Claudius Zeiler¹ · Ernst Wiedemann¹ · Ulrich Brunner² · Wolf Mutschler¹

¹Chirurgische Klinik und Poliklinik, Klinikum Innenstadt, Universität München, Nussbaumstraße 20, 80336 München

²Abteilung für Unfall-, Schulter- und Handchirurgie, Kreiskrankenhaus, Agatharied

Schulterdiagnostik

Was ist möglich – was ist sinnvoll?

Zusammenfassung

Grundlage der Schulterdiagnostik sind eine suffiziente Anamnese und klinische Untersuchung. Die sich ergebende Verdachtsdiagnose kann durch bildgebende Verfahren objektiviert werden. Die konventionelle Röntgendiagnostik der Schulter in 3 Ebenen ist als Standarddiagnose zu fordern und lässt die wesentlichen knöchernen Veränderungen erkennen. Schwerpunkt der Ultraschalluntersuchung ist die Beurteilung der Sehnen, zusätzlich können die Bursa subdeltoidea, die Kapsel und das Labrum glenoidale mitbeurteilt werden. Die Computertomographie findet bei knöchernen Verletzungen Anwendung, welche in der konventionellen Röntgendiagnostik nicht ausreichend zu beurteilen sind. Als goldener Standard zur Beurteilung von Veränderungen der Weichteile sollte die Kernspintomographie erst bei gezielten Fragestellungen, die mit den oben genannten Verfahren nicht ausreichend geklärt werden konnten, oder nach erfolgloser konservativer Therapie über 6 Wochen zum Einsatz kommen. Die Interpretation der Kernspintomografie ist kritisch durchzuführen und mit dem klinischen Befund zu korrelieren.

Schlüsselwörter

Diagnostik · Schulter · Röntgen · CT · MRT

Die bildgebende Diagnostik der Schulter ergänzt die obligat vorausgehende Anamnese und klinische Untersuchung. Während die röntgenologische Darstellung der Schulter bei jedem Patienten in möglichst 3 Ebenen durchgeführt werden sollte, um die häufig für die weitere Diagnostik und Therapie entscheidende knöchernen Morphologie beurteilen zu können, sind alle weiteren Untersuchungsmodalitäten abhängig von den differenzialdiagnostischen Überlegungen, die bei dem betreffenden Patienten in Betracht kommen.

Die Forderung, dass bei jedem Patienten ausreichend gute Röntgenbilder in 3 Ebenen vorliegen sollten, wird heute allzu oft vernachlässigt. Häufig erscheinen Patienten mit Schulterbeschwerden in der Sprechstunde mit einem Stapel von kernspintomographischen Untersuchungen, ohne dass je eine vernünftige nativradiologische Darstellung der Schulter erfolgt wäre, und der entscheidende Hinweis auf die wirkliche Problematik ergibt sich dann aus einfachen und zudem kostengünstigen Röntgenbildern. Nachfolgend soll deshalb das sinnvolle Vorgehen bei der stufenweisen bildgebenden Abklärung von Schulterbeschwerden an exemplarischen Beispielen erläutert werden.

Bildgebende Abklärung

Röntgen

Die Bedeutung einer sorgfältigen Darstellung der Schulter in mindestens 3 Ebenen kann nicht überschätzt werden. Sie ist die unverzichtbare Basis für die Einordnung von Beschwerden an der Schulter. Die Darstellung sollte folgende Ebenen umfassen:

1. True-a.-p.-Projektion (wahre a.-p.-Aufnahme) (Abb. 1a)

Sie wird am leichtesten erreicht, wenn der stehende Patient um etwa 40° zur Röntgenkassette gedreht wird, damit der um 20° abgesenkte Röntgenstrahl die Gelenkfläche der Skapula tangential trifft. Die Skapula muss der Röntgenkassette flach anliegen. Wird nur eine a.-p.-Projektion angefertigt, sollte der Arm außenrotiert werden, damit das Tuberculum majus Kontur bildend wird. Bei der Abklärung einer Tendinosis calcarea ist es sinnvoll, ergänzend zur Auf-

© Springer-Verlag 2003

Dr. Claudius Zeiler

Chirurgische Klinik und Poliklinik,
Klinikum Innenstadt, Universität München,
Nussbaumstraße 20, 80336 München,
Tel.: 089-51602671, Fax: 089-51602745,
E-Mail:
Claudius.Zeiler@ch-i.med.uni-muenchen.de

C. Zeiler · E. Wiedemann · U. Brunner ·
W. Mutschler

Imaging of the shoulder. What is possible and what do we need?

Abstract

Diagnosis of shoulder problems is based on a carefully taken patient history and a physical examination. The tentative diagnosis arising from these can then be checked by targeted application of imaging. Radiographs of the shoulder in three planes must be demanded as a standard diagnostic procedure, because these allow recognition of essential osseous lesions. In ultrasound examination the main emphasis is placed on evaluation of the tendons; the subdeltoid bursa, the joint capsule and, in some cases, the glenoidal lip can also be evaluated by this technique. Ultrasound is a rapid and inexpensive procedure, which makes it particularly suitable in the primary diagnosis. Computer tomography is applied when there are osseous injuries that cannot be adequately assessed on plain radiographs, especially in the case of fractures of the humeral head or scapula or after shoulder luxations, when it is used for evaluation of Hill-Sachs lesions, or fractures of the glenoid. The gold standard for soft tissue evaluation is magnetic resonance imaging; this procedure should only be used in attempts to answer specific questions when the aforementioned procedures cannot provide adequate answers or when 6 weeks of nonsurgical treatment has not been successful. MRI results must be interpreted critically and should always be compared with the clinical findings, particularly if they have implications for a possible operative treatment.

Keywords

Imaging · Shoulder · X-ray · CT · MRI

nahme in Außenrotation eine weitere Projektion in Innenrotation durchzuführen, um weitere Kalkherde überlagerungsfrei abzubilden (so genannter Schwedenstatus).

2. Supraspinatus-outlet- oder Y-Aufnahme (Abb. 1b)
Diese Projektion steht senkrecht auf der True-a.-p.-Aufnahme und sollte die Skapula möglichst tangential treffen. Der stehende Patient wird um etwa 50° vom Röntgenfilm weg gedreht, sodass der von medial kommende Röntgenstrahl annähernd parallel zur Spina scapulae verläuft. Die anterolaterale Schulter liegt dann der Röntgenkassette an. Die Aufnahme heißt Y-Aufnahme, weil die tangential getroffene Skapula den senkrechten Teil und Korakoid bzw. Spina scapulae die beiden schrägen Schenkel eines „Y“ bilden. Die Pfanne steht im Zentrum der 3 Linien, sodass sich ein nicht luxierter Humeruskopf ebenfalls in dieses Zentrum projizieren muss. Die Supraspinatus-outlet-Projektion eignet sich gut zur Darstellung des Subakromialraums bzw. des Akromions. Entgegen der Empfehlung von Morrison u. Bigliani [12], den Röntgenstrahl zusätzlich um 5–10° abzusenken, verwenden wir auch hier eine Absenkung um 20°. Allerdings ist zu bedenken, dass die Röntgenmorphologie des Akromions stark von dieser Absenkung beeinflusst wird [1]. Eine transthorakale Projektion ist dagegen überflüssig, weil sie durch die Überlagerung des Thorax häufig von so schlechter Bildqualität ist, dass Humeruskopf und Pfanne eben erkannt werden können. Möglicherweise lässt sich so eine Luxationsstellung ausschließen, differenzierte Aussagen sind aber nur mit der weit besseren Y-Projektion möglich.
3. axiale Aufnahme (Abb. 1c)
Diese Projektion wird am besten im Sitzen angefertigt. Der Patient muss hierzu seinen Arm um wenigstens 70° abduzieren und über die Röntgenkassette legen, beinahe als wollte er sie unter der Achsel einklemmen. Der Unterarm liegt flach auf dem Tisch. Der Kopf muss vom Röntgenstrahl weg gehalten werden, der senkrecht von oben nach unten verläuft. Bei einer idealen axialen Aufnahme wird die Pfanne tangential

getroffen. Sofern der Arm nicht abduziert werden kann oder soll, kann ersatzweise eine Projektion nach Velpeau [2] durchgeführt werden, die auch im Gilchrist-Verband möglich ist. Hierzu lehnt sich der sitzende Patient mit angelegtem Oberarm etwas zurück, damit der von kranial nach kaudal verlaufende Röntgenstrahl die Pfanne so tangential als möglich trifft. Eine alternative axiale Projektion besteht darin, in Rückenlage die Röntgenkassette der Schulter von kranial aufzulegen. Der Röntgengenerator befindet sich dann auf Höhe der gleichseitigen Hüfte, und der Zentralstrahl zielt auf die Mitte der Axilla.

Sonographie

Die Ultraschalluntersuchung ist das einfachste und kostengünstigste Verfahren zur Darstellung von posttraumatischen und degenerativen Veränderungen an der Rotatorenmanschette, an der langen Bizepssehne und an der Bursa subacromialis [6]. Es gelingt auch relativ gut, die Knochenoberfläche darzustellen, die den Schall reflektiert, wogegen das Innere des Knochens der Sonographie verborgen bleibt. Die Darstellung des ventralen Labrums und der Kapsel ist sonographisch oft nur eingeschränkt möglich, sodass der Stellenwert des Sonographie bei der Instabilitätsdiagnostik reduziert ist.

Technischer Standard der Sonographie an der Schulter ist heute ein hoch auflösender Linearschallkopf mit 7,5 MHz oder besser 10 MHz, weil sich nur damit beginnende Läsionen im Ansatzbereich der Rotatorenmanschette mit hinreichender Genauigkeit darstellen lassen. In der Labrumdiagnostik muss wegen der notwendigen höheren Eindringtiefe insbesondere ventral auch auf 5-MHz-Schallköpfe zurückgegriffen werden. Die Untersuchung wird beim sitzenden Patienten durchgeführt, der Arm ist frei beweglich, sodass die Untersuchung in allen Standardebenen dynamisch erfolgen kann. Auch kann der Arm retrovertiert werden, um so den Ansatzbereich der Rotatorenmanschette ausreichend weit, für die Sonographie zugänglich, vor das Akromion zu bringen.

Die Standardschallkopfpositionen beziehen sich bei der Diagnostik der Rotatorenmanschette auf die korakokromiale Ebene. Der zu dieser Ebene

Abb. 1a—c ◀ Röntgenaufnahmen der Schulter, a True-a.-p.-Aufnahme, b Supraspinatus-outlet-Aufnahme, c axiale Aufnahme

parallel verlaufende sonographische Schnitt wird üblicherweise als Transversalschnitt oder „Hedtmann I“ bezeichnet. In ihm kommt die gesamte Zirkumferenz der Rotatorenmanschette wie ein Wagenrad zur Darstellung. Durch Positionierung des Schallkopfs relativ zum Tuberculum majus (also weiter lateral oder weiter medial) kann die gesamte Insertionszone dargestellt werden. Demgegenüber zeigt der dazu senkrecht verlaufende Longitudinalschnitt oder „Hedtmann II“ den Ansatzbereich der Rotatorenmanschette in einer bestimmten dorsoventralen Position, die ebenfalls durch Verschieben des Schallkopfs

für die verschiedenen Anteile der Rotatorenmanschette frei gewählt werden kann. Weitere spezielle Einstellungen sind zur Darstellung der langen Bizepssehne, der Muskeln der Rotatorenmanschette und des AC-Gelenks notwendig [11].

Die Beurteilung der sonographischen Veränderungen, die für oder gegen eine Läsion der Rotatorenmanschette sprechen, kann schwierig sein, falls es sich um eine kleinere oder partielle Läsion handelt. Die Sensitivität der Methode bei kompletten Rotatorenmanschettenrupturen ab 0,5 cm wird >90%, bei Partialrupturen ab einer Aus-

dehnung von mindestens 1/3 der Sehrendicke mit >75% angegeben [7]. Auch indirekte Zeichen, wie Gelenkerguss und Flüssigkeit in der Bursa subdeltoidea, können mit einer Spezifität von 99% bei nur geringer Sensitivität von 22% auf eine Ruptur der Rotatorenmanschette hinweisen (positiver Vorhersagewert 95%) [8]. Wurde bereits ein rekonstruktiver Eingriff an der Rotatorenmanschette ausgeführt, ist diese Beurteilung besonders schwierig, weil eine Verzerrung durch postoperative Veränderungen vorliegt. Ein Vorteil der Sonographie besteht darin, dass die Schulter nicht nur statisch, sondern auch dynamisch unter-

sucht werden kann, indem der Humeruskopf gegenüber der Pfanne rotiert und abduziert wird. So kann das Gleitverhalten der beteiligten Strukturen beobachtet und beurteilt werden, was besonders für die Rotatorenmanschette und die Bursa subacromialis wichtig ist. Gelegentlich gelingt es bei der dynamischen Untersuchung, Aufwulstungen dieser Schichten zu erkennen und so einen subakromialen Engpass direkt sichtbar zu machen.

Computertomographie

Das native Computertomogramm (CT) der Schulter eignet sich hervorragend zur Darstellung von knöchernen Veränderungen an Humeruskopf und Pfanne, die sich in den oben genannten 3 konventionellen röntgenologischen Projektionen nicht ausreichend darstellen, oder falls die 3., axiale Ebene nicht durchgeführt werden kann. Dies gilt besonders bei Frakturen von Humeruskopf und Skapula (Abb. 2) und nach Luxationen.

Beispielsweise ist die exakte und reproduzierbare Einordnung von Humeruskopffrakturen mit einfachen Röntgenbildern nicht möglich [18]. Demgegenüber ist es anhand von CT-Schnittbildern wesentlich einfacher, die Frakturmorphologie zu verstehen, besonders wenn diese dreidimensional rekonstruiert werden. Einschränkend muss gesagt werden, dass auch das 3D-CT die Intra- und Interobserverübereinstimmung bei der Klassifikation von Humeruskopffrakturen nicht entscheidend zu verbessern scheint [19].

Bei einer Schulterinstabilität war die CT-Darstellung der Konfiguration von Humeruskopf und Pfanne mit intraartikulärem Kontrastmittel noch bis vor wenigen Jahren der Standard in der Bildgebung [17]. Dies gilt bis heute, was die knöcherne Situation betrifft, also die Größe einer vorderen oder hinteren Hill-Sachs-Impression oder die Darstellung einer Pfannenfraktur bzw. eines Pfannenverbrauchs. Allerdings ist bei der Bildgebenden Abklärung einer Schulterinstabilität mittlerweile die Magnet-

Abb. 2a,b ◀ Skapulafraktur, a unzureichender Informationsgewinn bei konventionellen Röntgenaufnahmen, b axiale Computertomographie mit koronaren und sagittalen Rekonstruktionen zeigt eine intraartikuläre Glenoidfraktur Ideberg Typ V

resonanztomographie der Computertomographie überlegen (s. Magnetresonanztomographie), sodass ein Kontrast-CT nur noch bei speziellen Fragestellungen sinnvoll erscheint.

Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) der Schulter ist der goldene Standard, um pathologische Veränderungen an den Weichteilen darzustellen. Dies gilt sowohl für Läsionen der Rotatorenmanschette und der langen Bizepssehne als auch für Instabilitätsbedingte oder sonstige Läsionen der Kapsel und des Labrums. Voraussetzung für die richtige Einordnung der Befunde ist eine gezielte klinische Fragestellung. Andernfalls kann eine unkritische Interpretation auffälliger Details in den Schnittbildsequenzen zu einer falsch-positiven Diagnose führen, die dem tatsächlichen klinischen Bild nicht gerecht wird. Umgekehrt können entscheidende Hinweise übersehen werden, etwa weil sich bei einer „frozen shoulder“ die Entzündung der Kapsel erst durch die synoviale Anreicherung eines i. v. applizierten Kontrastmittels zeigt, wogegen kernspintomographische Bilder ohne Kontrastmittel einen Normalbefund vorspiegeln können.

Das MRT besticht durch den höchsten Weichteilkontrast aller Bildgebenden Verfahren bei frei wählbarer Schnittbildebene. Die modernen, geschlossenen Hochfeldgeräte mit 1–1,5 T Magnetfeldstärke bieten das beste Signal-Rausch-Verhältnis mit hoher Ortsauflösung bei relativ kurzen Untersuchungszeiten. Offene Niederfeldgeräte mit 0,2 T haben demgegenüber den zusätzlichen Vorteil, dass die Schulter auch dynamisch untersucht werden kann. Allerdings sind dynamische MRT-Untersuchungen sehr aufwändig und haben deshalb bisher nur in klinischen Studien Bedeutung [4].

Zur optimalen Darstellung der Schulter ist die Verwendung einer Oberflächen-spule obligat. Übliche Schnittbildebenen und Untersuchungssequenzen sind:

1. Eine parakoronare (parallel zum Verlauf der Supraspinatussehne) T1-gewichtete Sequenz (kurze Repeatszeit TR, kurze Echozeit TE) T1-gewichtete Sequenzen sind unverzichtbar als Referenz für die spätere Gabe von Kontrastmittel. Zudem

kommen eine etwaige Atrophie oder Verfettung der Muskulatur der Rotatorenmanschette sehr gut zur Darstellung.

2. Eine parakoronare STIR- oder TSE(Turbospinecho)-Sequenz Ziel dieser protonengewichteten Sequenzen ist die möglichst sensible Erfassung pathologischer Veränderungen, die sich meist durch eine Anreicherung von protonenhaltigen Wassermolekülen auszeichnen. In den parakoronaren Schichten stellt sich der Subakromialraum am Ansatzbereich der Rotatorenmanschette besonders gut dar, sodass selbst kleinste Läsionen auffällig werden.
3. Eine parasagittale (parallel zur Pfanne) T2-gewichtete Sequenz Die Darstellung sollte weit nach medial reichen, um in der die Fossa supra- und infraspinata eine etwaige Atrophie der Muskulatur der Rotatorenmanschette beurteilen zu können. Sie wird nach Thomazeau et al. [20] bzw. Zanetti et al. [24] klassifiziert. Die Einschätzung einer vorbestehenden Atrophie bzw. Verfettung der Muskulatur ist bei einer gutachterlichen Zusammenhangsbeurteilung von sehr hoher Bedeutung, sodass bei Arbeitsunfällen ein Kernspintogramm der Schulter sehr sinnvoll sein kann, sofern sich die Beschwerden nicht innerhalb von 6 Wochen weitgehend normalisieren.
4. Eine axiale (quer zur Humerusachse) T2-gewichtete Sequenz Die transversale Darstellung erfolgt v. a. zur Beurteilung des Labrums und der Kapsel bei einer Schulterinstabilität. Liegt die letzte Luxation erst kurz zurück, können ein Erguss bzw. Hämarthros das intrartikuläre Kontrastmittel ersetzen, das für eine hohe Treffsicherheit der kernspintomographischen Aussage ansonsten unverzichtbar ist [22].

Bei der akuten Luxation gelingt der Nachweis einer Labrumläsion mit einer Sensitivität von 68% ohne intraartikuläre KM-Injektion. Besteht eine rezidivierende Instabilität, ist die MR-Arthrographie mit einer Sensitivität von etwa 90% und einer Spezifität von 94–98% [5, 14] der Standard-MR-Untersuchung hinsichtlich Sensitivität (44–90%) und Spezifität (66–90%) deutlich überlegen [3, 9, 13, 21].

Bei partiellen Rotatorenmanschettendefekten wird die Sensitivität zwischen 67% und 89% und die Spezifität zwischen 89% und 94% [13, 16] für die Kernspinnuntersuchung angegeben. Bei kompletten Rupturen erhöhen sich diese Werte bei der Sensitivität auf 84–100% und bei der Spezifität auf 95–99% [15, 23].

Verletzungen des Rotatorenintervalls lassen sich meist nur indirekt durch die Sub-/Luxation der langen Bizepssehne sowie durch einen Kontrastmittelaustritt nach i.-a.-Injektion ventral in die Bursa subdeltoidea nachweisen.

Einso wie in der Sonographie lassen sich Veränderungen wie LBS-Luxationen, LBS-Entzündungen oder Rupturen kernspintomographisch sicher nachweisen.

Die Diagnostik von Verletzungen oder Degenerationen des Bizepssehnenankers ist auch in der Kernspintomographie nur sehr eingeschränkt möglich. SLAP-Läsionen bleiben daher bis zur operativen Diagnosestellung meist eine klinische Verdachtsdiagnose.

Fazit

Beim unkritischen Einsatz Bildgebender Verfahren können an der Schulter viele pathologische Veränderungen dargestellt werden, deren klinische Bedeutung fraglich ist. Beispielsweise findet sich kernspintomographisch bei nahezu jedem Patienten im Alter über 40 Jahren eine Auftreibung des AC-Gelenks, die häufig als AC-Arthrose interpretiert wird. Tatsächlich hat dies nur eine Bedeutung, sofern dort auch Beschwerden bestehen, was nur klinisch eingeschätzt werden kann. In neueren Studien [10] wird zudem klar, dass nur die signalintensive Darstellung der distalen, Gelenk bildenden Klavikula in T2-gewichteten Sequenzen den Rückschluss auf eine symptomatische AC-Arthrose erlaubt und in geringerem Ausmaß eine Ergussbildung im AC-Gelenk. Seine Form und die An- oder Abwesenheit von Osteophyten hatten dagegen keine Bedeutung. Deshalb ist es sehr wichtig, Bildgebende Verfahren gezielt einzusetzen, um zu vernünftigen Aussagen zu kommen. Unverzichtbar sind gute Röntgenbilder in mindestens 2, besser 3 Ebenen. Die Sonographie ist das geeignete Mittel, um Veränderungen an der Rotatorenmanschette abzugrenzen, sofern diese eine Mindestgröße

besitzen. Bei einfachen Verletzungen der Schulter reicht dies aus, um bei der Erstdiagnostik einen akuten, wesentlichen Schaden auszuschließen. Der Einsatz der Computer- und Kernspintomographie ist aus unserer Sicht erst sinnvoll,

- falls eine spezielle Fragestellung beantwortet werden soll,
- falls eine konservative Therapie nach 6 Wochen ohne Ergebnis bleibt, oder
- zur Planung eines operativen Eingriffs.

Literatur

1. Barthel T, Gohlke F, Gandorfer A (1995) Die Röntgenmorphologie des Akromions und ihre Darstellbarkeit in der Supraspinatus-Tunnelaufnahme. *Arthroskopie* 8: 218–223
2. Bloom MH, Obata WG (1967) Diagnosis of posterior dislocation of the shoulder with use of Velpeau axillary and angle-up roentgenography views. *J Bone Joint Surg Am* 49: 943–949
3. Chandnani VP, Yaeger TD, DeBerardino T (1993) Glenoid labral tears: prospective evaluation with MRI imaging, MR arthrography, and CT arthrography. *Am J Roentgenol* 161: 1229–1235
4. Graichen H, Stammberger T, Bonel H, Wiedemann E, Englmeier KH, Reiser M, Eckstein F (2001) Three-dimensional analysis of shoulder girdle and supraspinatus motion patterns in patients with impingement syndrome. *J Orthop Res* 19: 1192–1198
5. Gusmer PB, Potter HG, Schatz JA, Wickiewicz TL, Altchek DW, O'Brien SJ, Warren RF (1996) Labral injuries: accuracy of detection with unenhanced MR imaging of the shoulder. *Radiology* 200: 519–524
6. Hedtmann A, Fett H (1991) Atlas und Lehrbuch der Schultersonografie, 2. Aufl. Enke, Stuttgart.
7. Hedtmann A, Fett H (2002) Sonographie der Rotatorenmanschette. *Orthopäde* 31: 236–246
8. Hollister MS, Mack LA, Patten RM, Winter TC 3rd, Matsen FA 3rd, Veith RR (1995) Association of sonographically detected subacromial/subdeltoid bursal effusion and intraarticular fluid with rotator cuff tear. *Am J Roentgenol* 165: 605–608
9. Iannotti JP, Zlatkin MB, Esterhai JL, Kressel HY, Dalinka MK, Spindler KP (1991) Magnetic resonance imaging of the shoulder. Sensitivity, specificity, and predictive value. *J Bone Joint Surg Am* 73: 17–29
10. Jordan LK, Kenter K, Griffiths HL (2002) Relationship between MRI and clinical findings in the acromioclavicular joint. *Skeletal Radiol* 31: 516–521
11. Konermann W, Gruber G (1998) Standard ultrasound sections of the upper extremity shoulder and elbow joint. *Ultraschall Med* 19: 130–138
12. Morrison DS, Bigliani LU (1987) The clinical significance of variations in acromion morphology. *Orthop Trans* 11: 234
13. Nelson MC, Leather GNR, Pettrone F, Freedmann M (1991) Evaluation of the painful shoulder. A prospective comparison of magnetic resonance imaging, computerized tomographic arthrography, ultrasonography, and operative findings. *J Bone Joint Surg Am* 73: 707–716
14. Palmer WE, Brown JH, Rosenthal DI (1994) Labral-ligamentous complex of the shoulder: evaluation with MR arthrography. *Radiology* 190: 645–651
15. Quinn SF, Sheley RC, Demlow TA, Szumowski J (1995) Rotator cuff tendon tears: evaluation with fat-suppressed MR imaging with arthroscopic correlation in 100 patients. *Radiology* 195: 497–500
16. Raffi M, Firooznia H, Shermann (1990) Rotator cuff lesions: signal patterns at MR imaging. *Radiology* 177: 817–823
17. Resch H (1989) Die vordere Instabilität des Schultergelenkes. *Hefte Unfallheilkd* 202: 151–166
18. Siebenrock KA, Gerber C (1993) The reproducibility of classification of fractures of the proximal end of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 75: 1751–1755
19. Sjoden GO, Movin T, Aspelin P, Guntner P, Shalabi A (1999) 3D-radiographic analysis does not improve the Neer and AO classifications of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 70: 325–328
20. Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C, Duval JM, Langlais F (1996) Atrophy of the supraspinatus belly. Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. *Acta Orthop Scand* 67: 264–268
21. Tuite MU, Shinnors TJ, Hollister MC, Orwin JF (1999) Fat-suppressed fast spin-echo mid-TE MR images: comparison with fast spin-echo T2-weighted images for diagnosis of tears and anatomic variants of the glenoid labrum. *Skeletal Radiol* 28: 685–690
22. Willemsen UF, Wiedemann E, Brunner U, Scheck R, Pfluger T, Kueffer G, Hahn K (1998) Prospective evaluation of MR arthrography performed with high-volume intraarticular saline enhancement in patients with recurrent anterior dislocations of the shoulder. *AJR Am J Roentgenol* 170: 79–84
23. Zlatkin MB, Iannotti JP, Roberts MC, Esterhai JL, Dalinka MK, Kressel HY, Schwartz JS, Lenkinski RE (1989) Rotator cuff tears: diagnostic performance of MR imaging. *Radiology* 172: 223–229
24. Zanetti M, Gerber C, Hodler J (1998) Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 33: 163–170