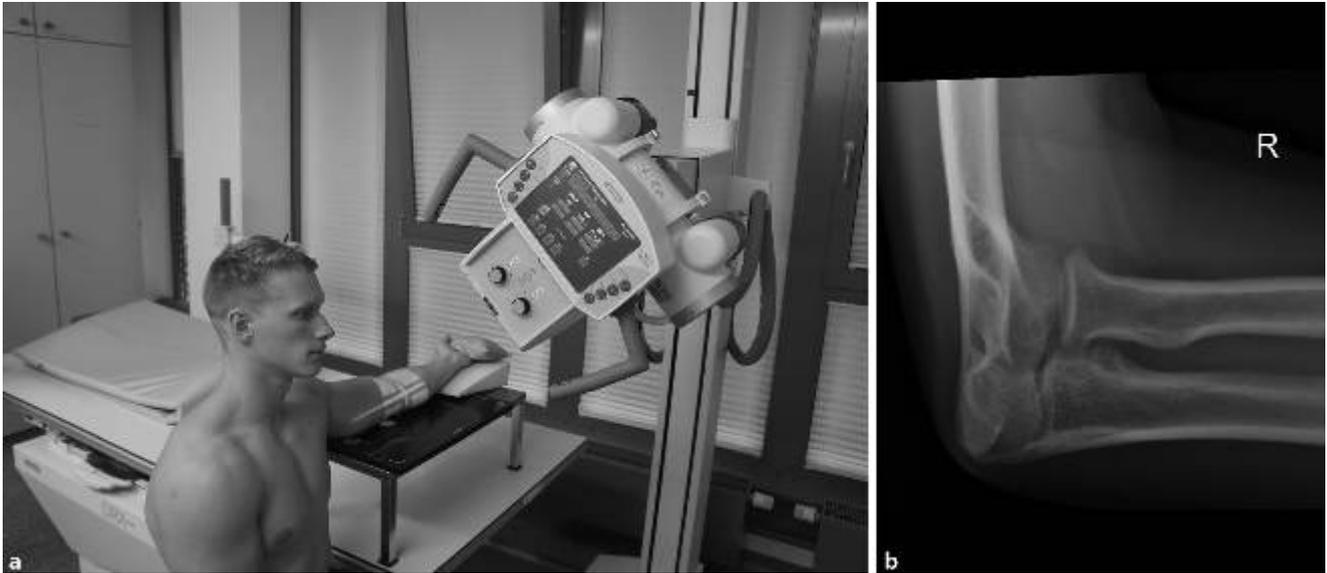


Abb. 79 ▲ Radiuskopfzielaufnahme: **a** Einstelltechnik. **b** Röntgenbild (Beispiel)

Lagerung. Der Oberarm muss parallel zum Detektor gelagert werden. Die Oberarm- und Unterarmachse ist idealerweise auf Schulterhöhe zu positionieren. Der Patient wird sitzend neben dem Röntgentisch platziert und die Höhe bis zum Erreichen der Parallelität von Armachse und Tisch eingestellt. Die zu untersuchende Extremität wird dorsal in voller Streckung und mit maximal supiniertem Unterarm (Daumen und radialer Unterarm erreichen den Untersuchungstisch) auf dem Detektor gelagert (■ Abb. 79).

Einstellung. Der Zentralstrahl wird auf den Radiuskopf ausgerichtet.

Alternativ. Lagerung analog zur seitlichen Aufnahme. Der Zentralstrahl wird hier allerdings in einem 45°-Winkel in Richtung der Schulter auf den Radiuskopf ausgerichtet (*Aufnahme nach Greenspan – starke Bildverzerrung*).