Rotatoren- manschettenruptur

Läsionen oder Verletzungen der Rotatorenmanschette sind häufig. Je nach Ausmaß und Beteiligung der Sehnenanteile können die Klinik und die therapeutischen Konsequenzen sehr unterschiedlich sein. Für die Diagnostik haben moderne hoch auflösende Bilddarstellungen mit MRT und dynamische Untersuchungen mit Sonographie in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte und Sicherheit gebracht. Therapeutisch hat besonders die Arthroskopie mit minimalinvasiven Nahttechniken der Manschette den Trend zum aktiven Vorgehen verstärkt.

Anatomie

Die Manschette ist aus 4 Sehnen aufgebaut, von ventral nach dorsal mit den folgenden Muskeln:

- M. subscapularis
- M. supraspinatus
- M. infraspinatus
- M. teres minor

Zwischen dem Oberrand der Subskapularis- und der Supraspinatussehne befindet sich eine anterokraniale Lücke, das Rotatorenintervall. In enger Beziehung zum ventralen Anteil der Supraspinatussehne verläuft absteigend die lange Bizepssehne, die durch eine trichterförmige Führungsstruktur unter Einbeziehung des von medial einstrahlenden superioren glenohumeralen Bands verstärkt wird (Bizepssehnen-Pulley). Die sehnige Ansatzregion der Supra- und Infraspinatussehne nahe dem Tuberculum majus weist 2 anatomische Besonderheiten auf. So spannt sich ein bogenförmiges Verstärkungsband domartig quer zur Zugrichtung der Sehne von ventral nach dorsal aus. Distal dieses „Ro-

tatorenkabels“, wie treffend von Burkhart et al. [2] bezeichnet, spannen sich dünnere Sehnenanteile zum Ansatz am Tuberculum aus, vergleichbar den senkrechten Tragseilen einer Hängebrücke („suspension bridge“) (■ Abb. 1). Diese Formationen dürfen beim endoskopischen Blick von unten auf den Supraspinatussehnenansatz nicht mit gelenkseitigen Partialrupturen verwechselt werden.

Biomechanik

Funktionell wirken die einzelnen Muskeln der Manschette zusammen mit benachbarten Muskeln der Schulter sowohl statisch bei der Zentrierung des Humeruskopfs als auch dynamisch bei Bewegungen. So ist der M. subscapularis der stärkste Innendreher des Schultergelenks. Der M. supraspinatus bewirkt eine Haltefunktion mit Zentrierung des Humeruskopfs in der Pfanne und eine Schlüsselfunktion bei der Abduktion. Die Zentrierung lässt sich sehr leicht und eindrucksvoll mit sonographischer Untersuchung nachweisen, bei der eine isometrische Abduktion ein gut sichtbares Heruntertreten des Humeruskopfs in die Kavität des Glenoids bewirkt. Außenrotatorische Funktionen haben die Mm. infraspinatus und teres minor.

Die Reißfestigkeit der Supraspinatussehne im In-vitro-Versuch ermittelten Rickert et al. [14] für einen 65-Jährigen mit 900 N. Der Hauptanteil dieser Zugkräfte wurde vom stärker ausgeprägten ventralen Anteil der Sehne getragen, worauf 14 knöcherne Ausrisse in diesem Sehnenareal hindeuteten. Steifigkeit und Reißfestigkeit nahmen mit dem Alter kontinuierlich ab. Die Autoren schlussfolgerten, dass

Rupturen in diesem Alter nicht zwingend degenerativer Natur sein müssen.

Unfallmechanismen

Für Rotatorenmanschettenrupturen können ursächlich sein [11]:

- Exzentrische Belastung angespannter Anteile der Rotatorenmanschette, z. B. Sturz auf den abduzierten, an den Körper gedrückten Arm, wobei die Supraspinatussehne entgegen ihrer Zugrichtung belastet wird
- Abscheren des Sehnenansatzes von innen, z. B. bei Schulterluxation
- alle zu knöchernen Ausrissen des Tuberculum majus oder minus führenden Verletzungsmechanismen
- Abstürze, bei denen das ganze Körpergewicht in die Schulter fällt (z. B. Leitersturz mit Festhalten)
- Verwindungen des Arms, der in eine Maschine, z. B. Walze, gezogen wird

Mechanismen, die nicht für Rotatorenmanschettenläsionen verantwortlich zu

Abb. 1 ▲ „Rotatorenkabel“ und „suspension bridge“ nach Burkhart et al. [2, 3]

Abb. 2 ▲ Lift-off-Test zur Untersuchung der Subskapularissehne

Abb. 3 ▲ „drop arm sign“, schmerzhafte Untersuchung, bei der der Arm nicht horizontal gehalten werden kann, aus Hoppenstedt [7]

machen sind, sind nach Mehrtens et al. [12]:

- direkte Krafteinwirkung auf die Schulter (Sturz, Prellung, Schlag), Manschetenschutz durch Akromion und Deltamuskel
- fortgeleitete Krafteinwirkung bei seitlicher oder vorwärts geführter Armhaltung (Stauchung)
- aktive Tätigkeiten mit abrupten, aber planmäßiger Muskelkontraktion
- plötzliche Muskelanspannungen

Pathologisch-anatomisch kommt es bei Läsionen überwiegend zu Abrissen des Sehnenansatzes am Tuberculum majus bzw. minus oder ansatznahen Rissen der Sehnen. Die Supraspinatussehne steht bei der Rupturhäufigkeit im Vordergrund. Partialrupturen betreffen ebenfalls die ansatznahen Sehnenabschnitte und finden sich häufiger gelenkseitig als bursa-

seitig auf der Sehnenoberfläche. Die Sehne des M. subscapularis reißt im Fall von Partialläsionen oftmals im kranialen Anteil am Tuberculum minus ab und birgt eine weitere Läsionsgefahr für das Rotatorenintervall und die Aufhängung der langen Bizepssehne.

Diagnostik

Anamnese

Bei akuten Läsionen der Manschette verspüren die Patienten in der Regel ein plötzliches Schmerzereignis, das manchmal mit dem Gefühl „als wenn etwas gerissen sei“ kombiniert sein kann. Ein hörbares Geräuschphänomen ist eher ungewöhnlich. Überwiegend klingen die anfangs heftigen Schmerzen innerhalb von Tagen ab, um als Residuum bei Überkopfarbeiten und in der Nacht beim Liegen auf der Schulter wiederzukehren. Das Gefühl der Kraftlosigkeit schildern die Patienten nicht regelhaft. Fragen nach einem Reiben oder Knirschen beim Bewegen des Gelenks werden oft bejaht. Im Vordergrund steht für den Patienten immer der Schmerz, vorzugsweise bei Arbeiten über Kopf, und weniger eine rupturbedingte Kraftlosigkeit.

Bei allmählichen degenerativen Manschettenläsionen fehlt ein Akutereignis, und die Schmerzsymptomatik stellt sich über die Zeit, mitunter innerhalb von Jahren, oft gepaart mit subjektiver Kraftlosigkeit ein.

Klinik

Hier sind folgende Symptome, zumeist in Kombination, zu nennen:

1. Schmerz in Ruhe
2. Schmerz bei Bewegung, insbesondere beim Heben des Arms
3. Gefühl der Kraftlosigkeit beim Heben über die Horizontale hinaus
4. Reiben, Knirschen in der Schulter

Diagnostische Tests schließen ein:

- Beurteilung des Schulterreliefs im Seitenvergleich
- Suche nach einer Atrophie des M. supraspinatus

- Palpation mit unscharf umschriebenem Druckschmerz im Bereich des Tuberculum majus
- Aktive Bewegungsprüfungen für Flexion, Abduktion und Rotationen
- Achten auf Trickbewegungen beim Elevieren und Absenken des Arms
- Passive Bewegungsprüfung bei fixierter Skapula zum Erfassen von Abduktionsdefiziten bei längerem Bestehen einer Ruptur
- Prüfen der Kraftentfaltung gegen Widerstand aus der o-Stellung zur Differenzierung der lädierten Sehnenanteile
- Separate Tests für den Subskapularismus („lift off“, Napoleon-Test) (■ Abb. 2)
- Erfassen des „drop arm sign“ bei ausgedehnten Rupturen mit dem Bild einer Pseudoparalyse (■ Abb. 3)
- Procain-Test subakromial zur Bestätigung der subakromialen Pathologie

Bildgebung

Als Basisdiagnostik sind Röntgenbilder im a.-p. Strahlengang, als Supraspinatustunnelaufnahme („outlet view“) und als axiale Aufnahme aussagekräftig. Zu achten ist auf den akromiohumeralen Abstand (AHA), der sich bei ausgedehnten Läsionen verringert. Radiologische Zeichen einer Arthrose sind insbesondere bei längerer Anamnese möglich. Die unbehandelte Rotatorenmanschettenruptur mündet oft in einer Defekarthropathie, erkenntlich an einem Humeruskopfhochstand, einem aufgebrauchten AHA und Osteophyten sowie Sklerosierung im Glenohumeralgelenk und benachbarten Subakromialraum.

Ultraschalldiagnostik hat als Vorteile die Schnelligkeit der Bilderstellung, die dynamische Untersuchungsmöglichkeit und die geringen Kosten. Sie erfordert einen erfahrenen Untersucher und hat leider bei gelenkseitigen Partialrupturen der Manschette nur einen begrenzten Aussagegewert.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) mit Kontrastmittel liefert bei hohem Aufwand und hohen Kosten aussagekräftige Darstellungen des gesamten Gelenks. Partialrupturen oder Retraktionen der Rotatorenmanschette bei groß-

en älteren Rissen lassen sich gut erfassen (■ Abb. 4).

Klassifikation

Die endgültige Einteilung der Ruptur erfolgt unter der arthroskopischen Diagnostik in der Regel über das dorsalseitige Standard- und das laterale Portal. Eine ältere weit verbreitete Einteilung geht auf Ellman u. Gartsman [4] zurück. Sie berücksichtigt bei Partialrupturen die Lokalisation, ob gelenk- oder bursaseitig, und den Grad der Tiefenausdehnung des Risses. Die Einteilung der Komplettrupturen richtet sich nach der Zahl der beteiligten Sehnen (■ Tab. 1).

Im Zeitalter sich verbreitender arthroskopischer Rekonstruktionen der Manschette lieferten Lo u. Burkhart [10] eine Einteilung, die die Mobilität der Rupturänder und die Rekonstruierbarkeit mit arthroskopischen Techniken berücksichtigt. Sie unterschieden 4 Rissformen:

1. *Halbmondförmige Risse* sind wenig retrahiert und lassen sich einfach mobilisieren und nachfolgend am Tuberculum knöchern fixieren.
2. *L-förmige Risse* besitzen einen mobileren Schenkel und sind den halbmondförmigen Rissen ähnlich. Sie werden nach Anlegen einer Seit-zu-Seit-Naht knöchern refixiert.
3. *Bei U-förmigen Rissen* mit Retraktion nach medial ist wegen der begrenzten Mobilisierbarkeit eine direkte Refixation am Knochen unmöglich. Auch hier sind Seit-zu-Seit-Nähte erforderlich, mit dem Effekt, dass es zur Annäherung des Randes an das Tuberculum kommt und überwiegend eine Refixation möglich wird.
4. *Massive, kontrahierte, immobile Defekte* als chronische, weit retrahierte und nicht mobilisierbare Rupturen wurden von Burkhart et al. [3] separiert in massive, kontrahierte longitudinale sowie massive, kontrahierte halbmondförmige Risse. Für die Rekonstruktion ist eine Mobilisation mit Entlastungsschnitten im Rotatorenintervall oder zusätzlich zwischen den Supra- und Infraspinatussehnen („interval slide“ [16]) erforderlich. Zunächst wird der mobilere Sehnenan-

Tab. 1 Einteilung der Rotatorenmanschettendefekte

Partial	I	<3 mm gelenk-(A) oder bursaseitig (B)
	II	Bis zu einer Tiefe von 6 mm oder maximal der Hälfte der Manschettenstärke
	III	Größer als die Hälfte der Manschettenstärke
Total	I	Supraspinatussehne
	II	Supra- und partiell Infraspinatussehne
	III	3 Sehnen, Supra- und Infraspinatus-, Subskapularissehne
	IV	Defektarthropathie

Nach Ellman u. Gartsman [4]

teil knöchern refixiert, es folgen Seit-zu-Seit-Nähte.

Diese Einteilung der Manschettenläsionen, die sich auf das operative Vorgehen bezieht, kann auch für alle offenen Rekonstruktionen genutzt werden.

Operative Manschettenrekonstruktion

Über lange Zeit galt als operatives Ziel der Manschettenrekonstruktion der wasserdichte Verschluss. Neu ist der Begriff des funktionellen Risses nach Burkhart et al. [3], bei dem das „Rotatorenkabel“ steht, aber die „suspension bridge“ eine Läsion aufweist (■ Abb. 5). Rekonstruktionen, die den wasserdichten Verschluss nicht erzielen konnten, weisen deshalb trotzdem gute Ergebnisse auf [6].

Unabhängig davon, ob die Rekonstruktion arthroskopisch oder offen ausgeführt wird, ist eine diagnostische Arthroskopie zur Erfassung von Begleitverletzungen und zur Rupturklassifikation angezeigt. Eine Akromioplastik sollte ausgeführt werden. Zusätzlich ist auf eine Enge zwischen Korakoid und Subskapularis zu achten. Bei einem subkorakoidalen Impingement mit weniger als 6 mm Platz zwischen den Strukturen sind ein Débridement und weiterführend eine Abrasion am Processus coracoideus sinnvoll [1].

Voraussetzungen zur endoskopischen Rekonstruktion sind Erfahrung mit arthroskopischen Eingriffen, insbesondere der Umgang mit Fadenankern, der Fadenführung und der Knotentechnik.

Trauma Berufskrankh 2006 · 8[Suppl 3]: S253–S257
DOI 10.1007/s10039-006-1142-y
© Springer Medizin Verlag 2006

M. Witt

Rotatorenmanschettenruptur

Zusammenfassung

Die häufige Verletzung oder Läsion der Rotatorenmanschette stellt im Zeitalter hoch auflösender MRT- und Sonographiegeräte kaum noch ein diagnostisches Problem dar. Deutlich ist der Trend zum aktiven Vorgehen mit Rekonstruktion der Sehnenplatte. In den letzten Jahren hat eine rasante Entwicklung zu minimalarthroskopischen Operationstechniken stattgefunden. Arthroskopische Versorgungen galten anfangs bei größeren Rissen noch als unpraktikabel. Durch neue Erkenntnisse zum Aufbau der Manschette und Mobilisations- und Nahttechniken ohne zwingenden wasserdichten Verschluss können heute nahezu alle Rupturformen endoskopisch angegangen werden, vorausgesetzt die anspruchsvollen Techniken werden beherrscht. Parallel haben aber auch die Operationen in Mini-open-Technik weiterhin ihre Berechtigung.

Schlüsselwörter

Rotatorenmanschettenläsion · Rekonstruktion der Sehnenplatte · Minimalarthroskopische Operation · Nahttechnik · Mini-open-Technik

Rotator cuff tears

Abstract

In this age of high-resolution MRI and ultrasound, diagnosis of the frequently encountered injuries and lesions of the rotator cuff is no longer a problem. There is a clear trend toward active treatment with reconstruction of the cuff. In recent years there has been a rapid development in the direction of minimally invasive of arthroscopic operations. Arthroscopic techniques were initially thought to be impracticable in the case of large tears. New thinking on the structure of the rotator cuff and new techniques for mobilization and for suturing without complete closure now make it possible to correct virtually all forms of rotator cuff tears endoscopically, providing these challenging techniques are well mastered. In parallel with this, however, there is still a place for mini open operations.

Keywords

Rotator cuff tear · Reconstruction of aponeurosis · Minimally invasive arthroscopic operation · Suture technique · Mini open surgical technique

Abb. 4 ▲ Röntgenbild a.-p. mit gut erhaltenem AHA, normales Sonogramm in 2 Ebenen, MRT mit deutlich sichtbarer ansatz-naher Supraspinatussehnenruptur

Abb. 5 ▲ Funktioneller Riss der Supraspinatussehne links, „Rotatorenkabel“ intakt

Abb. 6 ▲ Mason-Allen-Naht in der Supraspinatussehne

Das allgemeine operative Vorgehen nach Exploration schließt ein:

- Anfrischen des Tuberculum majus ohne Läsion der kortikalen Deckschicht,
- Legen von Halte- und Kletterfäden an den Manschettenstümpfen,
- Sehnenmobilisation, bei Bedarf mit Entlastungsschnitten, und
- knöcherne Refixation am Tuberculum, ggf. mit vorherigen Seit-zu-Seit-Nähten.

Beim offenen Vorgehen ist das Legen von Mason-Allen-Nähten mit erhöhter Ausreißfestigkeit im Sehnenmaterial von Vorteil (■ **Abb. 6**).

Die arthroskopischen Nahttechniken sind technisch anspruchsvolle Eingriffe. Eine wesentliche Bedeutung hat die Platzierung der zumeist 4 oder 5 Portale, um die Mobilisation der Sehnen und das Legen der Nähte auszuführen. Einer der übersichtlichsten Schritte ist die Anfrischung des ehemaligen Sehnenansatzes am Tuberculum majus mit einem Fräser. Dabei darf aus Gründen der Haltbarkeit

für die Nahtanker die Kortikalis nicht abgetragen werden. Seit-zu-Seit-Nähte sind zuerst medial und nachfolgend weiter lateral zu legen, um eine Deckung des Humerkapfs und eine Annäherung des Sehnenstumpfs an das Tuberculum zu ermöglichen. So wie sich fadenarmierte Nahtanker mit Gewinde oder zum Einpressen schon seit Jahren bei den offenen Techniken durchgesetzt haben, bieten diese auch bioresorbierbaren Implantate eine gute Fixationsmöglichkeit. Über ein superolaterales Portal lassen sie sich für Versorgungen der Supraspinatussehnen gut kontrollierbar bis zur erforderlichen Tiefe im Knochen einbringen. Um eine möglichst flächige Refixation der Sehnen am Footprint des Tuberculum zu erzielen, wurde vor kurzem von Lo u. Burkhart [9] eine Ankerplatzierung in einer proximalen und zusätzlich in einer distalen Reihe entwickelt („double row“). Diese implantatintensive Vorgehensweise bietet eine hohe Ausreißfestigkeit [13]. Die Handhabung der Fäden für die knöcherne Refixation sollte über den Weg des Ausparkens von Fäden außerhalb des jeweiligen Ar-

beitsportals aus Übersichtlichkeitsgründen erfolgen. Neuartige spezielle Nahtzangen sind eine große Hilfe, um U-förmige Nähte zu legen (■ **Abb. 7**).

Als weitere wertvolle Handwerkzeuge haben sich Fadentransportsysteme, z. B. in Lassoform, und penetrierende Instrumente, wie sie aus dem Bereich der arthroskopischen Schulterstabilisierung bekannt sind, erwiesen. Gibt es unter der arthroskopischen Rekonstruktion Zweifel an der Stabilität der Versorgung, hält es der Verfasser für legitim, mit einer Mini-open-Technik die Festigkeit der Manschettennaht zu prüfen. Das gilt besonders für die Zeit, in der sich der Operateur noch nicht ausreichend sicher im Umgang mit den arthroskopischen Nahttechniken fühlt. Bei Partialrupturen gelten Sehnenablösungen von mehr als 50% von der Sehnenansatzfläche am Knochen als signifikant und damit als versorgungswürdig [15].

Beide Operationsverfahren, d. h. offen und arthroskopisch, haben ihre klinische Effektivität gleichermaßen auch in großen Studie unter Beweis gestellt [5, 8]. Lediglich Palliativmaßnahmen sind bei nicht rekonstruierbaren großen Defekten die alleinige Akromioplastik und oder die Tenodese/Tenotomie der langen Bizepssehne, wie sie in Frankreich häufig angewendet wird [17].

Postoperative Behandlung

Ziel der chirurgischen Rekonstruktion ist eine möglichst spannungsfreie Naht, so dass den mobilisierenden Techniken bei der Operation erhebliche Bedeutung zu-

Abb. 7 ▲ Legen von U-Nähten mit Nahtzange

kommt. Die Sehnenrekonstruktion benötigt 6–8 Wochen für die Heilung. Die Lagerung des Armes für 3 Wochen in einer Schlinge oder auf einem kleinen Kissen mit geringer Abduktion in annähernder Neutralrotation hat sich bewährt. Das krankengymnastische Programm kann stufenweise gesteigert werden, mit anfänglichen passiven Übungen für 3 Wochen bis zur Horizontalen und danach assistierten Übungen für die restliche Zeit ohne Limitation für den Bewegungsausschlag. Nach 6 Wochen sind auch aktive Übungen möglich. Ab der 9. postoperativen Woche können Bewegungen gegen Widerstand ausgeführt werden. Ein Koordinationstraining im Intervall rundet die muskuläre Rehabilitation ab.

Fazit

Läsionen der Rotatorenmanschette sind häufige Ereignisse, die wegen des sehr unterschiedlichen Ausmaßes der Sehnenrupturen ein vielgestaltiges klinisches Bild haben können. Mit der Magnetresonanztomographie und der Sonographie sind zuverlässige Instrumente zur Diagnosesicherung verfügbar. Die operative Rekonstruktion sollte so rasch wie möglich erfolgen, um Retraktionen der Sehnenstümpfe vorzuzukommen. Bei Patienten mit geringem Anspruch und immobilen retrahierten Defekten bleiben als Palliativeingriffe Akromioplastik und Bizepsstenodese. Die offene Technik als Mini-open-Zugang ist derzeit noch die Standardmethode. Zunehmend wird sich aber das arthroskopische Vorgehen durchsetzen, das technisch anspruchsvoll, aber genauso leistungsfähig ist wie das offene Verfahren. Hier hat die jüngste Entwicklung von

mehreren sehr hilfreichen Instrumenten und Implantaten die endoskopische Operationstechnik rasant vorangetrieben. Der wasserdichte Verschluss der Manschette ist anzustreben, aber kein Dogma. Jüngste Refixationstechniken mit breitflächiger Adaptation („double row“) sind viel versprechend, aber in ihrer klinischen Überlegenheit noch nicht gesichert.

Korrespondierender Autor

PD Dr. M. Witt

Abteilung Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Klinik und Poliklinik für Chirurgie, Universität, Schillingallee 35, 18057 Rostock
mathias.witt@med.uni-rostock.de

Interessenkonflikt. Keine Angaben

Literatur

1. Bauer GJ, Kniessel B (2005) Die arthroskopische Rotatorenmanschettenrekonstruktion. Unfallchirurg Epub ahead of print 30.8.2005
2. Burkhart SS, Esch JC, Jolson RS (1993) The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's „suspension bridge“. Arthroscopy 9: 611–616
3. Burkhart SS, Nottage W, Ogilvie-Harris DJ et al. (1994) Partial repair of irreparable rotator cuff tears. Arthroscopy 10: 363–370
4. Ellman H, Gartsman GM (1993) Arthroscopic shoulder surgery and related procedures. Lea & Febiger, Philadelphia
5. Flurin PH, Landreau P, Gregory T et al. (2005) Arthroscopic repair of full-thickness cuff tears: a multicentric retrospective study of 576 cases with anatomical assessment. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 91/S8: 31–42
6. Galatz L, Ball C, Teefey S et al. (2004) The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. J Bone Joint Surg Am 86: 219–224
7. Hoppenstedt S (1983) Klinische Untersuchung der Wirbelsäule und der Extremitäten. Volk & Gesundheit, Berlin
8. Kim SH, Ha KI, Park JH et al. (2003) Arthroscopic versus mini-open salvage repair of the rotator cuff tear: outcome analysis at 2 to 6 years' follow-up. Arthroscopy 19: 746–754
9. Lo IKY, Burkhart SS (2002) Double-row arthroscopic rotator cuff repair: re-establishing the footprint of the rotator cuff. Arthroscopy 19: 1035–1042
10. Lo IKY, Burkhart SS (2003) Current concepts in arthroscopic rotator cuff repair. Am J Sports Med 31: 308–324
11. Loew M, Habermeyer P, Wiedemann E et al. (2000) Recommendations for diagnosis and expert assessment of traumatic rotator cuff lesions. Unfallchirurg 103: 417–426
12. Mehrtens G, Valentin H, Schönberger A (2003) Arbeitsunfall und Berufskrankheit, 7. Aufl. Schmidt, Berlin
13. Millett PJ, Mazzocca A, Guanche CA (2004) Mattress double anchor footprint repair: a novel, arthroscopic rotator cuff repair technique. Arthroscopy 20: 875–879
14. Rickert M, Georgousis H, Witzel U (1998) The native tensile strength of the supraspinatus tendon. A biomechanical study. Unfallchirurg 101: 265–270
15. Ruotolo C, Fow JE, Nottage WM (2004) The supraspinatus footprint: an anatomic study of the supraspinatus insertion. Arthroscopy 20: 246–249
16. Tauro JC (1999) Arthroscopic interval slide in the repair of large rotator cuff tears. Arthroscopy 15: 45–51
17. Walch G, Edwards TB, Boulahia A et al. (2005) Arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps in the treatment of rotator cuff tears: clinical and radiographic results of 307 cases. J Shoulder Elbow Surg 14: 238–246