

Lesions of the biceps pulley as cause of anterosuperior impingement of the shoulder in the athlete: potentials and limits of MR arthrography compared with arthroscopy

Lesioni della puleggia bicipitale come causa di impingement antero-superiore di spalla nello sportivo: potenzialità e limiti dell'artro-RM e confronto artroscopico

A. Barile¹ • G. Lanni¹ • L. Conti¹ • S. Mariani¹ • V. Calvisi² • A. Castagna³ • F. Rossi¹
C. Masciocchi¹

¹Dipartimento di Radiodiagnostica, Università degli Studi di L'Aquila, Ospedale S. Salvatore di Coppito, 67100 L'Aquila, Italy

²Cattedra di Ortopedia, Università di L'Aquila, L'Aquila, Italy

³Chirurgia della Spalla, Istituto Humanitas, Milano, Italy

Correspondence to: A. Barile, Tel.: +39-0862-414258, Fax: +39-0862-311277, e-mail: abarile63@me.com

Received: 29 July 2011 / Accepted: 30 September 2011 / Published online: 28 June 2012

© Springer-Verlag 2012

Abstract

Purpose. This study aimed to evaluate the diagnostic possibilities of MR arthrography in the correct identification of complex tears of the biceps pulley and their possible correlation with anterosuperior impingement (ASI) development.

Materials and methods. MR arthrography examinations of 23 athletes with clinical suspicion of ASI were reviewed. All examinations were obtained with a 1.5-T unit (Signa Horizon, GE Healthcare). The shoulders were studied with a dedicated surface coil with the patient's arm in the neutral position and in internal and external rotation. In five patients, images in abduction–external rotation (ABER) were obtained. Within 2 month after MR arthrography, the athletes underwent arthroscopic surgery.

Results. MR arthrography images showed a spectrum of tears that, according to the Habermeyer classification, were subdivided into four groups: type 1 in three patients; type 2 in five; type 3 in seven; type 4 in eight. At arthroscopic evaluation, one patient presented type 1 lesion, five type 2, five type 3 and ten type 4. During arthroscopic dynamic manoeuvres, ASI signs were observed in three patients with type 3 lesion and in ten with type 4 lesion.

Conclusions. MR arthrography is the imaging modality of choice for evaluating lesions of the rotator interval structures, and only complex lesions of the biceps pulley are related to the development of ASI.

Riassunto

Obiettivi. Scopo del presente lavoro è la valutazione delle potenzialità dell'artro-risonanza magnetica (RM) nell'identificazione di lesioni complesse della puleggia bicipitale e correlazione con lo sviluppo di impingement antero-superiore (IAS).

Materiali e metodi. Sono stati revisionati gli esami artro-RM di 23 atleti con il sospetto clinico di IAS. L'esame è stato eseguito con magnete 1,5 tesla; la spalla è stata studiata con bobina dedicata con arto in condizioni basali ed in intra-extrarotazione. In 5 casi sono state effettuate acquisizioni in abduzione ed extrarotazione (ABER). Gli atleti sono stati sottoposti ad artroscopia entro i due mesi successivi.

Risultati. Sulla base dei reperti RM sono stati individuati 4 pattern lesionali principali secondo Habermeyer. All'esame artro-RM sono state riscontrate 3 lesioni di tipo 1, 5 lesioni di tipo 2, 7 lesioni di tipo 3 e 8 lesioni di tipo 4. L'artroscopia ha confermato una lesione di tipo 1, 5 lesioni di tipo 2, 5 lesioni di tipo 3 e 10 lesioni di tipo 4. Alle manovre dinamiche artroscopiche 3 lesioni di tipo 3 e 10 lesioni di tipo 4 presentavano segni compatibili con IAS.

Conclusioni. L'artro-RM è risultata essere una metodica estremamente valida per la diagnosi delle lesioni dell'intervallo dei rotatori; sulla base della nostra esperienza, soltanto le lesioni complesse della puleggia bicipitale, sono correlate allo sviluppo di IAS.

Keywords MRI · Arthro-MRI · Shoulder internal impingement · Anterosuperior impingement · Shoulder

Parole chiave Risonanza magnetica · Arthro-RM · Impingement interno di spalla · Impingement antero-superiore · Spalla

Introduction

Anterosuperior impingement (ASI) of the shoulder is described as a form of internal conflict [1–3] among the tendinous components of the anterior part of the rotator cuff and the humeral head, and the superoanterior labrum and the glenoid cilium [4]. First described by Gerber and Sebesta [5], ASI is responsible for chronic anterior pain, which is exacerbated by the so-called “follow-through” movements, common in some sports activities such as tennis and baseball [4]. Although contact between the mentioned anatomical structures is physiological, in the athlete, the repetition of flexion and internal rotation movements of the arm can cause an anatomical lesion at the site of impingement, leading to clinical dysfunction and reduced sporting performance. This situation needs both early diagnosis and surgical treatment. Although ASI may involve many structures simultaneously [4–7], the most frequently involved is the space within the rotator interval called the biceps pulley [8–11]. Several scientific studies have demonstrated the diagnostic usefulness of ultrasound (US), magnetic resonance (MR) imaging and, in particular, MR arthrography for evaluating disorders affecting this complex anatomical area [10, 12, 13].

The purpose of our study was to evaluate the diagnostic possibilities of MR arthrography for correctly identifying complex tears of the biceps pulley and their possible correlation with ASI development.

Materials and methods

After providing informed consent, 23 patients (20 men and three women; age range, 18–35) who underwent MR arthrography of the shoulder between February 2008 and February 2011 were recruited in this retrospective study. Of these, 12 were professional athletes (2 baseball and 7 tennis players, 2 track and field athletes, 1 swimmer), and 11 were amateurs (9 tennis players, 2 swimmers). Athletes with a history of even minor trauma of the shoulder were not included in the study. All patients with a clinical suspicion of defect in the intra-articular complex of stabilisation of the long head of the biceps tendon (LHBT) underwent MR arthrography. Patients were positive for palm-up, O'Brien and Hawkins tests [1–7]. All MR arthrography examinations were obtained with a 1.5-T unit (Signa Horizon, GE Healthcare). The shoulders were studied with a dedicated

Introduzione

L'impingement antero-superiore (IAS) di spalla è una forma di conflitto interno [1–3] che si instaura fra le componenti tendinee della porzione anteriore della cuffia dei rotatori, la testa omerale, il labbro sopraequatoriale anteriore ed il ciglio glenoideo [4]. L'IAS, descritto per la prima volta da Gerber e Sebesta [5], dà vita ad un vero e proprio quadro sindromico caratterizzato da una sintomatologia dolorosa cronica anteriore esacerbata dai cosiddetti movimenti di follow-through, tipici di alcuni sport tra cui il tennis ed il baseball [4]. Sebbene il contatto tra le strutture anatomiche sopramenzionate sia fisiologico, nello sportivo, l'esecuzione reiterata dei movimenti di flessione ed intrarotazione del braccio può determinare un danno anatomico nel sito di impingement ed una conseguente sindrome clinico-disfunzionale con riduzione della performance sportiva. Tale situazione necessita di una diagnosi precoce e di un trattamento chirurgico mirato. Sebbene le lesioni osservate in caso di IAS possano coinvolgere simultaneamente varie strutture [4–7], il reperto patologico più frequente è costituito da un danno di un'area precisa dell'intervallo dei rotatori definita puleggia bicipitale [8–11]. Numerosi studi scientifici hanno dimostrato la valenza diagnostica dell'ecografia e soprattutto della risonanza magnetica (RM) e dell'artro-RM nella valutazione delle patologie di questa complessa area anatomica [10, 12, 13].

Lo scopo del nostro lavoro è stato quello di valutare le potenzialità diagnostiche dell'artro-RM nella corretta identificazione di lesioni complesse della puleggia bicipitale e la loro eventuale correlazione con lo sviluppo di IAS.

Materiali e metodi

Previo consenso informato, sono stati inclusi nello studio retrospettivo 23 pazienti dediti ad attività sportiva, di età compresa tra 18 e 35 anni (20 maschi e 3 femmine) che nel periodo compreso tra febbraio 2008 e febbraio 2011 sono stati sottoposti ad esame artro-RM di spalla; di questi 12 praticavano attività sportiva di tipo professionistico (2 baseball, 7 tennis, 2 atletica, 1 nuoto) ed 11 praticavano attività sportiva dilettantistica (9 tennis, 2 nuoto). Non sono stati inclusi nello studio atleti che riferivano in anamnesi eventi traumatici lussativi o altri tipi di trauma di spalla, anche minori. Tutti i pazienti sono stati sottoposti ad esame artro-RM con sospetto clinico di patologia del sistema di

surface coil, with the arm in neutral position and in internal and external rotation.

Acquisitions in internal and external rotation, aimed at evaluating the LHBT, were obtained in the axial planes. In 5 patients, additional images in abduction–external rotation (ABER) were obtained. Patients underwent MR arthrography after intra-articular injection of 13–18 cc of 0.0025 M gadolinium. The protocol was based on proton-density (PD)-weighted sequences, with or without fat suppression [time to echo (TE), 13.5 ms; time to repetition (TR), 1,800 ms] and T1-weighted (TE=25 ms; TR=350 ms) spin-echo (SE) sequences obtained in the three planes (axial, oblique sagittal and oblique coronal). The axial plane was obtained with acquisitions orientated perpendicularly to the glenohumeral joint; the oblique sagittal plane was obtained parallel to the contour of the humeral glena and the oblique coronal plane was obtained parallel to the scapular spine. Field of view was 16–18 cm, matrix 256×256 and number of excitations 2. Section thickness was 4 mm with an intersection gap of 0.4 mm. Images were independently evaluated by two musculoskeletal radiologists (A.B. and G.L.), with 20 and 4 years' experience, respectively. Problematic cases (n = 3) were discussed.

From 7 to 45 days after MR arthrography examinations, all patients underwent arthroscopic surgery, during which the surgeon evaluated the possible presence of a conflict between the subscapularis tendon and the humeral greater tubercle against the superoanterior glenoid labrum during flexion, horizontal abduction and internal rotation movements.

Results

In the diagnostic MR arthrography evaluation, a high level of interobserver agreement was obtained [weighted kappa, 0.883; 95% confidence interval (CI) 0.758–1,000]. Arthroscopic and MR arthrography findings were subsequently compared using the Habermeyer classification [7] – the most quoted in the literature [12] and the most easily reproducible in MR arthrography – using as a reference images obtained in the oblique sagittal planes (Fig. 1). Images showed a spectrum of tears involving the pulley-cuff complex and were subdivided into four groups according to the Habermeyer classification (Table 1): type 1, lesions of the superior glenohumeral ligament (SGHL) in 3 patients (Fig. 2); type 2, lesions of the SGHL associated with injury of the supraspinatus tendon (SSP) in 5 patients (Fig. 3); type 3, lesions of the SGHL associated with injury of the subscapularis tendon (SSC) in 7 patients (Fig. 4); type 4, lesions of the SGHL associated with the SSP and the SSC in 8 patients (Fig. 5). There were no tears involving either the coracohumeral ligament (CHL) or the poste-

stabilizzazione intrarticolare del tendine del capolungo del bicipite (CLB). I pazienti mostravano tutti positività per il Palm-up test, O'Brien test e Hawkins test [1–7]. Tutti gli esami arthro-RM sono stati eseguiti con magnete superconduttivo operante a 1,5 Tesla (Signa Horizon, GE Healthcare, USA). La spalla è stata studiata con bobina dedicata ad arto superiore in posizione neutra, ad arto intraruotato ed ad arto extraruotato.

Le acquisizioni in intra- ed extrarotazione, mirate alla valutazione del CLB, sono state eseguite secondo un piano di scansione assiale. In 5 pazienti sono state eseguite scansioni aggiuntive in abduzione-extrarotazione (ABER). I pazienti sono stati sottoposti ad esame arthro-RM previa iniezione intrarticolare di 13–18 cc di acido gadoterico 0,0025 M. Il protocollo arthro-RM prevedeva l'utilizzo di sequenze pesate in densità protonica (DP) senza e con soppressione del segnale del tessuto adiposo [tempo di eco (TE)=13,5 ms; tempo di ripetizione (TR)=1800 ms] e sequenze spin-echo (SE) T1-pesate (TE=20 ms; TR=400 ms), eseguite sui tre piani di scansione (assiale, sagittale obliquo e coronale obliquo). Il piano assiale è stato ottenuto con pacchetto di acquisizione orientato perpendicolarmente all'articolazione gleno-omerale, il piano sagittale obliquo è stato ottenuto con pacchetto di acquisizione orientato parallelamente al profilo della glena omerale ed il piano coronale obliquo è stato ottenuto con pacchetto di acquisizione orientato parallelamente alla spina scapolare. Il campo di vista (FOV) è stato di 16–18 cm, la matrice 256×256 ed il numero di eccitazioni pari a 2. Lo spessore di strato è stato di 4 mm con un gap di 0,4 mm. Le immagini arthro-RM sono state valutate separatamente da parte di due radiologi esperti in patologia muscoloscheletrica (A.B. e G.L.), uno con esperienza ventennale e l'altro con esperienza quadriennale. I casi dubbi (in numero di 3) sono stati quindi rivalutati congiuntamente per ottenere un consenso.

Tutti i pazienti in un periodo compreso tra i 7 ed i 45 giorni successivi all'esame arthro-RM sono stati sottoposti ad intervento chirurgico per via artroscopica. In tale sede è stata valutata l'eventuale presenza di un conflitto tra il sottoscapolare ed il trochine omerale contro il ciglio glenoideo sopraequatoriale anteriore nei movimenti di flessione, adduzione orizzontale ed intrarotazione.

Risultati

Nella valutazione diagnostica arthro-RM si è ottenuta una elevata concordanza interoperatore [kappa pesato=0,883; 95% intervallo di confidenza (CI) da 0,758 a 1000]. I reperti artroscopici sono stati quindi valutati comparativamente con la diagnosi proposta all'esame arthro-RM. Tale valutazione è stata effettuata utilizzando come riferimento il sistema classificativo di Habermeyer et al. [7], essendo tra più

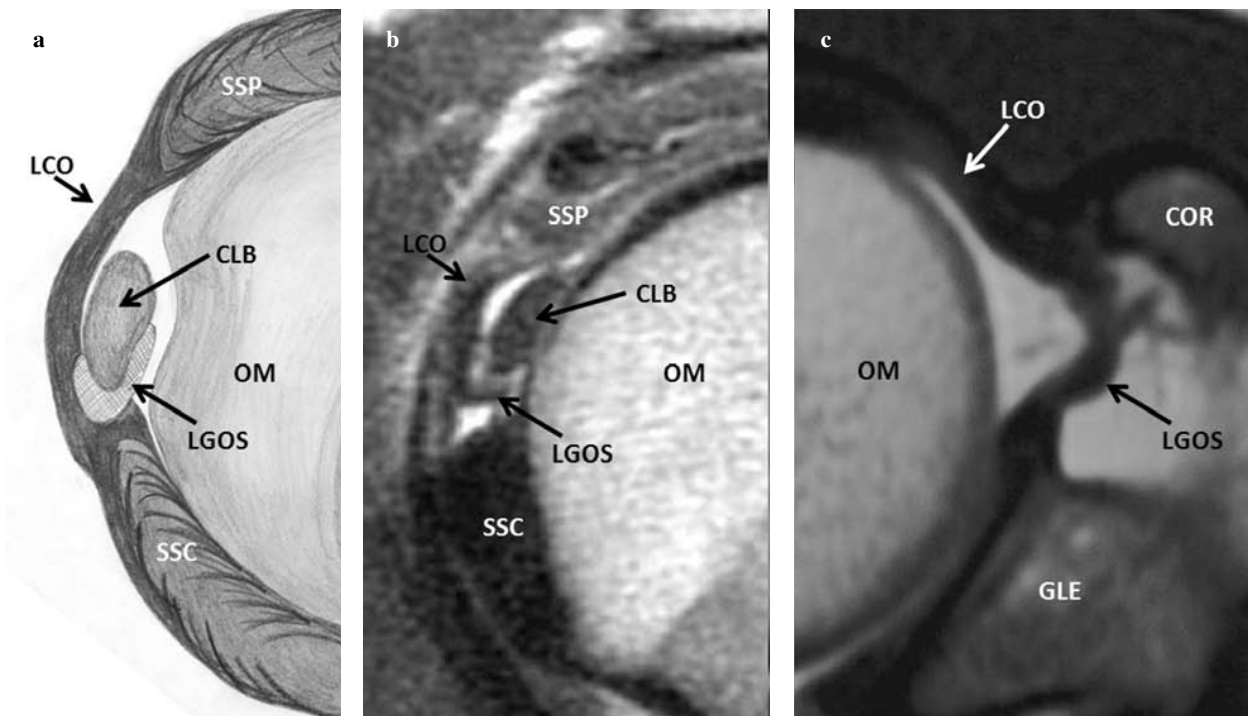


Fig. 1a-c Anatomy of rotator interval and biceps pulley. Schematic representation (adapted from [7]) (a); MR arthrography, oblique sagittal SE T1-weighted image (b); MR arthrography axial SE T1-weighted image (c). *GLE*, glenoid; *COR*, coracoid process; *OM*, humeral head; *SSP*, supraspinatus tendon and muscle; *SSC*, subscapularis tendon; *CLB*, long-head biceps tendon; *LGOS*, superior glenohumeral ligament; *LCO*, coracohumeral ligament.

Fig. 1a-c Anatomia dell'intervallo dei rotatori e della puleggia bicipitale. **a** Schema (adattato da [7]); **b** immagine arthro-RM sagittale obliqua SE T1-pesata; **c** immagine arthro-RM assiale SE T1-pesata. *GLE*, glenoide; *COR*, processo coracoideo; *OM*, testa omerale; *SSP*, tendine e muscolo soprascapolare; *SSC*, tendine sottoscapolare; *CLB*, tendine del capolungo del bicipite; *LGOS*, legamento gleno-omerale superiore; *LCO*, legamento coraco-omerale.

Table 1 Habermeyer's classification of pulley lesions

Type 1	SGHL lesion
Type 2	SGHL lesion associated with SSP lesion
Type 3	SGHL lesion associated with SSC lesion
Type 4	SGHL lesion associated with SSP and SSC lesions

SGHL, superior glenohumeral ligament; *SSP*, supraspinatus tendon; *SSC*, subscapularis tendon

Tabella 1 Pattern lesionali del complesso puleggia-cuffia dei rotatori secondo Habermeyer

Tipo 1	Lesione isolata del LGOS
Tipo 2	Lesione associata di LGOS e SSP
Tipo 3	Lesione associata di LGOS e SSC
Tipo 4	Lesione associata di LGOS, SSP e SSC

LGOS, legamento gleno-omerale superiore; *SSP*, tendine soprascapolare; *SSC*, tendine sottoscapolare

rior cuff, and there were no conditions of normal anatomy.

At arthroscopic evaluation, one patient had type 1 lesion, five type 2, five type 3 and ten type 4; absence of tendon–ligament defects was observed in two patients. Arthroscopy showed irregularity of the anterosuperior labrum in the ten

citati in letteratura [12] ed essendo il più facilmente riproducibile in arthro-RM, utilizzando come riferimento immagini ottenute secondo un piano di scansione sagittale obliqua (Fig. 1). Alla valutazione delle immagini arthro-RM è stato identificato uno spettro di lesioni del complesso puleggia-cuffia, suddiviso in 4 pattern lesionali principali secondo la classificazione di Habermeyer (Tabella 1): tipo 1, lesione isolata del legamento gleno-omerale superiore (LGOS) in 3 pazienti (Fig. 2); tipo 2, lesione associata del LGOS e del tendine soprascapolare (SSP) in 5 pazienti (Fig. 3); tipo 3, lesione associata del LGOS e del tendine del sottoscapolare (SSC) in 7 pazienti (Fig. 4); tipo 4, lesione associata del LGOS, del SSP e del SSC in 8 pazienti (Fig. 5). Non sono stati osservati aspetti riferibili a lesione del legamento coraco-omerale (LCO) e della cuffia posteriore né condizioni di normalità anatomica.

Alla valutazione arthroscopica 1 paziente presentava lesione di tipo 1, 5 pazienti presentavano lesione di tipo 2, 5 pazienti lesione di tipo 3 e 10 pazienti lesione di tipo 4; 2 pazienti non mostravano alterazioni tendo-legamentose di rilievo. Alle manovre dinamiche eseguite durante l'arthroscopia, segni di IAS sono stati riscontrati in 3 pazienti con lesione di tipo 3 ed in 10 pazienti con lesione di tipo 4. Tali risultati sono riassunti in Tabella 2.

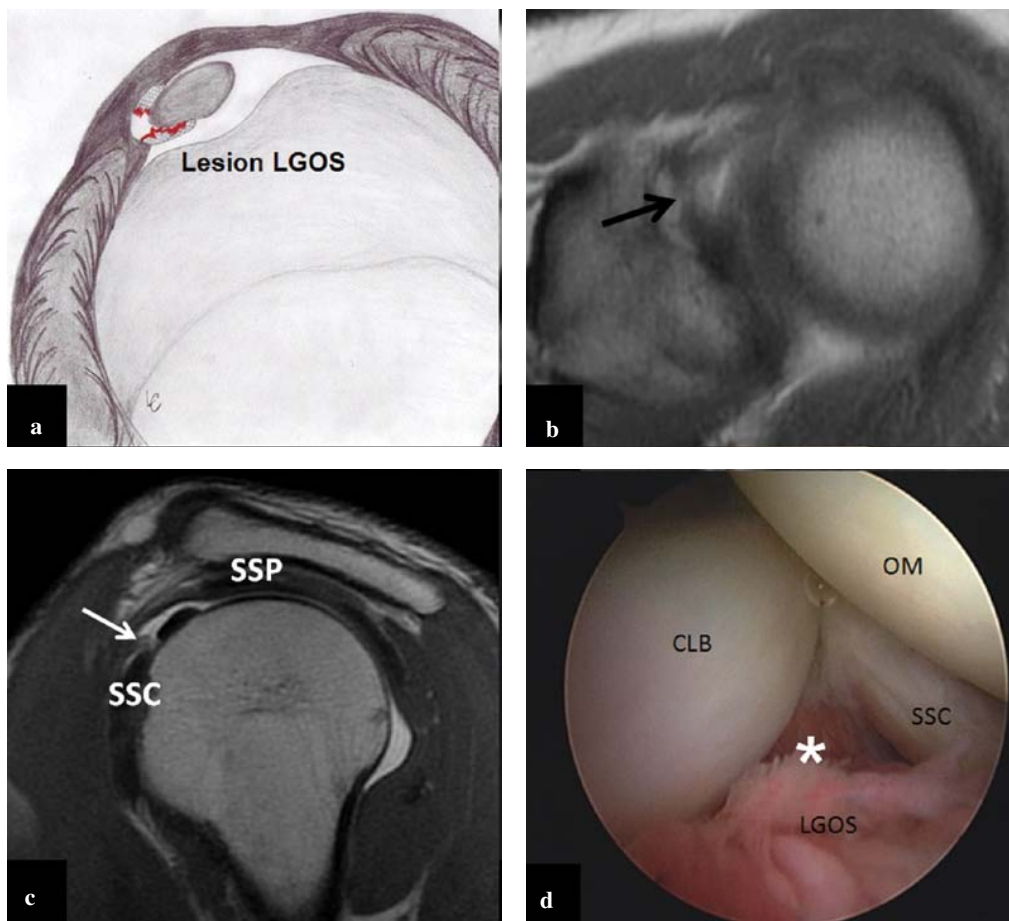


Fig. 2a-d Type 1 lesion (adapted from [7]) (a); MR arthrography oblique sagittal (b) and axial (c) PD-weighted images show an inhomogeneous and unstretched superior glenohumeral ligament (SGHL) (arrows). Arthroscopy (d) confirms isolated SGHL tear (*); SGHL appears hyperaemic and inhomogeneous.

Fig. 2a-d Lesione di tipo 1. **a** Rappresentazione schematica di lesione di tipo 1 (adattato da [7]). Le immagini arthro-RM DP-pesate eseguite secondo un piano di scansione sagittale obliquo (b) ed assiale (c) mostrano un LGOS sfrangiato e deteso (freccie). L'immagine artroscopica (d) conferma la lesione isolata del LGOS (*) che appare iperemico e sfrangiato.

patients with type 4 lesion and in 4/5 patients with type 3 lesion. During arthroscopic dynamic manoeuvres, ASI signs were observed in three patients with type 3 lesion and in ten with type 4 lesions. These results are summarised in Table 2.

Discussion

ASI is a recently described and identified “nonoutlet” impingement [1–3] and a possible cause of a chronic anterior shoulder pain [1, 4–6]. The conflicting anatomical structures are many, including the humeral labrum and humeral greater tubercle, but there is constant involvement of the external components of the rotator interval, which form the biceps pulley. The rotator interval is an anatomical space traversed by the LHBT from its origin in the humeral groove up to its insertion on the superior tubercle of the scapula [8,

Discussione

L'IAS è una forma di non-outlet impingement [1–3] di relativamente recente descrizione ed identificazione, possibile causa di una sintomatologia dolorosa anteriore cronica di spalla [1, 4–6]. Le strutture anatomiche che entrano in conflitto possono essere diverse, ivi comprese labbro e trochine omerale, ma con un interessamento pressoché costante delle componenti esterne dell'intervallo dei rotatori che costituiscono la puleggia bicipitale. L'intervallo dei rotatori è uno spazio anatomico attraversato dal CLB dalla sua emergenza a livello della doccia omerale fino alla sua inserzione sul tubercolo sovraglenoideo della scapola [8, 10–14]. Pertanto il CLB, nel suo tratto orizzontale, attraversa un tunnel le cui pareti sono costituite dal tendine sottoscapolare anteriormente e dal tendine soprascapolare posteriormente mentre il suo pavimento ed il suo tetto sono costituiti rispettivamente dal LGOS e dal LCO [8, 15–17].

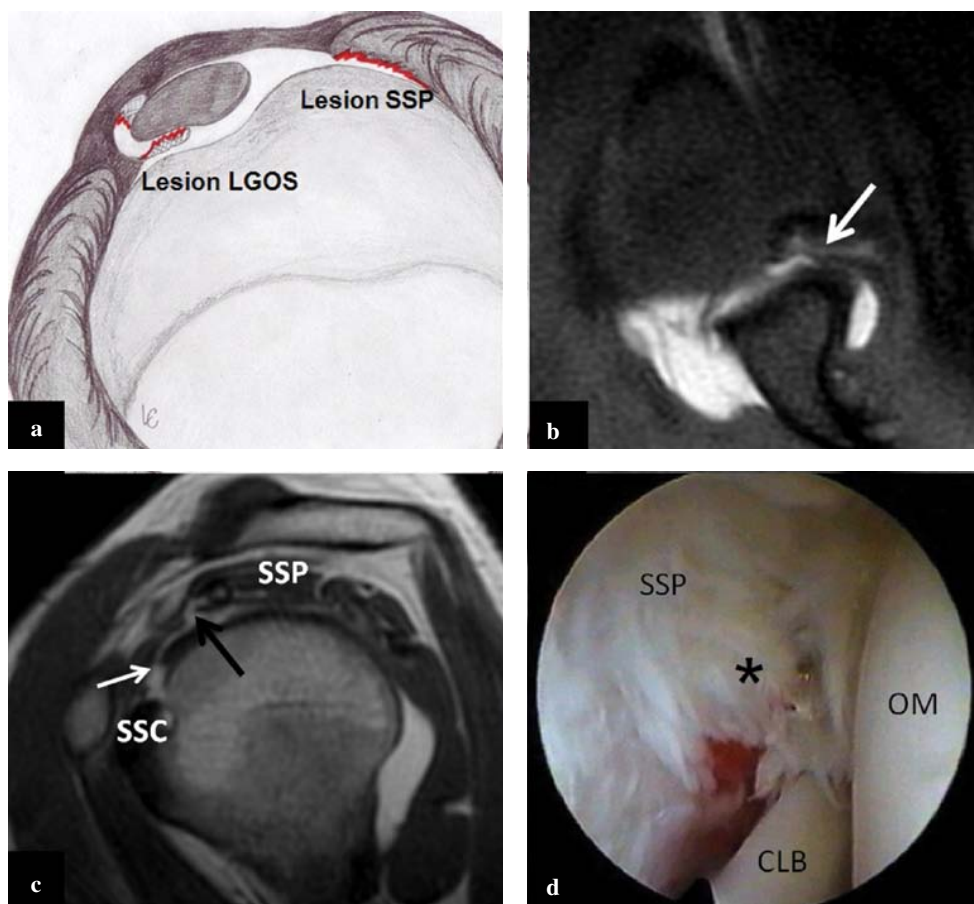


Fig. 3a-d Type 2 lesion (adapted from [7]) (a). MR arthrography oblique sagittal PD-weighted image (b) shows an inhomogeneous superior glenohumeral ligament (SGHL) (white arrow) and a tear of the anterior articular side of the supraspinatus tendon (black arrow). MR arthrography fat-suppressed PD-weighted image in ABER (c) well depicts supraspinatus tendon tear with penetration of contrast agent within tendinous fibres (white arrow). Arthroscopy (d) confirms the supraspinatus tendon tear (*).

Fig. 3a-d Lesione di tipo 2. a Rappresentazione schematica di lesione di tipo 2 (adattato da [7]). L'immagine arthro-RM DP-pesata eseguita secondo un piano di scansione sagittale obliquo (b), mostra, oltre alla disomogeneità del LGOS (freccia bianca), una lesione del soprasspinoso sul versante articolare anteriore (freccia nera). L'immagine arthro-RM DP-pesata con soppressione del segnale del tessuto adiposo eseguita in ABER (c) ben documenta la lesione del soprasspinoso con insinuazione di mezzo di contrasto tra le fibre tendinee (freccia bianca). Il reperto artroscopico (d) conferma la lesione del soprasspinoso (*).

10–14]. In its horizontal course, the LHBT runs through a tunnel-shaped space, the walls of which are constituted by the subscapularis tendon anteriorly and by the supraspinatus tendon posteriorly; its floor and roof are constituted by the SGHL and CHL, respectively [8, 15–17].

At the entrance into the bicipital groove, the SGHL, CHL and upper insertions of the subscapularis blend to form a tendon–ligamentous complex with annular morphology called anterior pulley of reflection or biceps pulley – a contained system of fundamental physiological, biomechanical and pathological importance [9–11, 16–30].

Minimum conflict among the different anterosuperior anatomical structures of the shoulder is physiological [4, 6], but the repetition of particular movements leads to the development of pathology at the conflict site. This explains why the internal conflict of the shoulder (anterosuperior and posterosuperior) [1–7] frequently occurs in athletes. In

All'ingresso della doccia bicipitale, il LGOS e il LCO e le inserzioni alte del sottoscapolare si uniscono formando un complesso tendo-legamentoso a morfologia anulare chiamato puleggia anteriore di riflessione o puleggia bicipitale [9–11, 16–30].

Si ritiene che un minimo conflitto tra le varie strutture anatomiche antero-superiori della spalla, sia in un certo qual modo fisiologico [4, 6]. È il reiterarsi di particolari movimenti che predispone allo sviluppo della patologia nella sede del conflitto, e per questo motivo che i conflitti interni della spalla (antero-superiore e postero-superiore) [1–7] si verificano spesso nello sportivo. Nella nostra esperienza, in accordo ai dati già presenti in letteratura [7], abbiamo notato che l'IAS si associa a lesioni più o meno estese della puleggia bicipitale, con interessamento costante del LGOS. L'arthro-RM consente, con una minima invasività, di esaminare in maniera completa l'intervallo dei rotatori, la puleggia

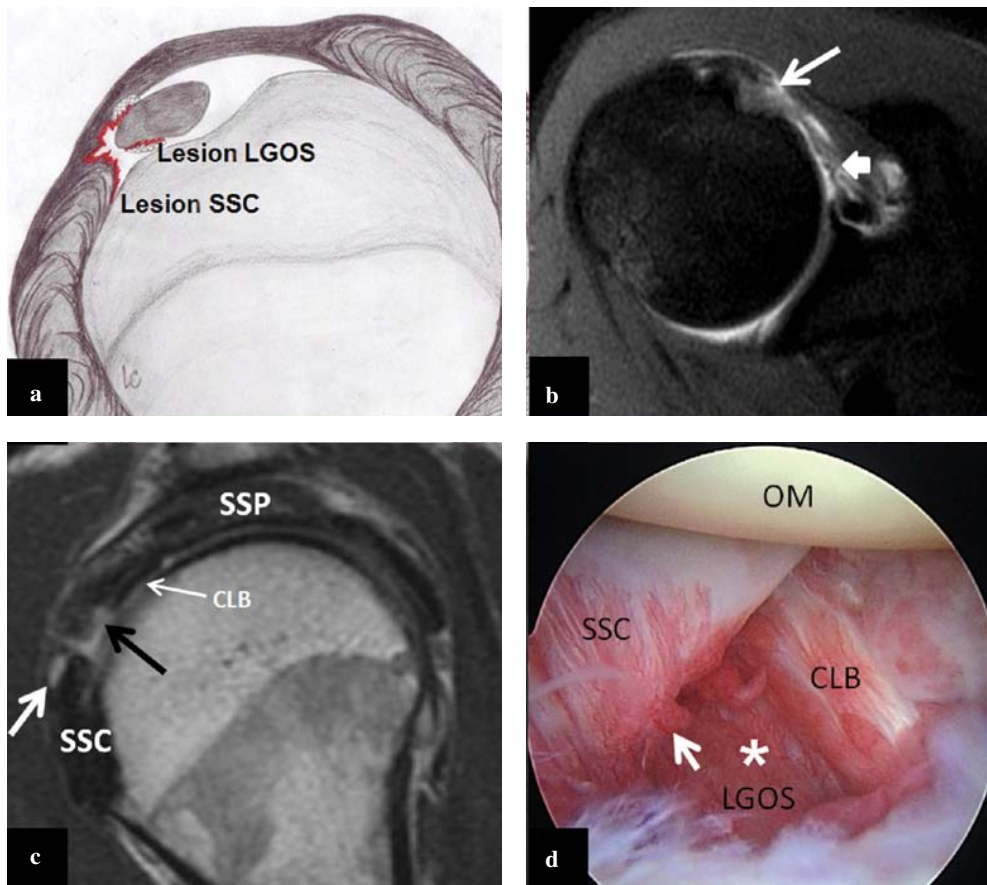


Fig. 4a-d Type 3 lesion (adapted from [7]) (a). MR arthrography oblique sagittal PD-weighted image (b) shows a superior glenohumeral ligament (SGHL) tear (black arrow) and a partial subscapularis tendon tear (white arrow); long head of the biceps tendon (LHBT) (thin white arrow) appears inhomogeneous and reduced in volume. MR arthrography axial PD-weighted fat-suppressed image (c) confirms an inhomogeneous SGHL (large white arrow) and a partial tear of subscapularis tendon (white arrow). Arthroscopy (d) confirms SGHL (*) and subscapularis tendon (white arrow) tears; note that LHBT appears hyperaemic and reduced in volume.

Fig. 4a-d Lesione di tipo 3. **a** Rappresentazione schematica di lesione di tipo 3 (adattato da [7]). L'immagine artro-RM DP-pesata eseguita secondo un piano di scansione sagittale obliquo (b) mostra la lesione del LGOS (freccia nera) associata ad una lesione parziale delle espansioni tendinee alte del sottoscapolare (freccia bianca); il CLB (freccia bianca sottile) appare disomogeneo e di dimensioni ridotte. L'immagine artro-RM DP-pesata con soppressione del segnale del tessuto adiposo eseguita secondo un piano di scansione assiale (c) conferma un LGOS irregolare e sfrangiato (freccia bianca larga) ed una lesione parcellare del sottoscapolare (freccia bianca). L'esame artroscopico (d) conferma la lesione del LGOS (*) e del sottoscapolare (freccia bianca); notare il CLB iperemico e ridotto di volume.

our experience, in agreement with the literature [7], ASI was associated with more or less extensive tears of the biceps pulley, with constant involvement of the SGHL. Minimally invasive MR arthrography can provide complete depiction of the rotator cuff, the biceps pulley and the anterior tendinous components of the rotator cuff, resulting in a valuable technique for guidance towards the most appropriate treatment, which is almost exclusively surgical in athletes [4].

At MR arthrography, the diagnosis of type 1 lesion was accomplished when the SGHL appeared not to be stretched or frayed, in both the oblique sagittal and axial planes. At arthroscopic examination, two cases showed no evidence of tears of either the SGHL or pulley structures. Conversely, in type 2 lesions, the inhomogeneous aspect of the SGHL was

gia bicipitale e le componenti tendinee anteriori della cuffia dei rotatori in maniera di indirizzare in maniera precisa il paziente al trattamento più idoneo che, nel caso dello sportivo, è quasi esclusivamente chirurgico [4].

All'esame artro-RM la diagnosi di lesione di tipo 1 è stata posta nel caso in cui il LGOS appariva deteso e sfrangiato sia sui piani di scansione sagittali-obliqui che assiali. In realtà, al controllo artroscopico, in due casi non erano evidenti alterazioni del LGOS né altre alterazioni delle strutture della puleggia. Nelle lesioni di tipo 2, invece, l'aspetto disomogeneo e sfrangiato del LGOS era associato ad una lesione del tendine soprascapolare a livello della sua area inserzionale anteriore. Questi tipi di lesione, a prevalente estrinsecazione sul versante articolare, erano caratterizzati da una insinuazione di mezzo di contrasto tra le

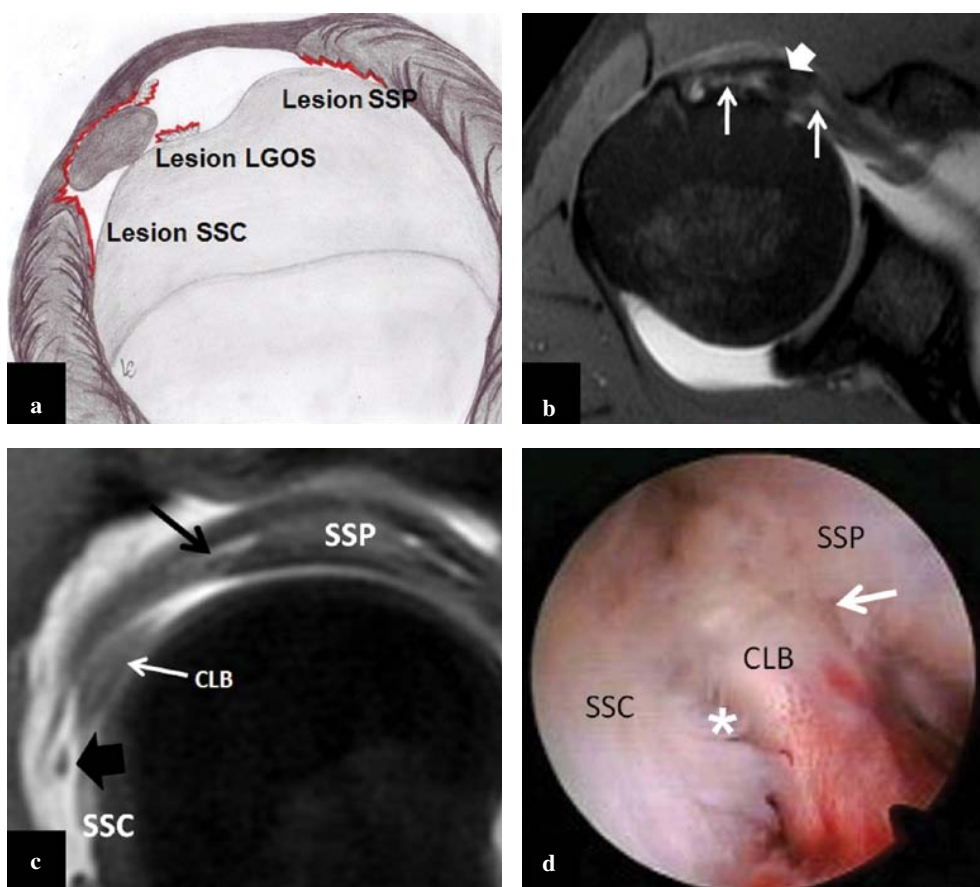


Fig. 5a-d Type 4 lesion (adapted from [7]) (a). MR arthrography oblique sagittal fat-suppressed PD-weighted image (b) shows a complex lesional involvement of biceps pulley characterised by a superior glenohumeral ligament (SGHL) tear, subscapularis tendon tear (large black arrow) and anterior-side supraspinatus tendon tear (black arrow). Long head of the biceps tendon (LHBT) (white arrow) appears inhomogeneous, with tendency to anteromedial subluxation. MR arthrography axial fat-suppressed PD-weighted image (c) well depicts subscapularis tendon tear (long arrows) and anteromedial subluxation of LHBT (large arrow). Arthroscopy (d) shows both anterior side supraspinatus tendon tear (arrow) and subscapularis tendon tear (*), with the LHBT appearing inhomogeneous, hyperaemic and subluxated anteriorly.

Fig. 5a-d Lesione di tipo 4. **a** Rappresentazione schematica di lesione di tipo 4 (adattato da [7]). L'immagine arthro-RM DP-pesata con soppressione del segnale del tessuto adiposo eseguita secondo un piano di scansione sagittale obliquo (b) mostra un interessamento lesionale complesso della puleggia bicipitale con lesione del LGOS, delle inserzioni alte del sottoscapolare (freccia nera larga) e della porzione anteriore del soprapiroso (freccia nera). Il CLB (freccia bianca) appare disomogeneo con tendenza alla sublussazione antero-mediale. L'immagine arthro-RM DP-pesata con soppressione del segnale del tessuto adiposo eseguita secondo un piano di scansione assiale (c) ben documenta la lesione del sottoscapolare (freccie lunghe) e la sublussazione antero-mediale del CLB (freccia larga). L'esame artroscopico (d) documenta una lesione associata della porzione anteriore del soprapiroso (freccia) e del sottoscapolare (*) con un CLB che appare iperemico, sfrangiato e sublussato antero-medialmente.

associated with a supraspinatus tendon tear involving its anterior insertional area. This type of lesion, with a prevalent manifestation on the articular portion, was characterised by the presence of contrast agent collection in the tendon fibres that, in the case of involvement/extension of or to the bursal side, leaked into the subacromion–deltoid bursa. All five cases of type 2 lesions were subsequently confirmed by arthroscopy. Type 3 lesions showed the same MR arthrography appearance as type 2 lesions, with the presence of contrast agent collection in the subscapularis fibres; tendon interruption, in this case, showed a prevalent transverse component, better depicted on all axial images. At arthroscopy, only 5/7 cases, recognised as type 3 lesions at MR arthrography, were confirmed; the other two cases were re-

fibres tendinee che, nel caso di coinvolgimento/estensione del/al versante bursale stravasava nella borsa sottoacromiondeltoidea. Tutti e 5 i casi diagnosticati come lesione di tipo 2 all'arthro-RM, sono stati successivamente confermati all'artrosopia. Le lesioni di tipo 3 mostravano le stesse caratteristiche semeiologiche delle lesioni di tipo 2, ma con insinuazione di mezzo di contrasto tra le fibre del sottoscapolare; le soluzioni di continuo tendinee in questo caso, presentavano una prevalente componente trasversale, ben documentabile soprattutto nelle immagini ottenute secondo piani assiali. All'artrosopia solo 5 su 7 casi diagnosticati all'arthro-RM come lesione di tipo 3 sono stati confermati; gli altri 2 pazienti sono stati classificati artroscopicamente come lesione di tipo 4 in quanto è stato riscontrato un coin-

Table 2 Correlation of magnetic resonance (MR) arthrography results with arthroscopy

Type	Lesion pattern according to Habermeyer		ASI - Arthroscopy (n)
	MR arthrography (n)	Arthroscopy (n)	
Normal	–	2	–
Type 1	3	1	–
Type 2	5	5	–
Type 3	7	5	2
Type 4	8	10	10

ASI, anterosuperior impingement

Tabella 2 Correlazione dei risultati artro-risonanza magnetica (RM) con l'artroscopia

Tipo	Pattern lesionale secondo Habermeyer		IAS – Artroscopia (n)
	Artro-RM (n)	Artroscopia (n)	
Normalità	–	2	–
Tipo 1	3	1	–
Tipo 2	5	5	–
Tipo 3	7	5	2
Tipo 4	8	10	10

IAS, impingement antero-superiore

classified as type 4 due to involvement of the articular side of the supraspinatus anteriorly.

In type 4 lesions, the large breach of both the subscapular and supraspinatus tendons associated with SGHL tear was well documented by the presence of contrast agent leakage into the periarticular recess; in these cases, the LHBT in its angular aspect appeared thick and inhomogeneous, as from overload. All abnormalities shown at MR arthrography of the eight cases classified as type 4 were confirmed at arthroscopy.

At MR arthrography, correct lesion staging was made possible not only by the oblique–sagittal images but also by the PD- and SE T1-weighted sequences with fat suppression obtained in the coronal plane in types 2 and 4 lesions and in the axial plane for types 3 and 4 lesions

Our study shows an excellent correlation of arthroscopy and MR arthrography for types 2 (5/5, 100%) and 4 (8/8, 100%) and a good correlation for type 3 (5/7, 71.4%). The low number of patients, however, did not allow us to obtain a satisfactory correlation between arthroscopy and MR arthrography in type 1 lesions (1/3, 33.3%).

Pathological involvement of the anterosuperior labral contour was seen on arthroscopy in all ten patients with type 4 lesions and in 4/5 patients with type 3 lesions. At MR arthrography, this involvement was not always seen, as it was more evident in type 4 lesions (seen in six cases) and not always diagnosed in type 3 lesions (seen in two cases). Conversely, MR arthrography was accurate in diagnosing irregularity of the tubercular contour of the humeral

volgimento lesionale della porzione anteriore del versante articolare del sopraspinoso.

Nelle lesioni di tipo 4, in associazione alla lesione del LGOS, la breccia di lesione sia del sottoscapolare che del sopraspinoso era ben documentabile all'artro-RM con marcato stravasamento di mezzo di contrasto nei recessi periarticolari; in questi casi il CLB, a livello del suo tratto angolare, mostrava aspetti da sovraccarico, apparendo ispessito e disomogeneo. Tutte le alterazioni evidenziate all'artro-RM negli 8 casi classificati come lesione di tipo 4 sono state confermate all'artroscopia.

Nella valutazione diagnostica artro-RM, oltre alle immagini ottenute secondo un piano di scansione sagittale-obliquo, quelle che hanno contribuito ad un corretto bilancio lesionale sono state le DP e SE T1-pesate con soppressione del segnale del tessuto adiposo, ottenute secondo un piano coronale nelle lesioni di tipo 2 e tipo 4 e quelle ottenute secondo un piano assiale nelle lesioni di tipo 3 e tipo 4.

Dalla valutazione dei nostri risultati si può notare un'eccellente correlazione artroscopia-artro-RM nelle lesioni di tipo 2 (5/5=100%) e 4 (8/8=100%) ed una buona correlazione nelle lesioni di tipo 3 (5/7=71,4%). Nelle lesioni di tipo 1, invece, anche in considerazione dell'esiguo numero di pazienti, la correlazione artroscopia-artro-RM non è stata soddisfacente (1/3=33,3%).

L'analisi di questi dati documenta un'ottima accuratezza diagnostica della patologia tendinea ed alcuni limiti sulla patologia legamentosa gleno-omeroale. A nostro avviso la problematica diagnostica principale delle lesioni isolate

head, as confirmed by correlation with arthroscopic findings.

Analysis of these data showed the usefulness of MR arthrography for evaluating tendon pathology and show some limits in the case of isolated glenohumeral ligament pathology. The main diagnostic problem in lesions affecting the rotator interval components lies more in the presence of several anatomical variants rather than residing in the complexity of the area under examination. The incomplete distension of the area after contrast medium injection poses another problem. For the same reasons, in our opinion, there is a general trend to underestimate type 4 lesions. In fact, two cases documented as type 3 at MR arthrography were considered type 4 at arthroscopy owing to the evidence of an irregular appearance of the articular aspect of the supraspinatus anteriorly. These lesions are not always easy to identify with MR arthrography, especially when appropriate distension of the anterosuperior capsular region is not obtained.

Complex lesions of the biceps pulley can be associated with LHBT instability. In these cases, additional MR acquisitions in intra- or extra-rotation or ABER position may be useful. This type of approach to studying LHBT proved to be particularly reliable. If compared with standard MR arthrography, it allows a dynamic evaluation that, besides showing certain types of anatomical injuries and related structural alterations, is also able to reveal LHBT (micro) instability, which usually requires other techniques for detection.

Patients with complex lesions with a “suffering” LHBT are those who show the most significant signs of ASI, as shown by dynamic tests during arthroscopy. Our experience, supported also by the literature, therefore supports the hypothesis that ASI is constantly associated with an overload of the pulley-cuff system that, over time, leads to micro- or macroinstability of LHBT.

In conclusion, it is essential to understand the underlying clinical and radiological mechanisms in individuals with pulley-cuff-complex lesions. MR arthrography is surely the imaging modality of choice. Failure to detect and thus adequately treat these alterations can trigger a cascade of events in which anteromedial subluxation and tendinous pathology of LHBT are the final events. Therefore, early detection of lesions that may lead to ASI represents an elective indication to arthroscopic treatment, especially in athletes.

delle componenti dell'intervallo dei rotatori risiede, oltre che nelle complessità della regione in esame, anche nell'ampio spettro delle varianti anatomiche presenti a questo livello e nella non sempre adeguata distensione contrastografica dell'area in esame. A causa degli stessi motivi crediamo ci sia stata una tendenza alla sottostima delle lesioni di tipo 4. Infatti, come già detto precedentemente, 2 casi di lesione di tipo 3 all'artro-RM sono state considerate di tipo 4 all'artroscopia poiché era presente una irregolarità lesionale della porzione anteriore articolare del sopraspinoso, lesione questa di non sempre facile individuazione in artro-RM soprattutto in presenza di una scarsa distensione della regione capsulare antero-superiore.

Le lesioni complesse della puleggia anteriore di riflessione possono essere associate ad una patologia da instabilità del CLB; in questi casi può essere utile ricorrere a scansioni aggiuntive in intra- ed extra-rotazione o in ABER. Questo tipo di approccio allo studio del CLB, a nostro giudizio appare particolarmente valido, poiché aggiunge all'esame artro-RM standard una valutazione dinamica che, se da una parte evidenzia un determinato tipo di danno anatomico e le modificazioni strutturali da esso derivate, da un'altra potrebbe slatentizzare o rendere meglio evidente una (micro) instabilità del CLB non altrimenti documentabile, se non eventualmente con altra metodica.

È proprio nei pazienti con lesioni complesse in cui si ha un CLB sofferente che si apprezzano i segni più significativi di IAS come provato dai test dinamici eseguiti in corso di artroscopia. La nostra esperienza, confortata anche dai dati della letteratura, sostiene quindi l'ipotesi che l'IAS sia associato costantemente ad un sovraccarico del sistema puleggia-cuffia che con il tempo porta ad una micro o macroinstabilità del CLB.

In conclusione, alla luce di quanto descritto appare quanto mai importante un corretto inquadramento clinico-radiologico dei soggetti con lesioni del sistema puleggia-cuffia ed in questo l'artro-RM risulta sicuramente il gold standard diagnostico. Il mancato riconoscimento ed il conseguente mancato o inadeguato trattamento di queste alterazioni può concorrere allo svilupparsi ed al progredire di un meccanismo a cascata in cui verosimilmente la sublussazione antero-mediale e la tendinopatia del CLB sono gli eventi terminali. Per questi motivi l'identificazione precoce di lesioni che possono esitare in IAS può rappresentare un'indicazione elettiva al trattamento artroscopico, specialmente nello sportivo.

Conflict of interest None

References/Bibliografia

- Walch G, Boileau P, Noel E et al (1992) Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the posterosuperior glenoid rim: an arthroscopic study. *J Shoulder Elbow Surg* 1:238–245
- Davidson PA, Elattrache NS, Jobe CM et al (1995) Rotator cuff and posterior-superior glenoid labrum injury associated with increased glenohumeral motion: a new site of impingement. *J Shoulder Elbow Surg* 4:384–390
- Giaroli, EL, Major NM, Higgins LD (2005) MRI of internal impingement of the shoulder. *AJR Am J Roentgenol* 4:925–929
- Garofalo R, Karlsson J, Nordenson U et al (2010) Anterior-superior internal impingement of the shoulder: an evidence-based review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18:1688–1693
- Gerber C, Sebesta A (2000) Impingement of the deep surface of the subscapularis tendon and the reflection pulley on the anterosuperior glenoid rim: a preliminary report. *J Shoulder Elbow Surg* 9:483–490
- Struhl S (2002) Anterior internal impingement: an arthroscopic observation. *Arthroscopy* 18:2–7
- Habermeyer P, Magosch P, Pritsch et al (2004) Anterosuperior impingement of the shoulder as a result of pulley lesions: a prospective arthroscopic study. *J Shoulder Elbow Surg* 13:5–12
- Mazzocca AD, Cohen M, Berkson E et al (2007) The anatomy of the bicipital tuberosity and distal biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg* 16:122–127
- Maier D, Jaeger M, Suedkamp N et al (2007) Stabilization of the long head of the biceps tendon in the context of early repair of traumatic subscapularis tendon tears. *J Bone Joint Surg Am* 89:1763–1769
- Morag Y, Jacobson JA, Shields G et al (2005) MR arthrography of rotator interval, long head of the biceps brachii, and biceps pulley of the shoulder. *Radiology* 235:21–30
- Werner A, Mueller T, Boehm D et al (2000) The stabilizing sling for the long head of the biceps tendon in the rotator cuff interval. A histoanatomic study. *Am J Sports Med* 28:28–31
- Nakata W, Katou S, Fujita A et al (2011) Biceps pulley: normal anatomy and associated lesions at MR arthrography. *Radiographics* 31:791–810
- Krief O (2005) MRI of the rotator interval capsule. *AJR Am J Roentgenol* 184:1490–1494
- Gaskill TR, Braun S, Millett PJ (2011) The rotator interval: pathology and management. *Arthroscopy* 27:556–567
- Gheno R, Zoner CS, Buck FM et al (2010) Accessory head of biceps brachii muscle: anatomy, histology, and MRI in cadavers. *AJR Am J Roentgenol* 194:W80–W83
- Karistinos A, Paulos LE (2007) Anatomy and function of the tendon of the long head of the biceps muscle. *Oper Tech Sports Med* 15:2–6
- Kask K, Pöldoja E, Lont T et al (2010) Anatomy of the superior glenohumeral ligament. *J Shoulder Elbow Surg* 19:908–916
- Andrews JR, Carson WG Jr, McLeod WD (1985) Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps. *Am J Sports Med* 13:337–341
- Kumar VP, Satku K, Balasubramaniam P (1989) The role of the long head of biceps brachii in the stabilization of the head of the humerus. *Clin Orthop Relat Res* 244:172–175
- Itoi E, Kuechle DK, Newman SR et al (1993) Stabilizing function of the biceps in stable and unstable shoulders. *J Bone Joint Surg Br* 75-B:546–550
- Rodosky MW, Harner CD, Fu FH (1994) The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. *Am J Sports Med* 22:121–130
- Kuhn JE, Huston LJ, Soslowky LJ et al (2005) External rotation of the glenohumeral joint: Ligament restraints and muscle effects in the neutral and abducted positions. *J Shoulder Elbow Surg* 14:39S–48S
- Pagnani MJ, Deng XH, Warren RF et al (1996) Role of the long head of the biceps brachii in glenohumeral stability: a biomechanical study in cadavera. *J Shoulder Elbow Surg* 5:255–262
- Yamaguchi K, Riew KD, Galatz LM et al (1997) Biceps activity during shoulder motion: an electromyographic analysis. *Clin Orthop Relat Res* 336:122–129
- Levy AS, Kelly BT, Lintner SA et al (2001) Function of the long head of the biceps at the shoulder: electromyographic analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 10:250–255
- Sakurai G, Ozaki J, Tomita Y et al (1998) Electromyographic analysis of shoulder joint function of the biceps brachii muscle during isometric contraction. *Clin Orthop Relat Res* 354:123–131
- Glousman RE, Jobe FW, Tibone JE et al (1988) Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg Am* 70:220–226
- Itoi E, Newman SR, Kuechle DK et al (1994) Dynamic anterior stabilisers of the shoulder with the arm in abduction. *J Bone Joint Surg Br* 76-B:834–836
- Labriola JE, Lee TQ, Debski RE et al (2005) Stability and instability of the glenohumeral joint: the role of shoulder muscles. *J Shoulder Elbow Surg* 14(1 Suppl S):32S–38S
- Arai R, Mochizuki T, Yamaguchi K et al (2010) Functional anatomy of the superior glenohumeral and coracohumeral ligaments and the subscapularis tendon in view of stabilization of the long head of the biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg* 19:58–64