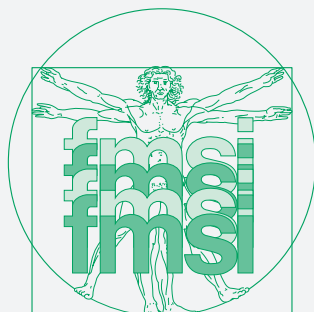


Indicizzata  
in  
Focus On:  
Sports Science & Medicine (SSM)  
Citata  
nel  
Journal Citation Reports (JCR)

# MEDICINA DELLO SPORT

RIVISTA DELLA FEDERAZIONE MEDICO SPORTIVA ITALIANA

VOLUME 65 - N. 4 - DICEMBRE 2012



EDIZIONI MINERVA MEDICA

***Evaluation of focal lesions of  
the supraspinatus tendon with  
elastasonography: comparison with  
B-mode ultrasound and magnetic  
resonance imaging: our experience***

Valutazione delle lesioni focali del tendine del  
sovraspinato con elastasonografia: confronto con ecografia  
B-mode e risonanza magnetica: esperienza personale

G. FRANCAVILLA <sup>1</sup>, R. SUTERA <sup>2</sup>, A. IOVANE <sup>2</sup>, F. CANDELA <sup>2</sup>, G. LA TONA <sup>2</sup>, G. PERITORE <sup>4</sup>,  
A. SANFILIPPO <sup>3</sup>, V. C. FRANCAVILLA <sup>3</sup>, M. D'ARIENZO <sup>3</sup>, M. MIDIRI <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Clinical Medicine, Cardiovascular and Nephro-Urological Diseases,  
University of Palermo, Palermo, Italy

<sup>2</sup>DIBIMEF - Section of Radiological Sciences,  
University of Palermo, Palermo, Italy

<sup>3</sup>Clinic of Orthopedic and Trauma,  
University of Palermo, Palermo, Italy

<sup>4</sup>Department of Radiology,  
San Raffaele-Giglio Hospital, Cefalù, Palermo, Italy

**SUMMARY**

*Aim.* The aim of the study was to assess the elasticity of the tendon of the supraspinatus in the symptomatic shoulder of patients with clinical suspicion of unilateral focal lesion of the supraspinatus tendon, and to compare the findings with those observed in conventional B-mode ultrasonography (US) and magnetic resonance imaging (MRI).

*Methods.* Between January and December 2009 both shoulders of 58 patients (mean age 46 years, range 32-58 years) were evaluated by a radiologist. Both shoulders were analyzed with real-time elastasonography and also with US using the same ultrasound machine (EUB - Hitachi 7500) with a high frequency (13 MHz) linear probe. The elasticity of the supraspinatus tendon fibers was evaluated by a semiquantitative score of different colors representing hard tissue (blue) and progressively more elastic tissue (green, yellow, red). Elastasonographic and US findings were evaluated separately by a second radiologist, and those of the affected shoulder compared with those seen after an MRI performed in a period between 2 and 4 weeks after the ultrasound examination. The MRI was evaluated by a third radiologist blinded to the result of elastasonographic and US findings.

*Results.* Using MRI as the gold standard, the elastasonography correctly diagnosed in seven patients a partial-thickness tear detected by US as simple tendinosis, probably due to the presence of intralesional granulation tissue with echostructure similar to that of the surrounding tendon. Moreover, three cases of intrasubstance partial-thickness tear reported by US proved to be, both with elastasonography and MRI, a full-thickness tear. In all cases (58/58) MRI findings confirmed those of elastasonography, although in some cases the extent of injury appeared greater in MRI, presumably due to the additional high signal given by perilesional edema.

*Conclusion.* Elastasonography is a sensitive method for diagnosis of focal lesions of the supraspinatus tendon, in particular degenerative partial and full thickness tears.

KEY WORDS: Magnetic resonance imaging - Shoulder - Ultrasound.

**RIASSUNTO**

**Obiettivo.** *Scopo dello studio era valutare l'elasticità del tendine del sovraspinato nella spalla sintomatica di pazienti con sospetto clinico di rottura unilaterale della cuffia dei rotatori, e comparare i reperti riscontrati con quelli dell'ecografia convenzionale (ultrasound, US) e della risonanza magnetica (RM).*

**Metodi.** *Nel periodo compreso tra gennaio e dicembre 2009 sono state esaminate da un radiologo entrambe le spalle di 58 pazienti (età media: 46 anni; range 32-58 anni) sia con modulo elastosonografico in real-time che in B-mode tramite uno stesso ecografo (EUB - Hitachi 7500), usando una sonda lineare a elevata frequenza (13 MHz). L'elasticità delle fibre tendinee del sovraspinato è stata valutata mediante uno score semiquantitativo di colori differenti rappresentanti tessuto rigido (blu) e tessuto via via più elastico (verde, giallo, rosso). I reperti riscontrati con elastosonografia ed ecografia convenzionale sono stati valutati separatamente da un secondo radiologo e quelli della spalla affetta comparati successivamente con quelli riscontrati a un esame RM eseguito in un arco temporale compreso tra 2 e 4 settimane dopo l'esame ecografico. L'esame RM è stato valutato da un terzo radiologo in cieco sul risultato dell'esame ecografico precedentemente eseguito.*

**Risultati.** *Usando come gold-standard l'esame RM, l'elastosonografia ha correttamente diagnosticato in sette pazienti una lesione parziale rilevata come semplice tendinosi dall'esame B-mode verosimilmente a causa della presenza di tessuto di granulazione intralasionale ad ecostruttura simile a quella del tendine circostante. Inoltre, tre casi di lesione intratendinea riscontrati con l'US sono risultati essere, sia all'elastosonografia che alla RM, una lesione a tutto spessore. In tutti i casi (58/58) i reperti dell'esame RM hanno confermato quelli dell'elastosonografia, anche se in alcuni casi l'ampiezza della lesione appariva maggiore in RM, presumibilmente a causa dell'elevato segnale aggiuntivo dato dall'edema perilesionale.*

**Conclusioni.** *L'esame elastosonografico è un metodo sensibile per la diagnosi di lesioni del tendine del sovraspinato, in particolare di quelle parziali e a tutto spessore su base degenerativa.*

**PAROLE CHIAVE:** *Risonanza magnetica - Spalla - Ecografia.*

**E**lastosonography is a recent ultrasound technique that can evaluate tissue elasticity <sup>1</sup> thanks to the principle that tissue compression produces a stress within the tissue that is less in rigid tissue and greater in elastic tissue. Elastosonography can demonstrate different degrees of tissue stress by comparing pairs of images before and after the compression is applied to the tissue;<sup>2, 3</sup> furthermore, the tissue stress is calculated in real-time by the ultrasound technician, who thus shows different degrees of elasticity on a conventional ultrasound image. Recent technological developments of this technique, such as the calculation of the lateral and axial stress of the tissue structure under compression, have allowed improved spatial resolution, a reduction of artifacts, and improved accuracy during routine examinations.<sup>4</sup> It is known that in certain cases, conventional ultrasound is completely unable to distinguish or has difficulty distinguishing pathological tissue when it has the same echogenicity as the surrounding healthy tissue, and it is also known that inflammatory and cancer processes cause a variation of tissue elasticity.<sup>5</sup> De Zordo *et al.*<sup>6</sup> have demonstrated that elastosonography applied to patients with lateral epicondylitis of the elbow can distinguish tendinous and peritendinous alterations, with a good correlation with the findings of conventional and clinical ultrasound.

**L'**elastosonografia rappresenta una recente tecnica ecografica capace di valutare l'elasticità tissutale <sup>1</sup> grazie al principio che la compressione tissutale produce una sollecitazione all'interno del tessuto, che è minore in quello rigido e maggiore in quello elastico. L'elastosonografia può dimostrare diversi gradi di sollecitazione tissutale comparando coppie di immagini prima e dopo che la compressione venga applicata sul tessuto <sup>2, 3</sup>; inoltre, la sollecitazione tissutale viene calcolata in tempo reale dall'ecografo che mostra così diversi gradi di elasticità su un'immagine ecografica convenzionale. Recenti sviluppi tecnologici di questa tecnica, come il calcolo della sollecitazione laterale ed assiale della struttura tissutale sotto compressione, hanno permesso una migliore risoluzione spaziale, una riduzione degli artefatti, ed una migliorata accuratezza durante gli esami di routine <sup>4</sup>. È noto che l'ecografia convenzionale, in certi casi, non riesce del tutto o con difficoltà a distinguere tessuto patologico quando esso presenta la stessa ecogenicità del tessuto sano circostante, così come è noto anche che processi flogistici e tumorali determinano una variazione dell'elasticità tissutale <sup>5</sup>. De Zordo *et al.* <sup>6</sup> hanno dimostrato che l'elastosonografia applicata a pazienti con epicondilita laterale del gomito è capace di distinguere alterazioni tendinee e peritendinee, con buona correlazione coi reperti dell'ecografia convenzionale e quelli clinici.

*In letteratura, tuttavia, non esiste a tutt'oggi*

In the literature, however, to date there is no work on elastosonography applied to the evaluation of the supraspinatus tendon in patients where there is a clinical suspicion of rupture of the rotator cuff; the aim of our work is, therefore, to evaluate the role of this method in this field of application and its sensitivity and specificity with respect to the magnetic resonance imaging (MRI) examination, which is defined as the gold standard.

### Materials and methods

During the period between January and December 2010, on a prospective basis, both shoulders (N.=116) of 58 patients, (30 men and 28 women; average age 46 years; range 32-58 years) with a clinical suspicion of unilateral rupture of the rotor cuff were examined. None of the patients who had been informed of the purpose of this study had undergone locoregional minimally invasive therapies, such as shock waves or cortisone infiltrations, but only conservative oral treatment with non-steroidal anti-inflammatory drugs. Furthermore, no patient had a history of tendon rupture or systemic inflammatory disorders such as rheumatoid arthritis. The clinical evaluation was performed through the Jobe test (patient with upper limbs in abduction at 90° and 30° of anterior flexion in internal rotation, asked to exert a force from low to high while the examiner applies resistance; the test is considered negative if the patient resists the force, and vice versa it is considered positive for tendonitis if he shows pain and positive for rupture if he shows muscular insufficiency). The pain reported by the patients was recorded with a visual analog scale (VAS, score from 0 to 10).

#### Imaging

Two radiologists (R.S., A.I.), blinded with regard to the clinical findings, examined both shoulders of each patient by ultrasound, model EUB-7500 HV (Hitachi Medical Systems Europe, Zug, Switzerland), using a multi-frequency linear probe (6-13 MHz), in both B-mode and, simultaneously, with a real-time elastosonographic module, using a double window on the monitor. In order to evaluate the supraspinatus tendon, the patients were asked to position their forearm posteriorly, placing the palm of their hand on the upper side of the iliac wing, with the elbow flexed and directed posteriorly.

*nessun lavoro sull'elastosonografia applicata alla valutazione del tendine del sovraspinato in pazienti con sospetto clinico di rottura della cuffia dei rotatori, e pertanto è scopo del nostro lavoro valutare il ruolo di questa metodica in questo campo d'applicazione e la sua sensibilità e specificità rispetto all'esame RM, definito come gold-standard.*

### Materiali e metodi

*Nel periodo compreso tra gennaio e dicembre 2010, in maniera prospettica, sono state esaminate entrambe le spalle (N.=116) di 58 pazienti (30 uomini e 28 donne; età media 46 anni; range 32-58 anni) con sospetto clinico di rottura unilaterale della cuffia dei rotatori. Tutti i pazienti, che sono stati informati sullo scopo del presente studio non erano stati sottoposti a terapie mini-invasive locoregionali, come le onde d'urto o le infiltrazioni di cortisonici, ma solo a terapia conservativa con anti-infiammatori non steroidei per os. Inoltre, nessun paziente aveva una storia di rottura tendinea o di disturbi infiammatori sistemici come l'artrite reumatoide. La valutazione clinica è stata effettuata mediante il test di Jobe (paziente con arti superiori in abduzione a 90° e 30° di flessione anteriore in rotazione interna, invitato ad esercitare una forza dal basso in alto mentre l'esaminatore oppone resistenza; il test è considerato negativo se il paziente resiste allo sforzo, viceversa è considerato positivo per tendinite se mostra dolore e positivo per rottura se mostra insufficienza muscolare). Il dolore riferito dai pazienti è stato registrato con una scala analogica visuale (VAS, score da 0 a 10).*

#### Imaging

*Due radiologi (R.S., A.I.), in cieco sui reperti clinici, hanno esaminato entrambe le spalle di ogni paziente mediante ecografo EUB-7500 HV (Hitachi Medical Systems Europe, Zug, Switzerland), usando una sonda lineare multifrequenza (6-13 MHz), sia in B-mode che, contemporaneamente, con modulo elastosonografico in real-time., usando una doppia finestra su monitor. Per valutare il tendine del sovraspinato, i pazienti sono stati invitati a posizionare il loro avambraccio posteriormente, ponendo il palmo della mano sul versante superiore dell'ala iliaca, con il gomito flesso e direzionato posteriormente. La sonda è stata posizionata sia in senso parallelo all'asse longitudinale del tendine che in senso trasversale. Un indicatore visuale posto sullo schermo indica la forza di compressione ottimale nella regione di interesse,*

The probe was positioned both parallel and transversal to the longitudinal axis of the tendon. A visual indicator placed on the screen indicated the optimal compression force in the region of interest, thereby avoiding errors from excessive or insufficient compression. Every elastosonographic scan was repeated multiple times (at least three cycles of compression-decompression) in order to obtain reproducible results.

The images obtained were sent via Local Area Network (LAN) to our institute's RIS/PACS system (MedRIS Elefante\Impax System, AGFA Healthcare System), and subsequently separated in a random way for blind evaluation by two other radiologists (F.C., M.M).

The elasticity of the tendinous fibers of the supraspinatus was evaluated through a semi-quantitative score of different colors representing rigid tissue (blue) and progressively more elastic tissue (green, yellow, red), which are observed in the region of interest of the screen during a compression-decompression cycle.

Any tendinous lesions, measured with the electronic calipers provided with the PACS software, were classified in both B-mode and with elastosonography in this way:

- “full thickness”: whenever a solution of the tendon continuity is observed that crosses the entire thickness of the tendon, reaching both the bursal side and the joint side;
- “partial-bursal”: whenever the rupture is limited only to the bursal side;
- “partial-joint”: whenever the rupture is limited only to the joint side;
- “partial-intratendinous”: whenever the rupture is limited to within the tendinous thickness, without affecting either the joint side or the bursal side.

In particular, the following grading system of the focal lesions was used in the elastosonography:

- 0: blue or green (rigid) tendon corresponding to a healthy tendon;
- 1: tendon with yellow area, corresponding to a tendon with low-medium grade tendinosis;
- 2: tendon with orange area, corresponding to a tendon with a high degree of tendinosis;
- 3: tendon with red area, corresponding to a tendon with lesion, whether it is partial or full-thickness.

This grading system was also applied to the findings obtained with B-mode ultrasound, making reference to areas of echostructural inhomogeneity of the tendon's fibrillar architec-

*evitando perciò errori da eccessiva o scarsa compressione. Ogni scansione elastosonografica è stata ripetuta più volte (almeno 3 cicli di compressione-decompressione) al fine di ottenere risultati riproducibili.*

*Le immagini ottenute sono state inviate via Local Area Network (LAN) al sistema RIS/PACS (Sistema MedRIS Elefante\Impax, AGFA Healthcare System) del nostro Istituto, e successivamente separate in maniera random per la valutazione in cieco da parte di due altri radiologi (F.C., M.M).*

*L'elasticità delle fibre tendinee del sovraspinato è stata valutata mediante uno score semiquantitativo di colori differenti rappresentanti tessuto rigido (blu) e tessuto via via più elastico (verde, giallo, rosso) che si osservano nella regione di interesse dello schermo durante un ciclo di compressione-decompressione.*

*Eventuali lesioni tendinee, misurate coi calipers elettronici in dotazione al software PACS, sono state classificate sia in B-mode che all'elastosonografia in tale modo:*

- “a tutto spessore”: qualora si sia osservata una soluzione della continuità tendinea che attraversa l'intero spessore del tendine raggiungendo sia il versante bursale che quello articolare;
- “parziale-bursale”: qualora la rottura sia limitata solo al versante bursale;
- “parziale-articolare”: qualora la rottura sia limitata solo al versante articolare;
- “parziale-intratendinea”: qualora la rottura sia limitata entro lo spessore tendineo, senza interessare né il versante articolare né quello bursale.

*In particolare, all'elastosonografia è stato usato il seguente sistema di grading delle lesioni focali:*

- 0: tendine blu o verde (rigido), corrispondente ad un tendine sano;
- 1: tendine con area gialla, corrispondente ad un tendine con tendinosi di basso-medio grado;
- 2: tendine con area arancione, corrispondente ad un tendine con tendinosi di alto grado;
- 3: tendine con area rossa, corrispondente ad un tendine con lesione, sia essa parziale che a tutto spessore.

*Tale sistema di grading è stato applicato anche per i reperti ottenuti con l'ecografia B-mode, facendo riferimento ad aree di disomogeneità ecostrutturale dell'architettura fibrillare del tendine via via sempre più ipoecogene nei gradi più elevati di tendinosi fino alla lesione tendinea che appare francamente anecogena.*

*I reperti riscontrati con elastosonografia ed ecografia convenzionale nella spalla affetta sono stati comparati con quelli della spalla controlaterale presunta sana e successivamente con quelli riscontrati*



ture, progressively more hypoechogenic in the higher degrees of tendinosis up to tendinous lesion, which appears completely anechogenic.

The findings detected with elastosonography and conventional ultrasound in the affected shoulder were compared with those of the presumed healthy contralateral shoulder and subsequently with those detected during an MRI examination of the affected shoulder performed between 2-4 weeks after the ultrasound examination. The MRI examination was performed with a high-field 1.5 T machine [GE Signa Excite HD, Milwaukee, WI, USA], acquiring DP-weighted sequences (TR/TE 800/26 ms), T2-weighted sequences with suppression of the fat signal (TR/TE 2860/90 ms), STIR sequences (TR/TE/TI 4140/30/80 ms), and GRE sequences (TR/TE 30/15 ms). All of the sequences were characterized, during acquisition, by a number of samplings in the direction of the reading and a number of phase encodings in the direction of the greatest phase encoding of 256; the reconstruction of the image therefore occurred on a matrix of 512 x 512 pixels. The thickness of the layer and the reconstruction interval used were between 4 mm and 0.4 mm in all of the sequences. All of the investigations were carried out without the intravenous administration of a paramagnetic contrast agent containing gadolinium. The images obtained were sent via LAN to our institute's RIS/PACS system for evaluation by two radiologists (R.S., F.C.), blinded with regard to both the conventional and elastosonographic ultrasound findings.

The same tendon alteration classification and grading systems as those already discussed for B-mode ultrasound and elastosonography were used; the electronic calipers provided with the PACS software were used for their measurement.

For the statistical analysis, the values of the dimensions of all of the alterations, quantified in an objective way, were reported as the mean  $\pm$  the standard deviation. The significance of the results was calculated using the paired t test with  $P < 0.01$ .

## Results

### *Evaluation of the history and clinical objectivity of the patients*

All of the subjects (100%) reported typical symptoms that had begun 12.31 $\pm$ 4.98 weeks

*ad un esame RM della spalla affetta eseguito in un arco temporale compreso tra 2 e 4 settimane dopo l'esame ecografico. L'esame RM è stato eseguito con macchina ad alto campo da 1,5 Tesla (GE Signa Excite HD, Milwaukee, WI, USA), acquisendo sequenze DP-pesate (TR/TE 800/26 ms), T2-pesate con soppressione del segnale del grasso (TR/TE 2860/90 ms), STIR (TR/TE/TI 4140/30/80 ms), e GRE (TR/TE 30/15 ms). Tutte le sequenze sono caratterizzate, in acquisizione, da un numero di campionamenti nella direzione della lettura ed un numero di codifiche di fase nella direzione della codifica di fase maggiori di 256; la ricostruzione dell'immagine avviene quindi su una matrice di 512 x 512 pixel. Lo spessore di strato e l'intervallo di ricostruzione usati erano di 4 mm e 0,4 mm in tutte le sequenze. Tutte le indagini sono state eseguite senza la somministrazione endovenosa di mezzo di contrasto paramagnetico contenente gadolinio. Le immagini ottenute sono state inviate via LAN al sistema RIS/PACS del nostro Istituto per la valutazione da parte di due radiologi (R.S., F.C.) in cieco sul reperto ecografico sia convenzionale che elastosonografico.*

*Per la classificazione e il grading delle alterazioni tendinee sono state usate le stesse già discusse precedentemente per l'ecografia B-mode e l'elastosonografia, e per la loro misurazione è stato fatto uso dei calipers elettronici in dotazione al software PACS.*

*Per l'analisi statistica i valori delle dimensioni di tutte le alterazioni quantizzate in modo oggettivo sono stati riportati come la media  $\pm$  la deviazione standard. La significatività dei risultati è stata calcolata usando il paired t test con  $P < 0,01$ .*

## Risultati

### *Valutazione dell'anamnesi e dell'obiettività clinica dei pazienti*

*Tutti i soggetti (100%), riferivano una sintomatologia tipica, insorta da 12,31 $\pm$ 4,98 settimane (range 5-24 settimane), caratterizzata da dolore localizzato alla regione antero-superiore della spalla durante i movimenti di elevazione ed abduzione. Il test di Jobe è risultato positivo per patologia unilaterale della cuffia dei rotatori con VAS pari a 7,5 $\pm$ 2,1 (range: 5-10). Nella spalla contralaterale asintomatica non è stato riscontrato clinicamente nessun reperto anomalo al test di Jobe.*

### *Riscontro di patologia tendinea e valutazione del grading di lesione*

*Le Tabelle I, II riassumono i risultati.*

*L'elastosonografia ha dimostrato strutture tendinee rigide, corrispondenti al colore blu (Figura*

TABLE I.—Findings reported with the various methods object of our study (percentage values in brackets).  
TABELLA I. — *Riscontro di patologia con le varie metodiche oggetto del nostro studio (percentuali tra parentesi).*

Findings	Method	B-mode US (N.=58)	Elastosonography (N.=58)	MRI (N.=58)
Tendinosis without tears		15 (25.9)	8 (13.8)	8 (13.8)
Full-thickness tear		27 (46.5)	30 (51.7)	30 (51.7)
Intrasubstance partial-thickness tear		9 (15.6)	10 (17.2)	10 (17.2)
Articular side partial-thickness tear		6 (10.3)	9 (15.6)	9 (15.6)
Bursal side partial-thickness tear		1 (1.7)	1 (1.7)	1 (1.7)
Total		58 (100)	58 (100)	58 (100)

ago (range: 5-24 weeks), characterized by pain located in the anterior-superior region of the shoulder during elevation and abduction movements. The Jobe test was positive for unilateral pathology of the rotor cuff with VAS equal to  $7.5 \pm 2.1$  (range: 5-10). No abnormal finding was clinically found in the asymptomatic contralateral shoulder with the Jobe test.

#### *Tendon pathology finding and evaluation of the lesion grading*

Tables I and II summarize the results.

The elastosonography showed rigid tendon structures, corresponding to the blue color (Figure 1A, B), in the asymptomatic shoulder in 53/58 (91.4%) of the patients, while the remaining 5/58 (8.6%) cases showed a first degree tendon alteration; in the symptomatic shoulder, however, the elastosonography demonstrated alterations in tendon elasticity of the first degree in 5/58 (8.6%) cases (Figure 2A, B), second degree in 3/58 (5.2%) cases and third degree in 50/58 (86.2%) cases (Figure 3).

B-mode ultrasound demonstrated signs of tendon alterations of the first degree in the symptomatic shoulder of 5/58 (8.6%) patients, second degree in 10/58 (17.2%) patients, and third degree in 43/58 (74.2%) patients, while in the asymptomatic shoulder, it detected a first degree alteration in 3/58 (5.2%) patients and a healthy tendon in the remaining 55/58 (94.8%) patients.

The MRI findings were similar to those of elastosonography.

#### *Measurement of the tendon lesions*

The average size of the intratendinous partial lesions was equal to  $0.4 \pm 0.3$  cm with ultrasound (N.=9),  $0.3 \pm 0.2$  cm with elastosonography (N.=10), and  $0.3 \pm 0.2$  cm with MRI (N.=10).

TABLE II.—Grading of tendon disorders with the various methods object of our study (percentage values in brackets).

TABELLA II. — *Grading delle alterazioni tendinee con le varie metodiche oggetto del nostro studio (percentuali tra parentesi).*

Lesion grading	Affected shoulder (N.=58)	Healthy shoulder (N.=58)
<i>B-mode ultrasound</i>		
0 (healthy tendon)	0	55 (94.8)
1 (low-medium grade tendinosis)	5 (8.6)	3 (5.2)
2 (high grade tendinosis)	10 (17.2)	0
3 (tear)	43 (74.2)	0
<i>Elastosonography</i>		
0 (healthy tendon)	0	53 (91.4)
1 (low-medium grade tendinosis)	5 (8.6)	5 (8.6)
2 (high grade tendinosis)	3 (5.2)	0
3 (tear)	50 (86.2)	0
<i>MR</i>		
0 (healthy tendon)	0	53 (91.4)
1 (low-medium grade tendinosis)	5 (8.6)	5 (8.6)
2 (high grade tendinosis)	3 (5.2)	0
3 (tear)	50 (86.2)	0

*1A, B), a carico della spalla asintomatica in 53/58 (91,4%) pazienti, mentre nei restanti 5/58 (8,6%) casi ha evidenziato una alterazione tendinea di I grado; nella spalla sintomatica, invece, l'elastosonografia ha dimostrato alterazioni dell'elasticità tendinea di I grado in 5/58 (8,6%) casi (Figura 2A, B), di II grado in 3/58 (5,2%) casi e di III grado in 50/58 (86,2%) (Figura 3)*

*L'US B-mode ha dimostrato segni di alterazioni tendinea di I grado nella spalla sintomatica di 5/58 (8,6%) pazienti, di II grado in 10/58 (17,2%), e di III grado in 43/58 (74,2%), mentre nella spalla asintomatica in 3/58 (5,2%) ha riscontrato un'alterazione di I grado e un tendine sano nei rimanenti 55/58 (94,8%).*

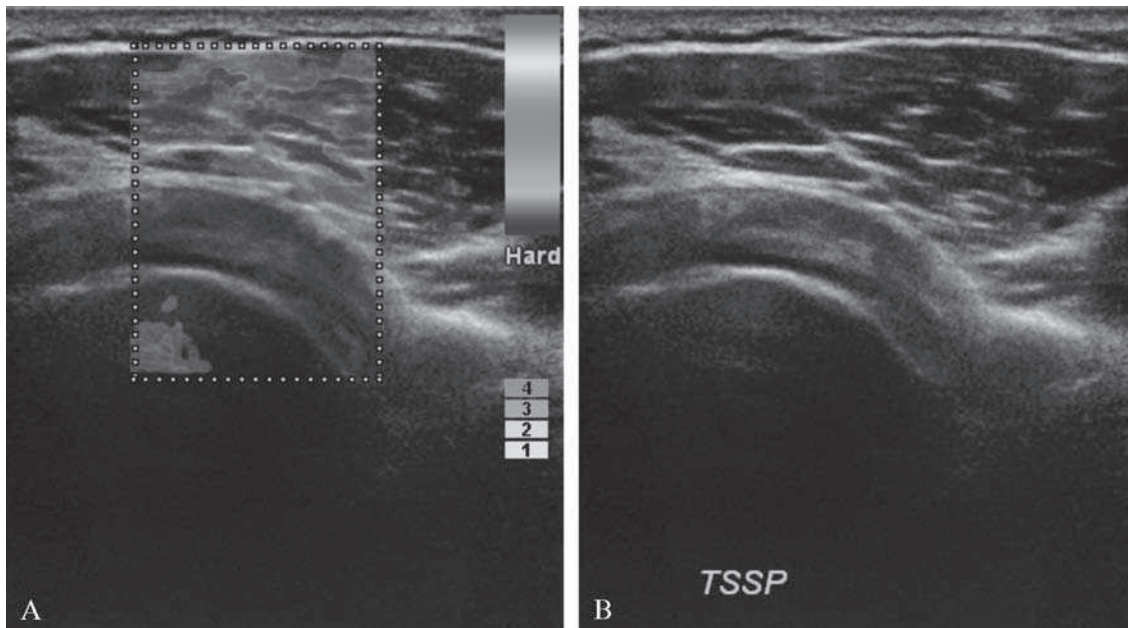


Figure 1.—Elastosonographic image (A) shows a normal supraspinatus tendon (almost blue colored); corresponding US image (B) tendon aspect.

Figura 1. — Immagine elastosonografica (A) che evidenzia un normale tendine del sovraspinato (quasi tutto colorato in blu); B) immagine US corrispondente.

The size of the partial lesions affecting only the joint side was equal, on average, to  $0.7 \pm 0.5$  cm with ultrasound (N.=6),  $0.6 \pm 0.4$  cm with elastosonography (N.=9) and  $0.6 \pm 0.4$  cm with MRI (N.=9) (Figure 4).

The size of the only partial lesion affecting only the bursal side was equal to 0.4 cm with ultrasound (N.=1), 0.5 cm with elastosonography (N.=1) and 0.5 cm with MRI (N.=1).

The average size of the full-thickness lesions was equal to  $1.3 \pm 0.9$  cm with ultrasound (N.=27),  $1.6 \pm 0.8$  cm with elastosonography (N.=30) and  $1.7 \pm 0.9$  cm with MRI (N.=30) (Figure 5).

#### Statistical significance of the results obtained

With regard to the measurement of the full-thickness lesions, a statistically significant difference ( $P < 0.01$ ) between ultrasound and elastosonography and between ultrasound and MRI emerged, while a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) did not emerge between elastosonography and MRI.

Statistically significant differences ( $P < 0.01$ ) emerged between ultrasound and elastosonography (and MRI) in the measurement of the in-

*I reperti RM sono risultati sovrapponibili a quelli dell'elastosonografia.*

#### Misurazione delle lesioni tendinee.

*L'ampiezza media delle lesioni parziali intratendinee è risultata pari a  $0,4 \pm 0,3$  cm all'US (n=9),  $0,3 \pm 0,2$  cm all'elastosonografia (N.=10), e  $0,3 \pm 0,2$  cm alla RM (N.=10).*

*L'ampiezza delle lesioni parziali interessanti il solo versante articolare è risultata pari, in media, a  $0,7 \pm 0,5$  cm all'US (N.=6),  $0,6 \pm 0,4$  cm all'elastosonografia (N.=9) e  $0,6 \pm 0,4$  cm alla RM (N.=9) (Figura 4).*

*L'ampiezza dell'unica lesione parziale interessante il solo versante bursale è risultata pari a  $0,4$  cm all'US (N.=1),  $0,5$  cm all'elastosonografia (N.=1) e  $0,5$  cm alla RM (N.=1).*

*L'ampiezza media delle lesioni a tutto spessore è risultata pari a  $1,3 \pm 0,9$  cm all'US (N.=27),  $1,6 \pm 0,8$  cm all'elastosonografia (N.=30) ed  $1,7 \pm 0,9$  cm alla RM (N.=30) (Figura 5).*

#### Significatività statistica dei risultati ottenuti

*Per quanto riguarda la misurazione delle lesioni a tutto spessore è emersa una differenza statisticamente significativa ( $P < 0,01$ ) tra l'US e*



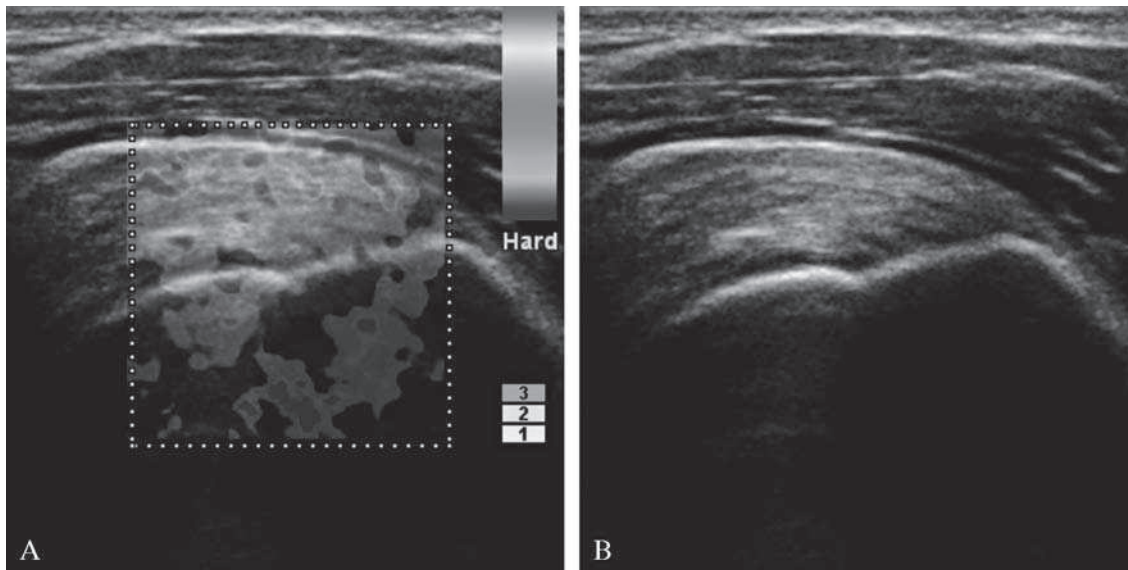


Figure 2.—Elastosonographic image (A) shows a tendinosis of the supraspinatus tendon (most green colored with scattered orange-red and blue areas) without lesions; corresponding US image (B) does not show definite signs of tendinosis.

Figura 2. — Immagine elastosonografica (A) che evidenzia una tendinosis del tendine del sovraspinato (colorato per la maggior parte in verde con frammentate aree arancio-rosse e blu) in assenza di lesioni; l'immagine US corrispondente (B) non evidenzia segni definiti di tendinosis.

tratendinous partial lesions affecting only the joint side.

### Discussion

The incidence of rupture of the supraspinatus tendon is significantly higher than that of the other tendons of the rotator cuff and, except for a small percentage of cases due to acute trauma, the cause is generally unclear.<sup>8</sup> More often than not, the pathogenesis of the rupture of the supraspinatus tendon is considered to be multifactorial and includes intrinsic degeneration and impingement syndrome, and in any case the subsequent development of the pathology is very similar regardless of its origin, since it is independent.<sup>9</sup> The clinical and radiographic evaluation can suggest the presence of a lesion, and in particular the most important clinical finding is a positive outcome to the impingement test. The X-ray is usually negative in the acute phase and only in the late phases does it show a reduction of the subacromial space and, in the “outlet view” projections, a reduced opacity and size of the supraspinatus muscle as a result of atrophy following rupture.<sup>10</sup> Ultrasound and MRI are, therefore, the methods

l'elastosonografia e tra l'US e la RM, mentre non è emersa una differenza statisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) tra l'elastosonografia e la RM.

Differenze statisticamente significative ( $P < 0,01$ ) sono emerse tra l'US e l'elastosonografia (e RM) nella misurazione delle lesioni parziali intratendinee ed interessanti il solo versante articolare.

### Discussione

L'incidenza di rottura del tendine del sovraspinato è nettamente più elevata di quella degli altri tendini della cuffia dei rotatori e, tranne che per una ridotta percentuale di casi dovuti ad un trauma acuti, generalmente la causa è solitamente poco chiara.<sup>8</sup> Il più delle volte, la patogenesi della rottura del tendine del sovraspinato è considerata multifattoriale ed include una degenerazione intrinseca ed una sindrome da conflitto, ed in ogni caso lo sviluppo successivo della patologia è molto simile a prescindere dalla sua origine, dal momento che è indipendente.<sup>9</sup> La valutazione clinica e radiografica può suggerire la presenza di una lesione, ed in particolare il reperto clinico più importante è la positività al test dell'impingement. La radiografia è solitamente negativa nella fase acuta e solo in fasi tardive mostra una riduzione

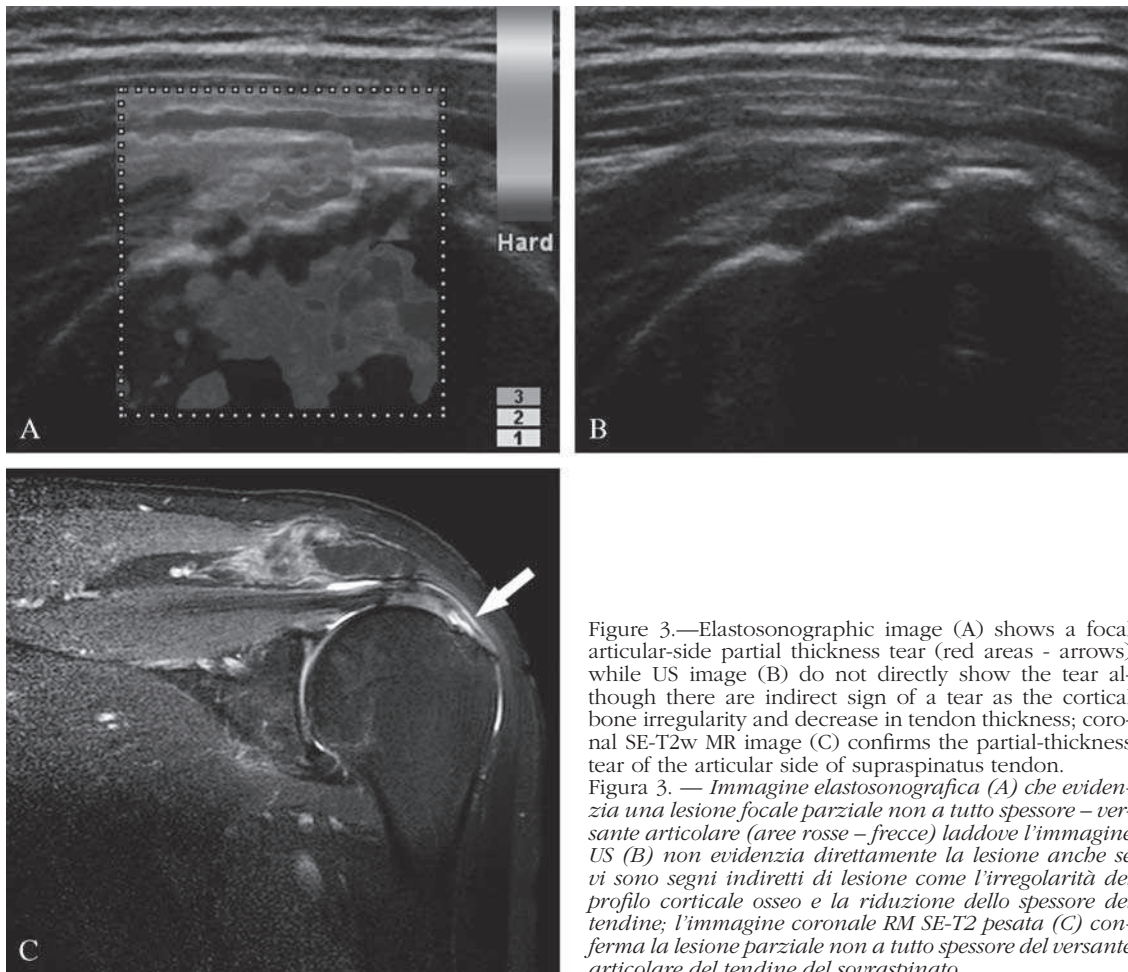


Figure 3.—Elastosonographic image (A) shows a focal articular-side partial thickness tear (red areas - arrows) while US image (B) do not directly show the tear although there are indirect sign of a tear as the cortical bone irregularity and decrease in tendon thickness; coronal SE-T2w MR image (C) confirms the partial-thickness tear of the articular side of supraspinatus tendon.  
 Figura 3. — Immagine elastosonografica (A) che evidenzia una lesione focale parziale non a tutto spessore – versante articolare (aree rosse – frecce) laddove l'immagine US (B) non evidenzia direttamente la lesione anche se vi sono segni indiretti di lesione come l'irregolarità del profilo corticale osseo e la riduzione dello spessore del tendine; l'immagine coronale RM SE-T2 pesata (C) conferma la lesione parziale non a tutto spessore del versante articolare del tendine del sovraspinato.

currently used to evaluate the presence or not of a tendon rupture, especially during the acute phase when the radiographic appearance is still negative, so that treatment can be applied as soon as possible. Even though the sensitivity of conventional ultrasound is very high (up to 90% on average, according to the most recent literature data),<sup>8</sup> thanks also to the use of secondary signs such as the irregularity of the osseous cortical profile of the humeral greater tuberosity, the presence of an articular effusion and bursitis associated with the rupture, it is less sensitive and specific for small partial lesions, especially in a situation of tendinous degeneration, and is often operator-dependent.<sup>8,9</sup>

MRI is also very sensitive and specific (up to 95%) in the diagnosis of rupture of the supraspinatus tendon when compared with the patho-

ne dello spazio sottoacromiale e, nelle proiezioni "outlet view", una ridotta opacità ed ampiezza del muscolo del sovraspinato per atrofia conseguente alla rottura<sup>10</sup>. Pertanto, l'US e la RM sono le metodiche attualmente usate per valutare la presenza o meno di una rottura tendinea specie in fase acuta, quando ancora l'aspetto radiografico risulta negativo, in modo tale da potere applicare una terapia il più precocemente possibile. Anche se la sensibilità dell'US convenzionale risulta molto elevata (fino al 90% in media, secondo i dati della letteratura più recente)<sup>8</sup>, grazie anche all'uso di segni secondari come l'irregolarità del profilo corticale osseo del trochite omerale, la presenza di un versamento articolare e di una borsite associata alla rottura, tuttavia essa risulta meno sensibile e specifica nelle piccole lesioni parziali, specie in un quadro di degenerazione tendinosa e risulta spesso operatore-dipendente<sup>8,9</sup>.

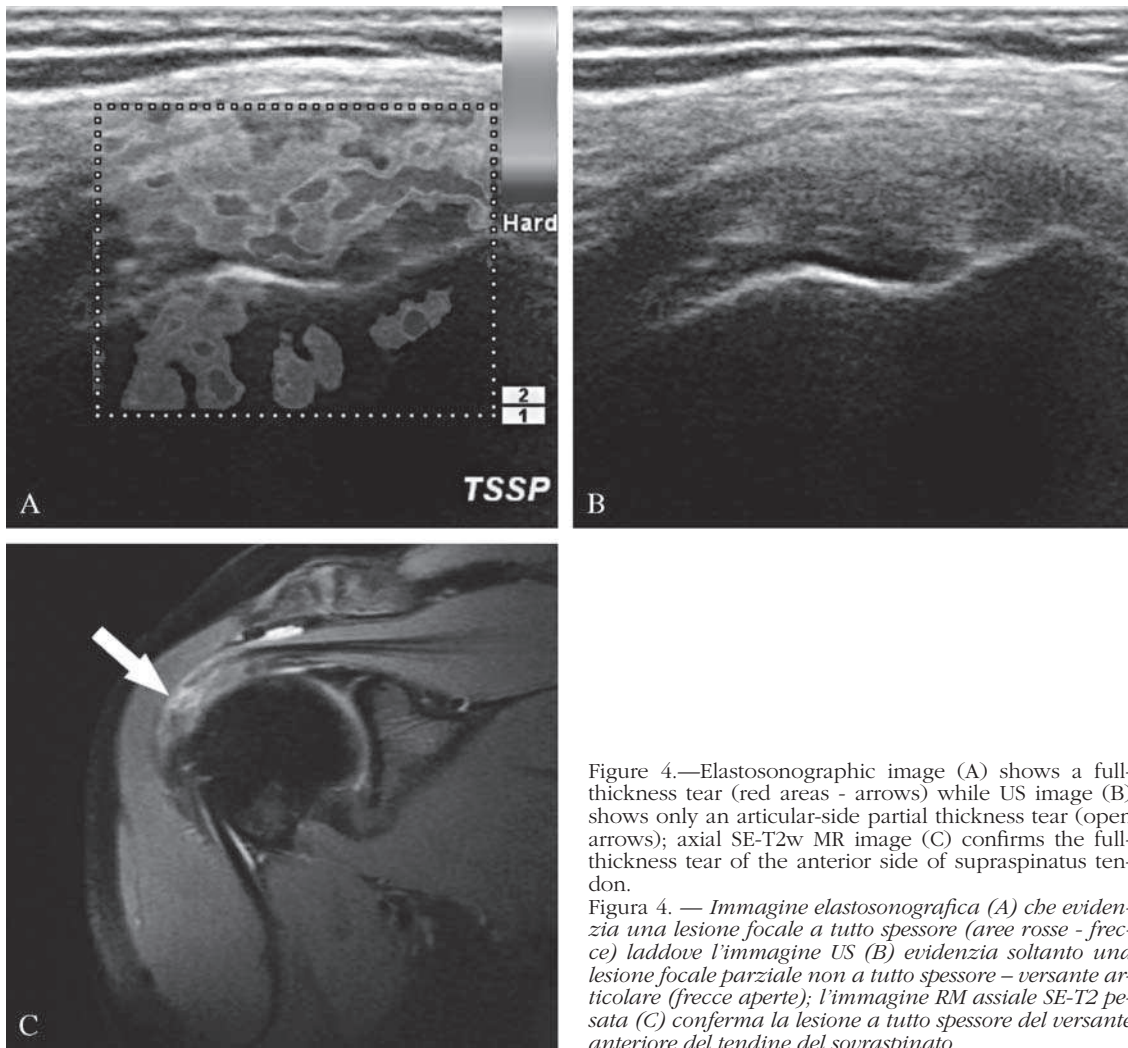


Figure 4.—Elastosonographic image (A) shows a full-thickness tear (red areas - arrows) while US image (B) shows only an articular-side partial thickness tear (open arrows); axial SE-T2w MR image (C) confirms the full-thickness tear of the anterior side of supraspinatus tendon.

Figura 4. — Immagine elastosonografica (A) che evidenzia una lesione focale a tutto spessore (aree rosse - frecce) laddove l'immagine US (B) evidenzia soltanto una lesione focale parziale non a tutto spessore - versante articolare (freccie aperte); l'immagine RM assiale SE-T2 pesata (C) conferma la lesione a tutto spessore del versante anteriore del tendine del sovraspinato.

logical findings, however, in many centers it is preferred to use ultrasound as the first level investigation due to the simple fact that it is more economical and available, effectively delegating the MRI examination to cases in which there is discordance between the ultrasound finding and the clinical examination.<sup>8,9</sup>

The presence of tendon tissue affected by degeneration is very difficult or impossible to evaluate with conventional ultrasound, since the degenerated tissue often has the same echostructure as the surrounding healthy tissue.<sup>5</sup> However, it is known that inflammation can cause a variation in tissue elasticity and some studies have demonstrated that real-time elastosonography can be used to differenti-

Anche la RM risulta molto sensibile e specifica (fino al 95%) nella diagnosi di rottura del tendine del sovraspinato se comparata coi reperti patologici, tuttavia in molti centri si preferisce usare l'US come indagine di primo livello per il semplice fatto che quest'ultima risulta più economica e disponibile, delegando l'esame RM di fatto ai casi in cui vi sia discordanza tra reperto ecografico ed esame clinico<sup>8,9</sup>.

La presenza di tessuto tendineo affetto da degenerazione risulta molto difficile o impossibile da valutare con l'US convenzionale, dal momento che il tessuto degenerato spesso ha la stessa ecostruttura del tessuto sano circostante<sup>5</sup>. Tuttavia, è risaputo che una flogosi può determinare una variazione nell'elasticità tessutale ed alcuni



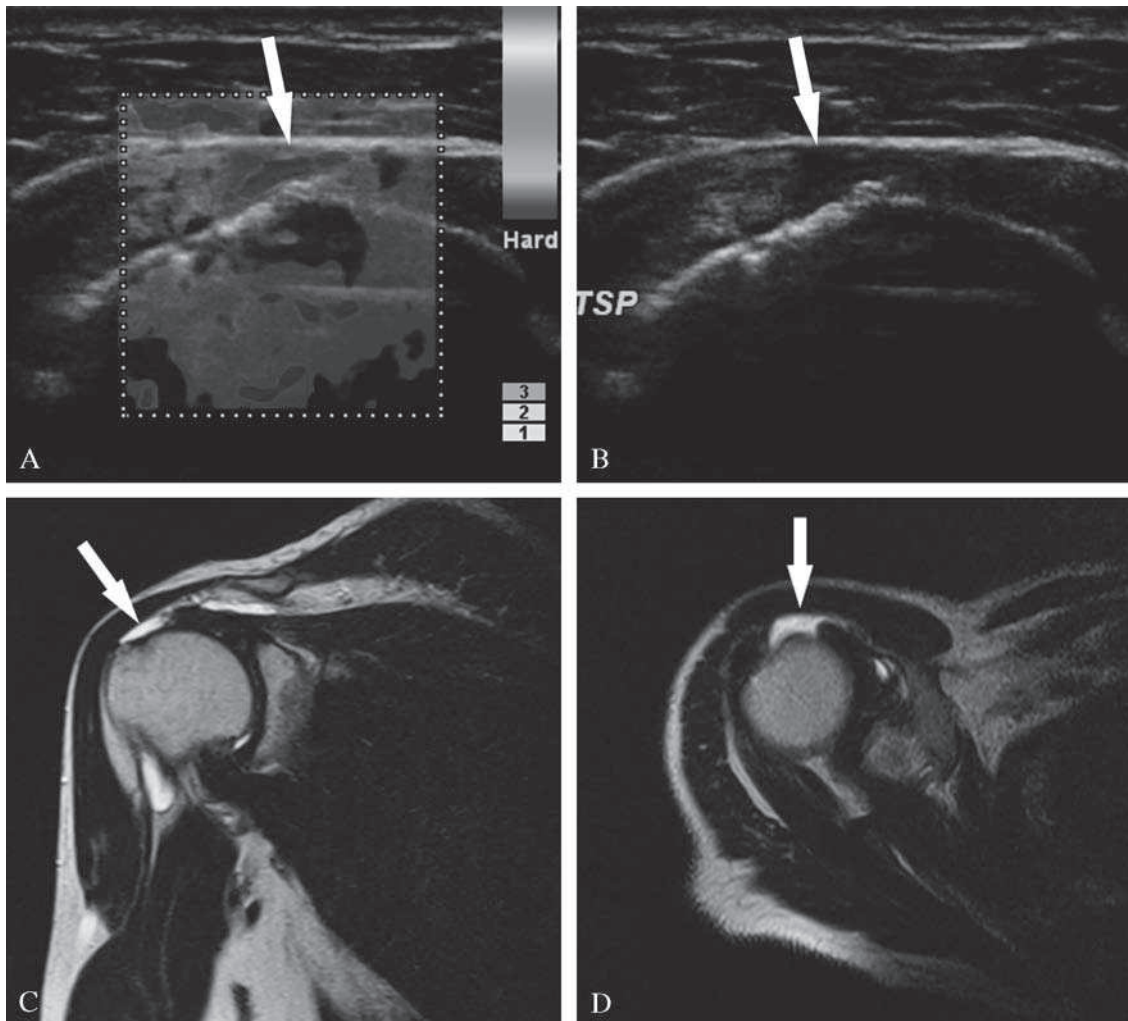


Figure 5.—Elastosonographic image (A) shows a full-thickness tear (red areas - arrows) that appears larger than in US image (B) (open arrows); coronal and axial SE-T2w MR images (C, D) correlates better with elastosonography, confirming a large full-thickness lesion of the supraspinatus tendon.

Figura 5. — Immagine elastosonografica (A) che evidenzia una lesione a tutto spessore (aree rosse - frecce) che appare più grande rispetto a quella riscontrata all'US (B) (frecce aperte); le immagini RM coronale ed assiale SE-T2 pesate (C, D) correlano meglio con l'elastosonografia, confermando un'ampia lesione focale a tutto spessore del tendine del sovraspinato.

ate a rigid and healthy tendon structure from a degenerated one, providing conventional ultrasound with a more detailed, sensitive, and accurate approach.<sup>5,6</sup>

Our study has confirmed that the tendinous structure of a presumably health tendon appears rigid (blue) upon elastosonography, as seen in 55/58 cases, with signs of initial tendinous degeneration (according to the grading system for both elastosonography and B-mode ultrasound as explained in the methods) in the

*studi hanno dimostrato che l'elastosonografia in tempo reale può essere usata per differenziare una struttura tendinea rigida e sana da una degenerata, fornendo all'US convenzionale un approccio maggiormente dettagliato e sensibile e accurato<sup>5,6</sup>.*

*Il nostro studio ha confermato che la struttura tendinea di un tendine presunto sano appare rigida (blu) all'elastosonografia, come visto in 55/58 casi, con segni di iniziale degenerazione tendinosa (secondo il sistema di grading sia elastosono-*



remaining three cases, even if they were asymptomatic upon clinical examination.

With conventional ultrasound, the presence of tendinous degeneration results in an area of hypoechogenicity that corresponds to areas of collagen degeneration and broken fibrils that can be replaced by reparative granulation tissue,<sup>11</sup> which can often assume an echostructure similar to that of the adjacent healthy tendon. This can explain the fact that in the study of the asymptomatic shoulders of the 58 patients, conventional ultrasound showed only three cases of low-medium grade tendinosis with respect to 5 with elastosonography and MRI in the symptomatic shoulders.

Even a partial tendinous rupture can often be filled with scar-forming granulation tissue that assumes an echostructure similar to that of the adjacent tendon, making evaluation with ultrasound difficult;<sup>11</sup> this is reflected in our results since the elastosonography demonstrated that three presumed cases of high degree tendinosis with B-mode ultrasound were in reality partial lesions, one of which affected only the joint side and the other only the bursal side.

Furthermore, four cases of partial lesion detected with B-mode ultrasound were instead, with both elastosonography and MRI, full-thickness lesions.

The findings detected with elastosonography were comparable to those with MRI with regard to the classification and grading of the tendinous alterations detected, even though a difference in the measurement of the lesions between the two methods emerged, especially of the full-thickness ones, which were slightly larger with MRI, probably due to the time elapsed between the two examinations (ca. 2-4 weeks) and the high signal intensity of the perilesional edema that summed with that of the lesion itself.

A possible limitation of this study regards the lack of comparison of the ultrasound and MRI findings with arthroscopy, considered the "gold standard" method with regard to full-thickness and partial tendinous lesions; however, since magnetic resonance is also considered by many authors to be a very sensitive and specific method for these lesions, this limitation is in any case marginal for the purpose of our study, which is to compare elastosonography with standard B-mode ultrasound and not to evaluate the sensitivity of magnetic resonance. Furthermore, arthroscopy is not recommended with regard to the treatment of tendinosis in the absence of lesions, as these pathologies should

*grafico che ecografico B-mode come spiegato nei metodi) nei restanti 3 casi, seppure asintomatici all'esame clinico.*

*La presenza di una degenerazione tendinea in US convenzionale risulta in un'area di ipoecogenicità che corrisponde a zone di degenerazione collagena e di fibrille rotte che possono essere sostituite da tessuto di granulazione riparativo<sup>11</sup>, che spesso può assumere un'ecostruttura simile a quella del tendine sano adiacente. Questo può spiegare il fatto che nello studio delle spalle asintomatiche dei 58 pazienti, l'US convenzionale abbia dimostrato solo 3 casi di tendinosi di basso-medio grado rispetto ai 5 dell'elastosonografia e della RM nelle spalle sintomatiche.*

*Anche una rottura tendinea parziale può essere spesso riempita da tessuto di granulazione cicatriziale che assume un'ecostruttura simile a quella del tendine adiacente, rendendo difficoltosa la valutazione all'US<sup>11</sup>, e ciò si riflette nei nostri risultati dal momento che l'elastosonografia ha dimostrato che tre presunti casi di tendinosi di alto grado in ecografia B-mode erano in realtà lesioni parziali, di cui una interessante il solo versante articolare e l'altra il solo versante bursale.*

*Inoltre, quattro casi di lesione parziale riscontrati con l'US B-mode sono risultati essere invece, sia all'elastosonografia che alla RM, lesioni a tutto spessore.*

*I reperti riscontrati all'elastosonografia sono risultati sovrapponibili a quelli della RM per quanto riguarda la classificazione ed il grading delle alterazioni tendinee riscontrate, seppure sia emersa una differenza nella misurazione delle lesioni tra le due metodiche, specie di quelle a tutto spessore, che sono risultati lievemente più ampie alla RM, verosimilmente a causa del tempo intercorso tra i due esami (circa 2-4 settimane) e dell'intensità di segnale elevata dell'edema perilesionale che si andava a sommare a quella della lesione di per sé.*

*Una possibile limitazione di questo studio riguarda la mancanza del confronto dei reperti ecografici ed RM con l'artrosopia, ritenuta metodica "gold standard" per quanto riguarda le lesioni tendinee a tutto spessore e parziali, ma, dal momento che anche la RM è ritenuta da molti autori metodica molto sensibile e specifica per tali lesioni, tale limitazione risulta comunque marginale per lo scopo del nostro studio, che resta quello di confrontare l'elastosonografia rispetto all'ecografia standard in B-mode e non quello di valutare la sensibilità della Risonanza Magnetica; inoltre, l'artrosopia non è consigliata per quanto riguarda la terapia delle tendinosi in assenza di lesioni, in quanto tali patologie*

be treated with physical and rehabilitative medicine, so it was therefore not applicable to all of our study's cases.

### Conclusions

We believe that elastosonography, thanks to its excellent correlation with clinical data and the MRI examination, is a powerful diagnostic tool that can be used in addition to ultrasound examination in B-mode to differentiate the presence of a lesion or a tendinous degeneration of the supraspinatus that is masked by granulation tissue, making their evaluation by ultrasound difficult. From the therapeutic point of view, the possibility of avoiding this ultrasound pitfall in the diagnosis of lesions of the supraspinatus tendon, in particular of those that are partial and full-thickness on a degenerative basis, plays an important role.

It would, therefore, be a good idea, wherever software for elastosonographic evaluation is available, to repeat the ultrasound examination of the shoulder tendons with the elastosonographic module, especially if there are doubts regarding the presence of granulation tissue in a partial lesion or of tendinosis that is more serious than that which standard ultrasound can show.

*vanno trattate con la medicina fisica e riabilitativa, e pertanto non era applicabile alla totalità dei casi del nostro studio.*

### Conclusioni

*Riteniamo che l'elastosonografia, grazie alla sua eccellente correlazione coi dati clinici e con l'esame RM, sia un potente mezzo diagnostico che può essere usata in aggiunta all'esame ecografico in B-mode per differenziare la presenza di una lesione o una degenerazione tendinea del sovraspinato mascherata da tessuto di granulazione che rende difficile la loro valutazione ecografica, e dal punto di vista terapeutico, questa possibilità di evitare tale pitfall ecografico nella diagnosi di lesioni del tendine del sovraspinato, in particolare di quelle parziali e a tutto spessore su base degenerativa, assume un ruolo importante.*

*Pertanto, sarebbe auspicabile, laddove fosse disponibile il software per la valutazione elastosonografica, ripetere con il modulo elastosonografico l'esame ecografico dei tendini della spalla, specie se sussistono dei dubbi circa la presenza di tessuto di granulazione in una lesione parziale o di una tendinosi più grave di quella che possa mostrare l'ecografia standard.*

### References/Bibliografia

- 1) Varghese T, Ophir J, Konofagou E *et al.* Tradeoffs in elastographic imaging. *Ultrasound Imaging* 2001;23:216-48.
- 2) Ophir J, Céspedes I, Ponnekanti H *et al.* Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrasound Imaging* 1991;13:111-34.
- 3) Pesavento A, Perrey C, Krueger M *et al.* Time-efficient and accurate strain estimation concept for ultrasonic elastography using iterative phase zero estimation. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 1999;46:1057-67.
- 4) Pallwein L, Mitterberger M, Struve P *et al.* Comparison of sonoelastography guided biopsy with systematic biopsy: impact on prostate cancer detection. *Eur Radiol* 2007;17:2278-85.
- 5) Frey H. Realtime elastography: a new ultrasound procedure for the reconstruction of tissue elasticity [in German]. *Radiologe* 2003;43:850-5.
- 6) De Zordo T, Lil SR, Fink C *et al.* Real-time sonoelastography of lateral epicondylitis: comparison of findings between patients and healthy volunteers. *AJR* 2009;193:180-5.
- 7) Ellman H. Diagnosis and treatment of incomplete rotator cuff tears. *Clin Orthop* 1990;254:64-74.
- 8) Bachmann GF, Melzer Ch, Heinrichs CM *et al.* Diagnosis of rotator cuff lesions: comparison of US and MRI on 38 joint specimens. *Eur Radiol* 1997;7:192-7.
- 9) Ferrari F, Governi S, Buresi F *et al.* Supraspinatus tendon tears: comparison of US and MR arthrography with surgical correlation. *Eur Radiol* 2002;12:1211-7.
- 10) Moosikasuwon J, Miller TT, Burke BJ. Rotator cuff tears: clinical, radiographic, and US findings. *RadioGraphics* 2005;25:1591-607.
- 11) Bianchi S, Martinoli C. Shoulder. In: Bianchi S, Martinoli C, editors. *Ultrasound of the musculoskeletal system*. Berlin: Springer-Verlag; 2007. p. 251-6.

Received on November 15, 2012. - Accepted for publication on December 10, 2012.

Corresponding author: G. Francavilla, Dept. of Clinical Medicine, Cardiovascular and Nephro-Urological Diseases, University of Palermo, Palermo, Italy. E-mail: med.sport@unipa.it