



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA**

Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia

**Spessore della cuffia dei rotatori in una
popolazione di giovani adulti sani:
studio ecografico di normalità.**

Relatore: Chiar.mo Prof.
Antonio Pompilio Gigante

Tesi di Laurea di:
Lorena Cacciamani

A. A. 2021-2022

INDICE

CAPITOLO 1: LA CUFFIA DEI ROTATORI.....	3
1.1 Anatomia normale della spalla.....	3
1.1.1 La clavicola.....	3
1.1.2 La scapola.....	4
1.1.3 L'omero.....	6
1.1.4 Le articolazioni.....	8
1.2 La cuffia dei rotatori.....	12
1.3 Patologia della cuffia dei rotatori.....	14
CAPITOLO 2: L'ECOGRAFIA.....	19
2.1 Principi di funzionamento dell'ecografia.....	19
2.2 L'ecografia nello studio della cuffia dei rotatori.....	23
2.2.1 Vantaggi e limiti.....	23
2.2.2 Modalità di esecuzione.....	24
2.2.3 Studio del sovraspinoso.....	26
2.2.4 Studio del sottospinoso.....	29
2.2.5 Studio del sottoscapolare.....	32
2.2.6 Studio del capo lungo del bicipite brachiale.....	34
CAPITOLO 3: STUDIO SPERIMENTALE.....	37
3.1 Introduzione.....	37
3.2 Materiali e metodi.....	38
3.3 Risultati.....	42
3.4 Discussione.....	47
3.5 Conclusioni.....	49

Bibliografia

CAPITOLO 1: LA CUFFIA DEI ROTATORI

1.1 Anatomia normale della spalla ^[1]

La spalla è una complessa articolazione che unisce il cingolo scapolare, quindi il torace, all'arto superiore. È l'articolazione dotata di maggiori possibilità di movimento dell'intero corpo umano [7]. La spalla, nello specifico, è costituita dall'articolarsi di tre ossa: la clavicola, la scapola e l'omero.

1.1.1 La clavicola

La clavicola è un osso pari e simmetrico allungato che ha una curvatura ad S, posizionata orizzontalmente tra il manubrio dello sterno e l'acromion della scapola. Ha un corpo e due estremità una mediale o sternale ed una laterale o acromiale.

La faccia superiore della clavicola presenta delle rugosità per l'inserzione dei muscoli deltoide e trapezio (fig.1).

A livello della faccia inferiore è presente un solco per l'inserzione del muscolo succlavio, un tubercolo che prende il nome di tubercolo conoide dove si inserisce l'omonimo legamento e una linea detta trapezoidea dove si inserisce il legamento trapezoide (fig.1).

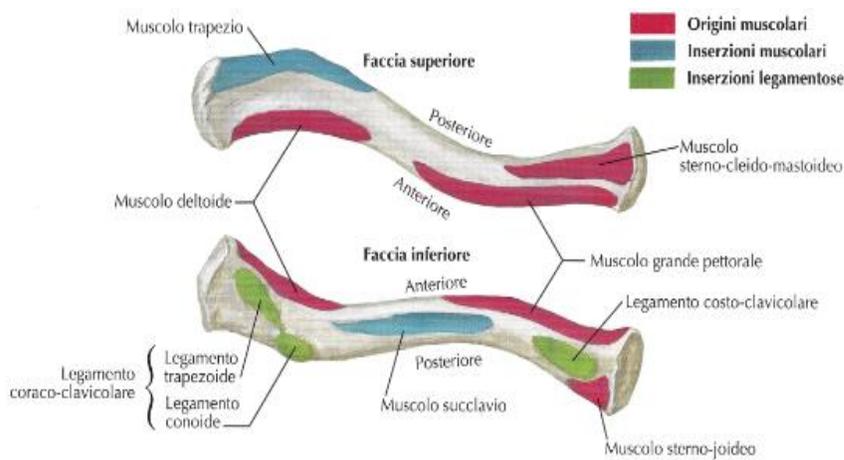


Fig. 1: Faccia superiore e inferiore della clavicola con le varie inserzioni muscolari e legamentose (Netter, ed. 5, tavola 404).

1.1.2 La scapola

La scapola è un osso piatto pari e simmetrico che si trova dorsalmente rispetto alla gabbia toracica. Ha una forma triangolare con base superiore e apice inferiore e tre margini: laterale, mediale e superiore (fig.2).



Fig. 2: Faccia anteriore o costale della scapola di destra (My personal Trainer).

La faccia costale o anteriore presenta una fossa chiamata fossa sottoscapolare da cui origina l'omonimo muscolo (fig.3).

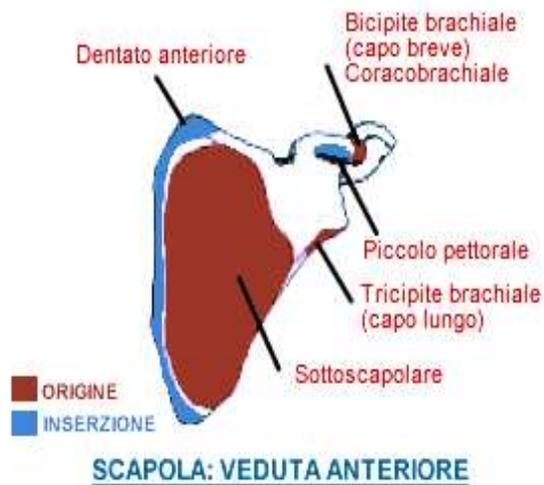


Fig. 3: Visione dell'origine e dell'inserzione dei diversi gruppi muscolari nella scapola di destra.
(My personal trainer).

La faccia dorsale o posteriore è divisa da un rilievo osseo trasversale chiamato spina della scapola che origina dal margine mediale e si dirige lateralmente, aumentando di altezza, portandosi poi in avanti per terminare con un processo appiattito denominato acromion (fig.4). Sul margine mediale di questo processo osseo si trova la faccia articolare per articolarsi con la clavicola (fig.4).

Il margine superiore della scapola, lateralmente, presenta un'incisura attraverso la quale passa il nervo soprascapolare. Ancora più lateralmente all'incisura troviamo un processo, detto coracoideo a livello del quale si inseriscono i muscoli: piccolo pettorale, coraco-brachiale e il capo breve del bicipite brachiale (fig.4 e 5).

Il margine mediale decorre parallelo alla colonna vertebrale tra la terza e la settima costa (fig.4). Forma in continuità con il margine superiore un angolo appuntito, detto angolo superiore, dal quale origina il muscolo elevatore della scapola. In continuità con il margine inferiore, invece, forma l'angolo inferiore (fig.4).

Il margine laterale è arrotondato e costituito in alto dal tubercolo infraglenoideo che dà origine al capo lungo del tricipite brachiale (fig.4 e 5). L'angolo laterale corrisponde alla cavità glenoidea che si articola con la testa dell'omero (fig.4). Quest'ultima è rivestita da cartilagine ed è separata dal corpo della clavicola da un restringimento, detto collo della scapola. Al di sopra della cavità si trova un tubercolo, detto sopraglenoideo dal quale origina il capo lungo del bicipite brachiale.

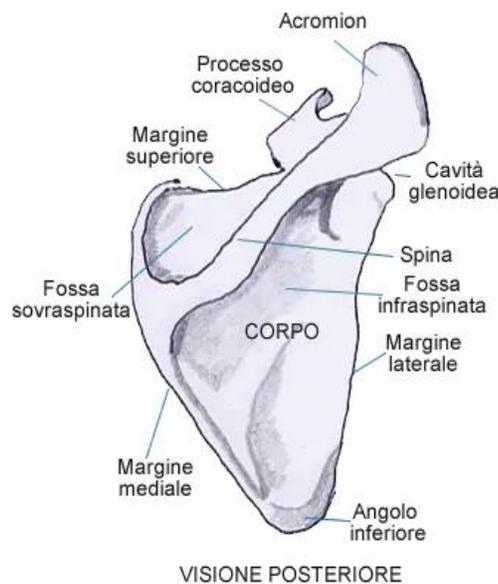
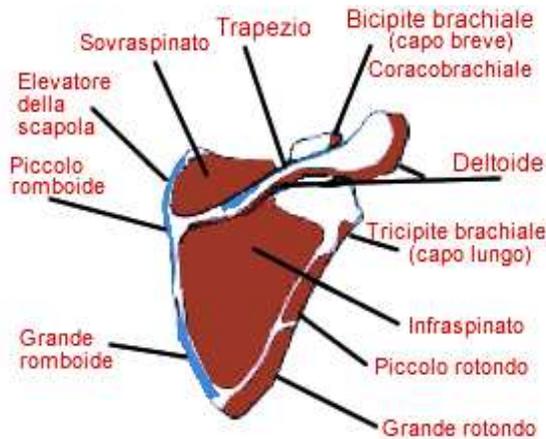


Fig.4: Faccia posteriore o dorsale della scapola di destra (My Personal Trainer).

Al di sopra della spina della scapola vi è la fossa sovraspinata dalla quale origina l'omonimo muscolo (fig.5). Al di sotto di essa vi è un'altra fossa detta infraspinata, più grande della precedente dalla quale origina l'omonimo muscolo (fig.5).



SCAPOLA: VEDUTA POSTERIORE

Fig.5: Visione dell'origine e inserzioni dei diversi gruppi muscolari nella scapola di destra
(My personal trainer).

1.1.3 L'omero

L'omero è un osso lungo che costituisce il braccio, si articola prossimalmente con la scapola e distalmente con il radio e l'ulna che formano l'avambraccio. È formato da un corpo che ha tre facce: due anteriori, la mediale e la laterale, ed una posteriore.

La faccia antero-laterale presenta una tuberosità triangolare detta deltoidea dove si inserisce l'omonimo muscolo (fig.6).

La faccia antero-mediale presenta un solco, che si continua con il solco bicipitale o inter-tubercolare (fig.6), e il foro nutritizio dell'intero osso che si colloca circa a metà lunghezza.

La faccia posteriore presenta un solco diretto dall'alto verso il basso, dove passa il nervo radiale (fig.7).

L'epifisi prossimale è formata dalla testa dell'omero che si restringe a livello della base formando il collo anatomico che si continua con il collo chirurgico fino a livello del corpo dell'omero (fig.6 e 7). Nella parte laterale è presente il tubercolo maggiore, trochite, che dà inserzione ai muscoli infraspinato, sovraspinato e piccolo rotondo (fig. 6 e 7).

Antero-medialmente a quest'ultimo è presente il tubercolo minore, trochine, dove si inserisce il muscolo sottoscapolare (fig.6 e 7).

Tra i due tubercoli vi è il solco bicipitale dove passa il tendine del capo lungo del bicipite brachiale, delimitato da due creste (fig.6).



Fig. 6: Faccia anteriore dell'omero di destra (Medicinaonline).

L'epifisi distale presenta due rilievi: l'epicondilo mediale (fig.6) e l'epicondilo laterale (fig.7). A livello dell'epicondilo mediale vi è un solco dovuto al passaggio del nervo ulnare (fig.7). Tra i due condili è compresa una superficie articolare rivestita di cartilagine che va ad articolarsi lateralmente con il radio, tramite un condilo, e medialmente con l'ulna, tramite una troclea (fig. 6 e 7). Al di sopra del condilo, anteriormente, si trova la fossa radiale per accogliere la testa del radio nei movimenti di flessione dell'avambraccio sul braccio (fig.6). Al di sopra della troclea, anteriormente, si trova invece la fossa coronoidea che serve ad accogliere l'omonimo processo dell'ulna (fig.6). Posteriormente a livello della troclea è presente un'altra fossa detta olecranica, che si articola con il processo olecranico dell'ulna (fig.7).

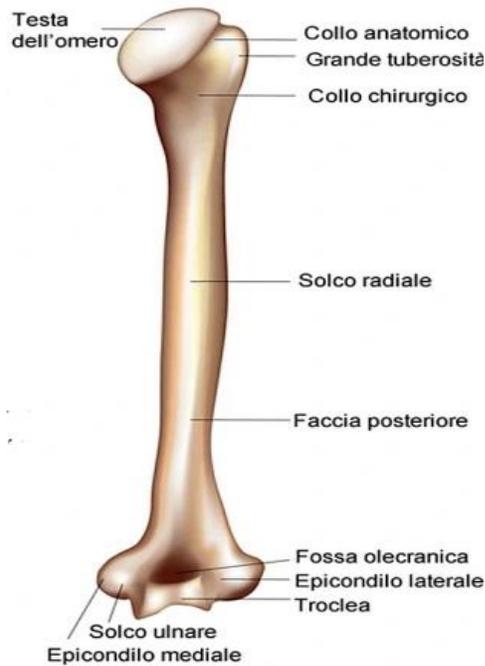


Fig.7: Faccia posteriore dell'omero di destra (Medicinaonline)

1.1.4 Le articolazioni

Le tre ossa viste precedentemente, ovvero clavicola, scapola e omero, si articolano poi tra di loro e con la gabbia toracica per costituire l'articolazione della spalla. Nello specifico le articolazioni che compongono la spalla sono quattro: la gleno-omeroale, la acromion-clavicolare, la sterno-clavicolare e la scapolo-toracica (fig.8). [9]

Alcuni indicano anche come articolazione facente parte della spalla la sottodeltoidea, che in realtà è una falsa articolazione (fig.8) [9]. Essa è di fatti costituita dall'acromion, dal legamento coraco-acromiale, dalla borsa sub-acromiale e sottodeltoidea e dal tendine del muscolo sovraspinato [9]. Le strutture vanno così a creare un piano di scivolamento consentendo i movimenti tra la parte inferiore dell'acromion e la parte superiore dell'omero [9].

L'articolazione scapolo-toracica, in realtà, è anch'essa una falsa articolazione [9]. È formata dalla faccia anteriore della scapola e dalla gabbia toracica [9]. L'articolazione consente alla scapola di ruotare intorno e sopra la gabbia toracica, separata da quest'ultima dal muscolo dentato anteriore [9].

L'articolazione acromion-clavicolare, invece, è un'artrodia che unisce l'acromion con l'estremità laterale della clavicola. Un'artrodia è un'articolazione caratterizzata dall'avere superfici articolari piane, o quasi. Essa consente di conseguenza piccoli movimenti, soprattutto di scivolamento.

In questo caso specifico abbiamo piccoli movimenti di scivolamento che modificano l'angolo tra scapola e clavicola e inoltre lievi rotazioni orarie e antiorarie della scapola. L'articolazione sterno-clavicolare è un'articolazione a sella che unisce l'estremità mediale della clavicola con il manubrio dello sterno e alla prima cartilagine costale. L'articolazione a sella è un'articolazione costituita da due superfici aventi ognuna due curvature, una concava e una convessa. Permette in questo caso specifico, movimenti di innalzamento, abbassamento, circumduzione e di proiezione sia anteriore che posteriore della clavicola.

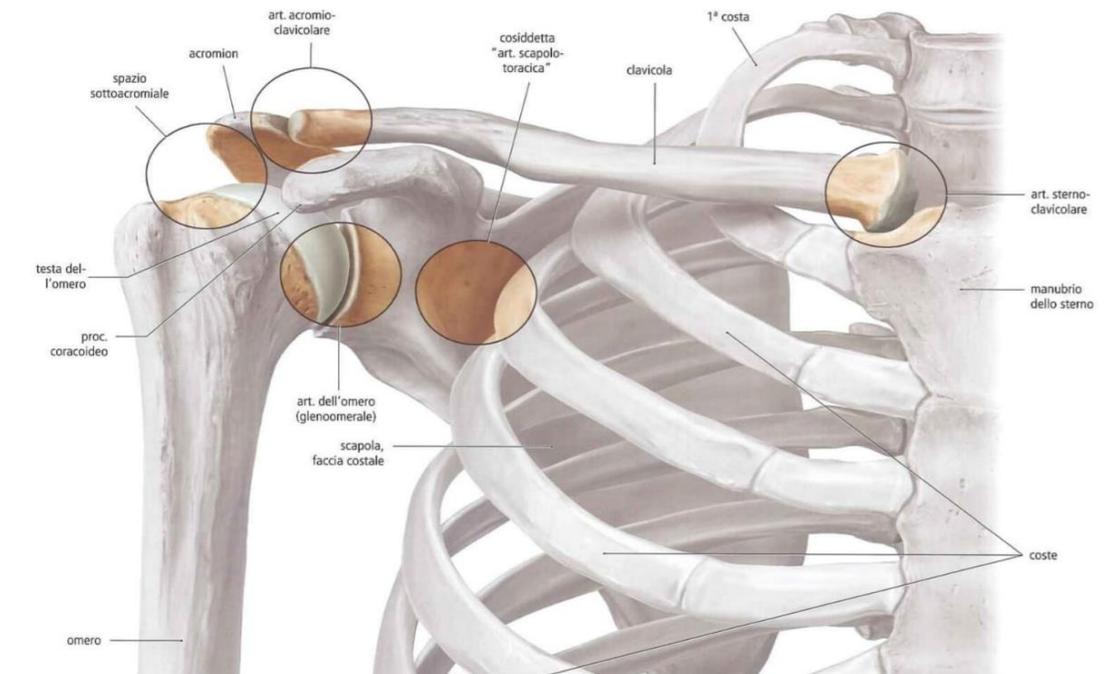


Fig.8: Visione anteriore della spalla di destra dove sono evidenziate le varie articolazioni che la compongono (Calistenics).

L'articolazione più propriamente della spalla è l'articolazione gleno-omerale. È classificata come enartrosi, ovvero un'articolazione composta da una superficie articolare a forma di segmento di sfera in cui una parte è concava, formata in questo caso dalla cavità glenoidea della scapola, ed una parte è convessa, rappresentata in questo caso dalla testa dell'omero. La cavità glenoidea è una superficie ovalare circondata da un labbro o cercine, detto glenoideo, che aumenta la superficie di contatto con la testa dell'omero, essendo quest'ultima più grande della cavità stessa (fig.9).

La fissità dell'articolazione è coadiuvata dalla presenza di una capsula articolare che si inserisce prossimalmente sul contorno della cavità glenoidea e del labbro glenoideo,

mentre lateralmente va ad inserirsi a livello del collo chirurgico dell'omero anteriormente e a livello del collo anatomico posteriormente (fig.9).

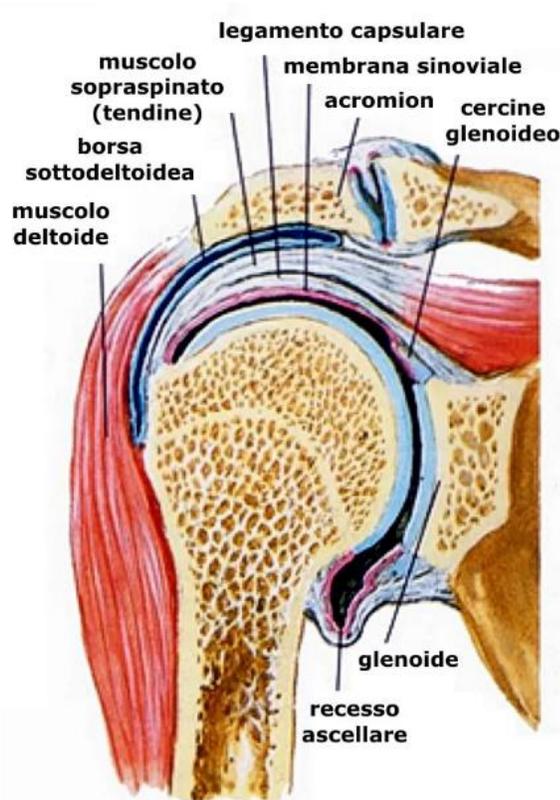


Fig.9: Immagine che mostra il dettaglio anatomico della spalla di destra sezionata, dove sono visibili le diverse componenti dell'articolazione gleno-omeroale (Kinesiopatia).

Questo complesso osteo-capsulare è rinforzato da quattro tendini: coraco-omeroale, gleno-omeroale superiore, gleno-omeroale medio e gleno-omeroale inferiore.

Il **coraco-omeroale** parte dal processo coracoideo e si inserisce sul tubercolo maggiore dell'omero, aderendo alla capsula.

Il **gleno-omeroale superiore** origina dal contorno superiore della capsula andando ad inserirsi a livello collo anatomico omeroale.

Il **gleno-omeroale medio** decorre tra il contorno anteriore della capsula e la piccola tuberosità dell'omero.

Il legamento **gleno-omeroale inferiore**, invece, origina dal contorno antero-inferiore della cavità glenoidea e si inserisce a livello del collo chirurgico dell'omero.

L'apparato legamentoso della spalla è completato da altri legamenti quali l'acromion-clavicolare che rinforza l'omonima articolazione (fig.10).

A livello di questa articolazione abbiamo anche un altro robusto legamento, il coraco-clavicolare formato da due fasci: il legamento trapezoide tra la faccia superiore del processo coracoideo e la linea trapezoide della clavicola e il legamento conoide che va dalla base del processo coracoideo fino a livello del tubercolo conoide della clavicola (fig.10).

Vi sono poi i legamenti propri della scapola rappresentati dal coraco-acromiale, tra il margine laterale del processo coracoideo e l'estremità libera dell'acromion (fig.10), il legamento trasverso superiore della scapola (fig.10), che trasforma un'incisura in foro per il passaggio del nervo soprascapolare e il legamento trasverso inferiore della scapola.

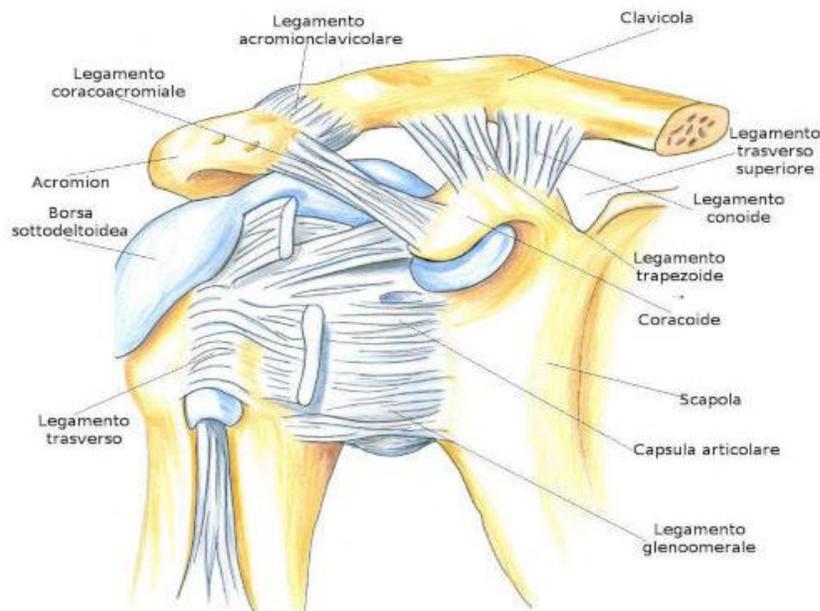


Fig.10: Visione anteriore della spalla destra con dettaglio anatomico dei legamenti e della capsula articolare (Osteolab).

Un'articolazione simile a quella della spalla è quella dell'anca o articolazione coxofemorale, anch'essa un'artrosi. Entrambe le articolazioni sono dotate di grande mobilità, consentendo movimenti di adduzione, abduzione, flessione, estensione e rotazione dell'arto superiore rispetto al cingolo scapolare e dell'arto inferiore rispetto al cingolo pelvico. Tuttavia, tra le due vi è un'importante differenza per quanto riguarda la stabilità dell'articolazione.

A livello dell'articolazione coxofemorale, la muscolatura è principalmente coinvolta nel movimento lungo i tre piani e nel mantenimento della postura.

Diverso è invece il ruolo della muscolatura per l'articolazione gleno-omeroale. Questa, infatti, non è completamente stabile [6]. Il complesso formato da capsula e legamenti, a differenza dell'anca, non riesce a garantire una stabilizzazione completa dell'articolazione, per la quale risulta fondamentale il contributo muscolare [6]. Nello specifico i protagonisti sono quattro muscoli che complessivamente formano la cuffia dei rotatori: il sovraspinoso, il sottospinoso, il piccolo rotondo ed il sottoscapolare. Quest'ultima ha quindi un ruolo fondamentale nel garantire la fissità e una corretta meccanica dell'articolazione della spalla [6].

1.2 La cuffia dei rotatori ^[1]

La cuffia dei rotatori è un complesso muscolo-tendineo localizzato a livello della spalla che ha il compito di stabilizzare l'articolazione scapolo-omeroale oltre che di partecipare ai movimenti, principalmente di abduzione e adduzione, della spalla stessa [6]. Il suo nome deriva dal fatto che i vari muscoli che vi fanno parte formano una sorta di "cuffia" intorno alla testa dell'omero, che rappresenta il perno dell'articolazione della spalla [6]. La cuffia dei rotatori è costituita da quattro muscoli. Tre di questi sono extra-rotatori: il sovraspinoso o sovraspinato, il sottospinoso o sottospinato e il piccolo rotondo. Il sottoscapolare invece è intra-rotatorio (fig.11).

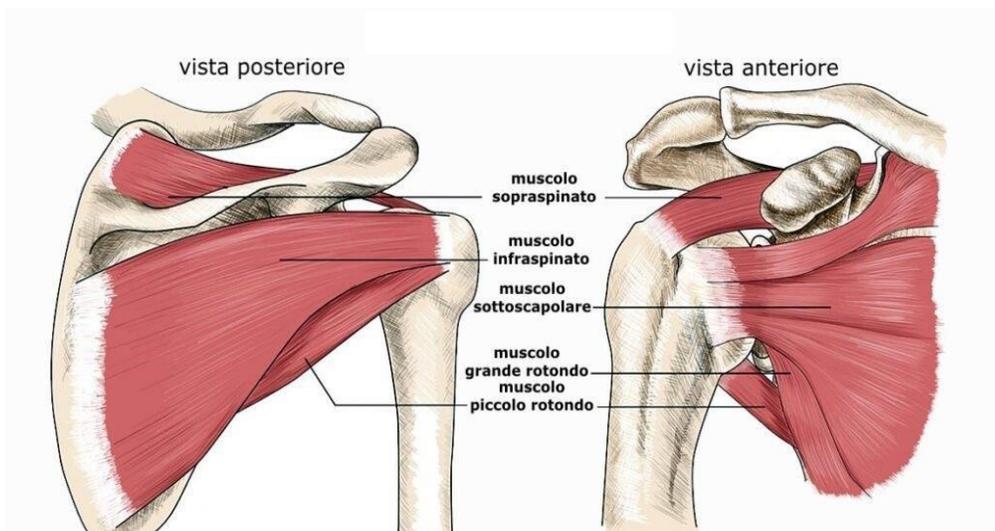


Fig.11: Dettaglio anatomico dei muscoli che compongono la cuffia dei rotatori (Fisio10).

Il muscolo **sovraspinoso** è di forma piramidale e origina dalla fossa sopraspinata della faccia posteriore della scapola. Si dirige lateralmente, passando al di sotto dell'acromion. Il tendine del muscolo poi aderisce alla capsula dell'articolazione acromio-claveare e si inserisce a livello del tubercolo maggiore dell'omero, nella faccetta superiore. Il muscolo è ricoperto dal trapezio e in parte dal deltoide e partecipa ai movimenti di abduzione e rotazione esterna dell'omero. Viene innervato dal soprascapolare e irrorato dall'arteria omonima.

Il muscolo **sottospinoso** ha forma triangolare ed origina dalla fossa sottospinata a livello della faccia posteriore della scapola. Si porta lateralmente per continuare con un tendine che passa al disotto dell'acromion per poi aderire alla capsula articolare. L'inserzione avviene a livello del tubercolo maggiore dell'omero, nella faccetta media. Partecipa ai movimenti di rotazione esterna dell'omero. È innervato dal nervo soprascapolare e irrorato dall'arteria omonima e dall'arteria circonflessa della spalla.

Il muscolo **piccolo rotondo** ha una forma cilindrica ed origina dalla metà superiore della superficie ossea, tra fossa sottospinosa e il margine laterale della scapola. Dalla faccia posteriore della scapola si dirige in alto e lateralmente per inserirsi a livello del tubercolo maggiore, nella faccetta inferiore, dopo aver aderito alla capsula articolare. Partecipa ai movimenti di rotazione esterna, abduzione ed estensione dell'omero. Viene innervato dal nervo ascellare e irrorato dall'arteria circonflessa della scapola e dalla circonflessa posteriore dell'omero.

Il muscolo **sottoscapolare** ha forma triangolare ed origina dalla fossa sottoscapolare della faccia anteriore della scapola, dirigendosi poi al di sotto del processo coracoideo e inserendosi con un robusto tendine a livello del tubercolo minore dell'omero. Partecipa ai movimenti di adduzione e rotazione interna dell'omero. È innervato dai nervi sottoscapolare superiore e inferiore e irrorato dall'arteria ascellare, sottoscapolare e soprascapolare.

La cuffia dei rotatori mantiene la testa omerale centrata nella glena, garantendo un movimento concentrico ed isometrico con una distribuzione omogenea delle sollecitazioni meccaniche sulla superficie articolare. Questo principio è alla base del funzionamento di tutte le articolazioni del corpo umano ed è atto ad evitare che una parte dell'articolazione lavori di più e quindi si usuri prima [3].

1.3 Patologia della cuffia dei rotatori ^{[3], [7]}

Le patologie che interessano la spalla, e più nello specifico la cuffia dei rotatori, possono essere suddivise in patologie di origine traumatica e patologie degenerative.

Tra le patologie di origine traumatica si annoverano le lussazioni e la rottura di cuffia.

- Le lussazioni possono essere più o meno associate a frattura della testa omerale. Per lussazione si intende la perdita completa dei normali rapporti articolari. Può essere anteriore o posteriore a seconda dello spostamento della testa omerale rispetto alla glena (Fig. 12).

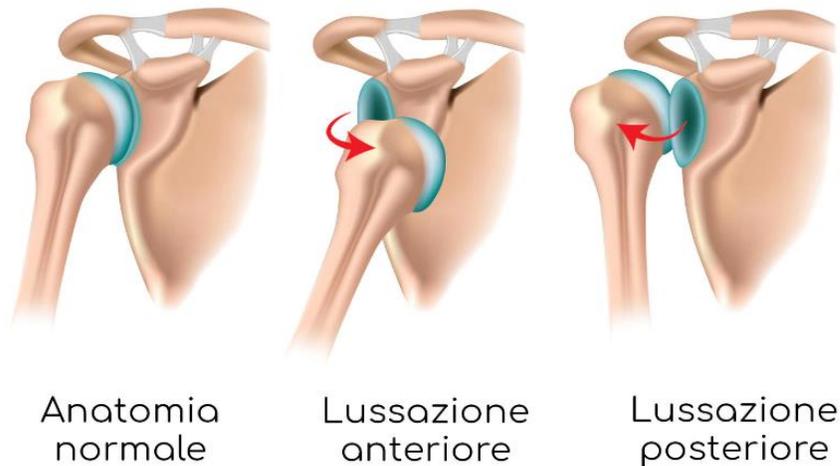


Fig. 12: Immagine che mostra i diversi tipi di lussazione della spalla (The Wom Healthy).

- La rottura della cuffia dei rotatori. Questa può verificarsi sia in caso di trauma (rottura traumatica) sia essere la conseguenza di processi degenerativi tendinei (rottura atraumatica / spontanea)[8]. Spesso è associata ad una lussazione gleno-omerale [3]. Durante il trauma si verifica un movimento anomalo della testa omerale che può danneggiare uno o più tendini della cuffia in base alla meccanica del trauma stesso. Può essere associata ad una lesione del cerchione glenoideo (lesione di Bankart).

Le patologie di natura degenerativa, invece, non hanno una anamnesi recente positiva per evento traumatico, anche se un trauma pregresso può contribuire al loro sviluppo.

- Tendinopatia della cuffia dei rotatori. Si parte da un quadro infiammatorio a cui segue una degenerazione parziale e poi totale della cuffia fino ad esitare nella rottura che può essere nella forma più grave una rottura massiva senza possibilità di riparazione chirurgica.

L'eziologia non è del tutto chiara [12]. Sicuramente l'età rappresenta un fattore favorente, infatti la patologia è più frequente dopo i 50 anni [12]. Spesso però l'associazione con micro-traumatismi dovuti a movimenti ripetuti per attività lavorative o sportive contribuiscono a sovraccaricare la struttura stessa, spiegando la presenza di queste lesioni anche in soggetti di più giovane età [8,10]. Anche patologie metaboliche quali disfunzioni tiroidee, diabete e dislipidemie sembrano aumentare il rischio di lesione atraumatica [12]. Il tendine maggiormente coinvolto è il sovraspinoso, in particolar modo la sua inserzione a livello della grande tuberosità, in quanto ipovascolarizzato [8].

Esistono diversi tipi di classificazione [12]. In generale la rottura della cuffia può essere parziale se il tessuto tendineo non è completamente strappato o completa se la lesione tendinea è a tutto spessore [3]. Un sistema classificativo molto usato è quello di Coefield che in base alle dimensioni distingue rotture piccole se < 1 cm, medie se tra 1-3 cm, grandi tra 3-5 cm e massive > 5 cm [3,12]. Esiste anche una classificazione che si basa sulla morfologia della rottura resa possibile dall'introduzione dell'artroscopia [12]. Infine, viene utilizzata anche una classificazione, di Collin, che si concentra soprattutto sulle lesioni massive distinguendole in base ai tendini coinvolti (fig.13) [4,12].

Classificazione di Collin

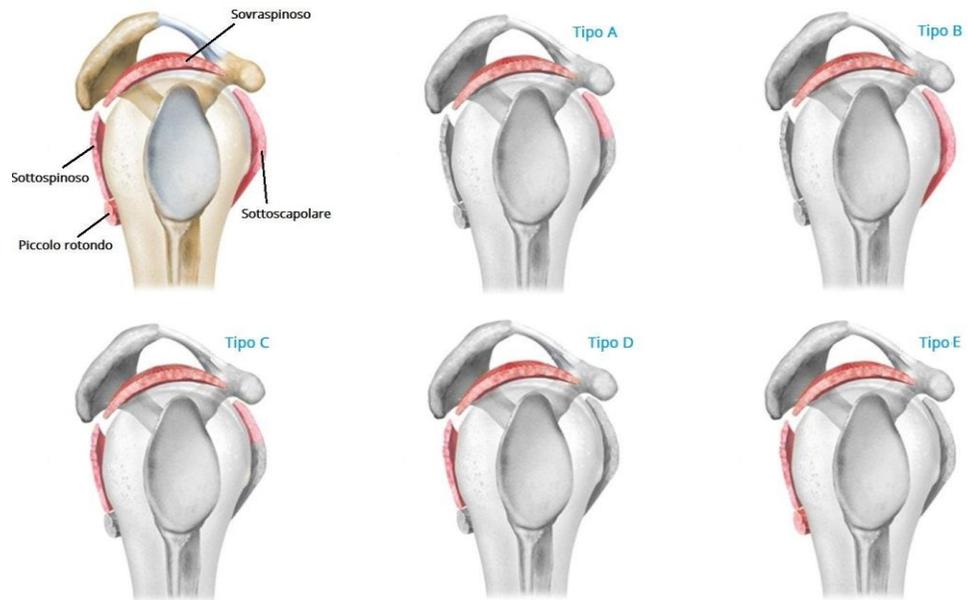


Fig. 13: Classificazione di Collin basata sui diversi tendini coinvolti (Daniele fisioterapia).

- La calcificazione della cuffia, detta anche periartrite calcifica o morbo di Duplay. In questo caso abbiamo la formazione di depositi di calcio a livello dei tendini della cuffia (fig.14). Il più frequentemente colpito è il sovraspinoso (fig.14). All’RX è possibile vedere la calcificazione (fig.14).



Fig. 14: Calcificazione visibile all’RX della spalla destra compatibile con un quadro di periartrite calcifica (Onde d’urto).

- Borsite sub-acromiale o sub-deltaoidea (fig.15). La borsa non è altro che una specie di cuscinetto che si trova all'interno dell'articolazione [8]. Essa è ripiena di un liquido, detto sinoviale, che riduce l'attrito dei tendini a livello delle strutture ossee evitando che essi si danneggino [8]. La borsa sub-acromiale si trova tra il muscolo sovraspinato, il deltoide e l'acromion. Il traumatismo causa infiammazione e edema della borsa che si riempie di liquido [8]. Spesso è associata ad una rottura della cuffia dei rotatori a causa della cosiddetta sindrome da conflitto, dove a causa del rigonfiamento della borsa questa va a comprimere la cuffia [8]. Avviene quindi un "intrappolamento" dei tendini, causando un'irritazione meccanica responsabile dell'infiammazione e poi anche della degenerazione della cuffia dei rotatori [3].

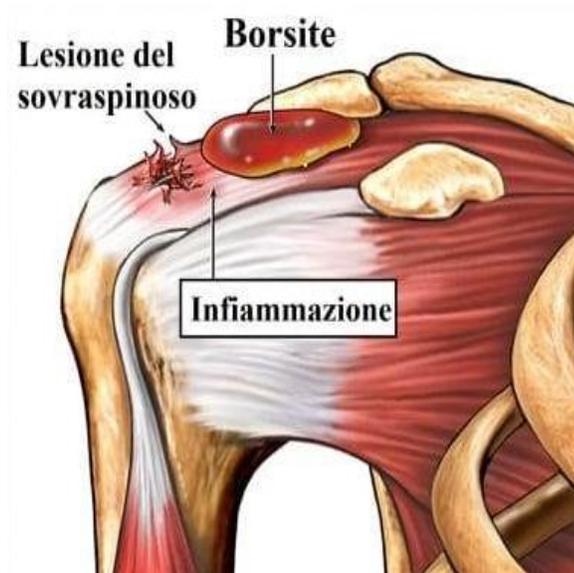


Fig. 15: Immagine che mostra l'infiammazione della borsa sub-acromiale associata ad una lesione della cuffia dei rotatori (Studiofisiotech).

- Sindrome da impingement o sindrome da conflitto. Questa definizione, infatti, accoglie una moltitudine di diverse alterazioni comprese quelle in precedenza nominate come la tendinopatia della cuffia e la borsite sub-acromiale. La sindrome si verifica a causa di alterazioni anatomiche e biomeccaniche delle componenti osteo-legamentose della spalla.

Un assetto meccanico scorretto porta, infatti, ad alterati movimenti che a loro volta causano una riduzione dello spazio sub-acromiale. Come visto la sindrome può essere causata da traumi acuti che causano dolore ed infiammazione, oppure, come avviene nella maggior parte dei casi, da traumatismi ripetuti, con sviluppo quindi di un quadro cronico.

- L'artrosi, come conseguenza di una rottura della cuffia dei rotatori. Difatti la rottura della cuffia provoca un decentramento dell'articolazione con la testa dell'omero che, a causa della trazione esercitata dal deltoide, tende a spostarsi gradualmente verso l'alto. Il decentramento a sua volta causa una differente meccanica di usura a livello della superficie articolare esitando in un quadro artrosico. Questo quadro di artrosi prende il nome di eccentrica, dove vi è risalita dell'omero, per differenziarla da quella concentrica, tipicamente primaria (Fig. 16).

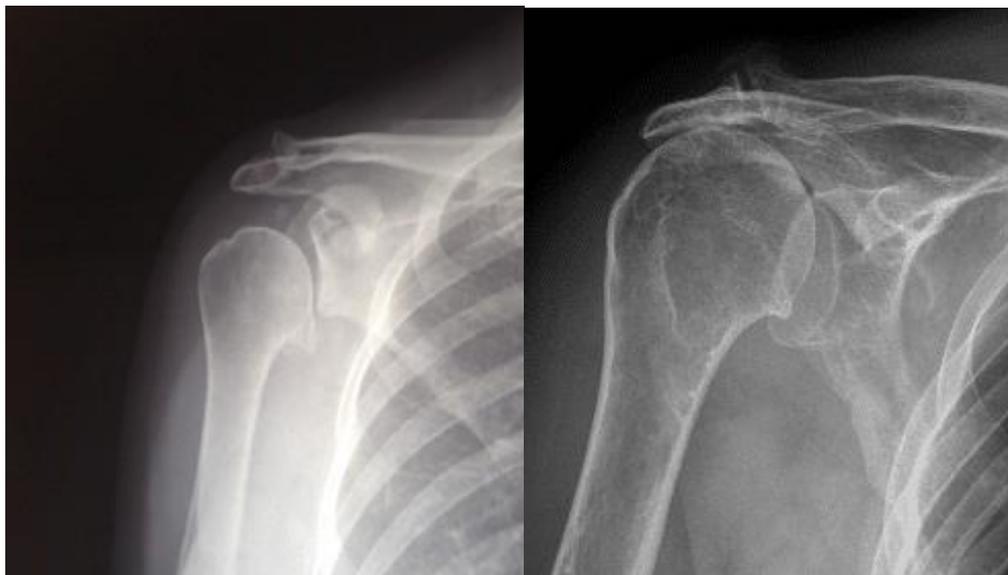


Fig. 16: Artrosi concentrica della spalla destra nell'immagine RX di sinistra e artrosi eccentrica della spalla destra nell'immagine RX di destra (Centro medico fisiosalus).

CAPITOLO 2: L'ECOGRAFIA

2.1 Principi di funzionamento dell'ecografia [2, 15]

L'ecografia è una tecnica diagnostica per immagini che si basa sull'elaborazione dei segnali di ritorno, detti echi, provenienti dall'impatto con i diversi organi e tessuti di ultrasuoni emessi da una sonda. Gli ultrasuoni non sono altro che delle onde meccaniche elastiche e longitudinali che non trasportano materia e che penetrano più o meno attraverso i tessuti. L'ecografo è costituito da una sonda o trasduttore, da un'unità centrale di elaborazione e un monitor per la visualizzazione delle immagini [14].

La sonda è deputata sia alla produzione che alla ricezione degli ultrasuoni. Al suo interno sono presenti dei cristalli, detti piezoelettrici i quali se sottoposti ad un campo elettrico si deformano di pochi millimetri per poi tornare alla forma originaria al cessare della corrente. Il ritorno elastico genera delle onde meccaniche che si propagano verso i tessuti e vengono da questi riflesse per poi tornare alla sonda. Le onde provocano di nuovo una deformazione dei cristalli che genera una piccola corrente elettrica.

Una parte degli ultrasuoni viene riflessa e diffusa in corrispondenza di zone dove abbiamo il passaggio tra due tessuti differenti, ovvero l'interfaccia acustica (fig.17). Ad ogni interfaccia una parte di ultrasuoni torna indietro sotto forma di echi mentre un'altra di essi prosegue con intensità ridotta e con un angolo leggermente modificato, ovvero vengono rifratti (fig.17). Maggiore è la differenza tra i tessuti e maggiore sarà l'angolo con cui gli echi verranno riflessi. Tuttavia, circa l'80% dell'energia degli ultrasuoni viene trasformata in calore.

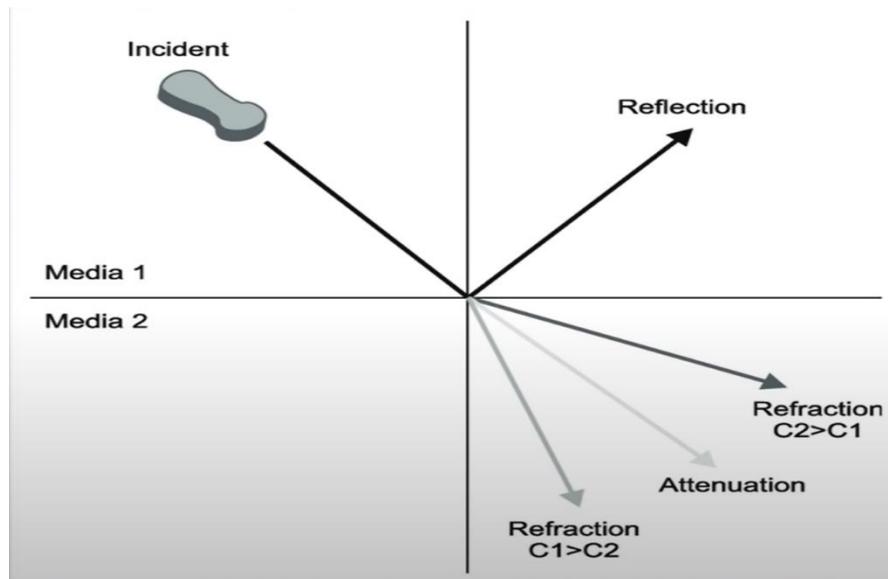


Fig.17: Immagine che mostra la trasmissione degli ultrasuoni tra il mezzo 1 e il mezzo 2 che in parte vengono riflessi e che in parte trasmessi e rifratti (Fisica degli ultrasuoni, Unite).

L'attenuazione del fascio di ultrasuoni aumenta all'aumentare della distanza e all'aumentare della frequenza degli stessi. Questo spiega perché le sonde ad alta frequenza studiano meglio le strutture superficiali, mentre quelle a bassa frequenza le profonde. La frequenza determina anche la risoluzione, ovvero la qualità dell'immagine ecografica. Chiaramente più è alta e migliore è la risoluzione. Gli apparecchi odierni sono a multifrequenza quindi si possono impostare a differenti frequenze all'interno di un determinato range, permettendo così di emettere contemporaneamente un insieme di frequenze diverse tra loro.

Durante il funzionamento la sonda ecografica trasmette ultrasuoni per pochi millesimi di secondo per poi captare nella maggior parte del tempo gli echi di ritorno. Questi sono tanto maggiori quanto maggiore è l'impedenza acustica dei due tessuti a livello dell'interfaccia.

A seconda del ritardo con cui arrivano alla sonda vengono disposti nella matrice di immagine del monitor.

All'interfaccia tra i tessuti e l'aria e le parti molli e l'osso la differenza di impedenza è molto alta per cui quasi la totalità del fascio viene riflessa. Questo spiega il motivo dell'utilizzo di un gel a base acquosa che viene posto sulla sonda per eliminare lo strato di aria tra questa e la cute e inoltre il fatto che non è possibile visualizzare le strutture posteriori all'osso.

Esistono diversi tipi di sonde: le Convex che hanno un campo di vista trapezoidale o a ventaglio dato che i cristalli piezoelettrici sono disposti con un andamento convesso, le settoriali che hanno un campo di visualizzazione conico e le lineari con un campo rettangolare (fig.18). Le Convex sono maggiormente adatte allo studio di strutture profonde, le lineari invece sono migliori per le strutture più superficiali e le settoriali per ovviare la presenza di ostacoli acustici quali coste o aria intestinale (fig.18).

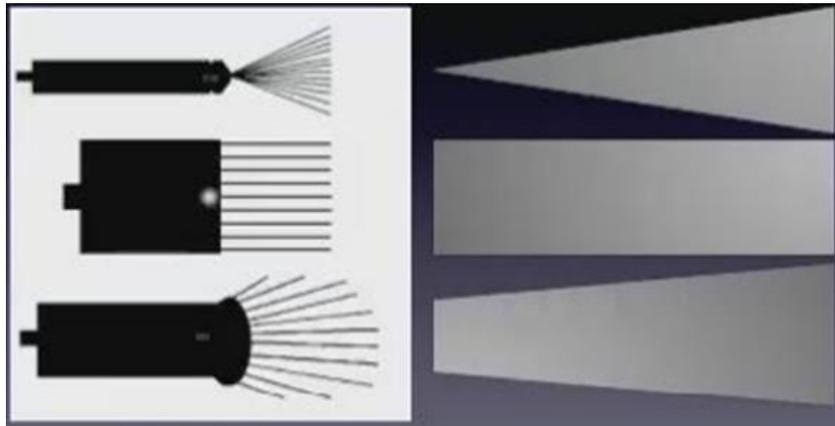


Fig.18: Dall'alto al basso rispettivamente una sonda settoriale, una lineare e una convex (SIEMG).

L'ecografia può essere eseguita con diverse tecniche.

La A-Mode rappresenta il modo più semplice di raffigurazione del segnale ecografico in quanto monodimensionale, dando informazioni solo sulla natura della struttura in esame. Questa tecnica è usata solo in oculistica e neurologia, mentre è stata superata in altri ambiti.

Abbiamo poi la TM- Mode dove al dato A-mode si aggiunge un dato dinamico, fornendo quindi una immagine bidimensionale. Viene registrato in questo caso anche il movimento dell'eco di ritorno. È utilizzata soprattutto in cardiologia [15].

Infine, vi è la B-Mode dove viene rappresentato su di un monitor una sezione del corpo che viene riprodotta basandosi sugli echi provenienti dalle varie strutture anatomiche. L'immagine viene costruita convertendo le onde riflesse in segnali dove l'intensità, rappresentata dal colore su una scala di grigi è proporzionale all'intensità dell'eco. Le immagini sono anche qui bidimensionali.

L'introduzione della scala di grigi ha facilitato la rappresentazione dei vari echi (fig.19).

L'immagine ecografica è basata sull'ecogenicità dei tessuti, ovvero la capacità di questi di emettere echi di ritorno dipendentemente dalle interfacce acustiche che li compongono.

Un reparto può quindi risultare anaecogeno perché viene completamente attraversato dagli ultrasuoni (fig.19). Non ha echi quindi l'immagine risulterà nera (fig.19). Questo significa che il reparto contiene un alto quantitativo di acqua o comunque di un fluido limpido. Se il fluido risulta essere più denso, come avviene per il sangue o il pus, ci può essere un lieve aumento della ecogenicità.

Ci sono poi i reperti ipoecogeni che hanno una minore ecogenicità rispetto a tessuti circostanti, quindi risultano essere scuri (fig.19). Spesso sono parenchimi o liquidi viscosi.

Infine, ci sono i reperti iperecogeni che risultano più chiari, bianchi (fig.19). Questo significa che il fascio di ultrasuoni viene quasi del tutto respinto dal tessuto. In alcuni casi abbiamo una riflessione completa tale da produrre posteriormente al reparto il cosiddetto cono d'ombra che rappresenta la parte retrostante che non viene attraversata dagli ultrasuoni.



Fig.19: Scala dei grigi utilizzata per visualizzare i tessuti nelle immagini ecografiche (Siemg).

L'ecografia presenta dei limiti nello studio delle strutture ossee rispetto ad altri esami di diagnostica per immagini ma è invece estremamente utile nel visualizzare tendini, muscoli e parti molli [2,14].

Nello studio delle articolazioni permette di dimostrare la presenza di versamenti articolari, di ipertrofia sinoviale, di rotture o lesioni a carico dei tendini e anche di guidare manovre di artrocentesi o di iniezione intra-articolare di farmaci [14]. L'ecografia è diventata ormai uno dei principali esami nella valutazione delle lesioni della cuffia dei rotatori in quanto ci permette di visualizzare anche lesioni di piccola entità in pazienti pauci-sintomatici o addirittura asintomatici [14].

2.2 L'ecografia nello studio della cuffia dei rotatori

2.2.1 Vantaggi e limiti

La prima relazione scientifica riguardo all'utilizzo dell'ecografia nello studio della cuffia dei rotatori risale al 1977, anno in cui V. Meyer presentò all' "American Institute of Ultrasound in Medicine" di Dallas una relazione in merito [10]. Ad oggi lo sviluppo tecnologico ha permesso all'ecografia di diventare in questo ambito una metodica con una sensibilità pari al 92,4-96%. Gli ultrasuoni ci consentono anche uno studio dinamico, ovvero di osservare la struttura anatomica presa in analisi facendo compiere determinati movimenti al paziente [13]. Questo rappresenta un vantaggio rispetto alle altre metodiche che invece sono in grado di fornirci solo immagini statiche [13]. La valutazione ecografica della cuffia dei rotatori è molto utilizzata nell'individuare diversi tipi di lesione con un'accuratezza del 100% per quelle a tutto spessore e del 91% per le lesioni parziali [18]. Per raggiungere questi ottimi livelli diagnostici è chiaro che l'operatore deve avere familiarità con l'ecografo e una buona conoscenza dell'anatomia della spalla [19]. È inoltre importante saper riconoscere i possibili e diversi artefatti che possono crearsi ed essere scambiati ad esempio per lesioni in realtà non presenti [11]. Questi possono essere dovuti ad una diversa tecnica utilizzata, al posizionamento del trasduttore, alla frequenza impostata nell'ecografo, ad una messa a fuoco sub-ottimale, etc (Tab. 1) [11]. Si possono avere anche artefatti dovuti all'anatomia stessa a causa di variabilità morfologica tra i diversi soggetti che può interessare ad esempio l'interfaccia sopraspinata-infraspinata, la giunzione muscolo-tendinea e l'inserzione fibrocartilaginea (Tab.1) [11]. Il tutto associato ad ulteriori fattori soggettivi del paziente quali obesità, massa muscolare e differente mobilità della spalla (Tab. 2) [11].

Anche le patologie possono causare artefatti come le tendinosi, le calcificazioni, la proliferazione sinoviale, tessuti di granulazione o cicatriziali, ispessimenti della borsa (Tab.2) [11].

Table 1
Causes of False-Positive Diagnoses of Rotator Cuff Tears

Technique related
Anisotropy
Transducer positioning
Acoustic shadowing by the deltoid septum
Anatomy related
Rotator cuff interval
Supraspinatus-infraspinatus interface
Musculotendinous junction
Fibrocartilaginous insertion
Disease related
Definition of and criteria for rotator cuff tears
Tendon inhomogeneity
Acoustic shadowing by scar tissue or calcification
Rotator cuff thinning

Table 2
Causes of False-Negative Diagnoses of Rotator Cuff Tears

Technique related
Transducer frequency
Focusing
Imaging protocol
Transducer handling
Anatomy related
Nondiastasis of the ruptured tendon fibers
Posttraumatic obscuration of landmarks
Disease related
Tendinosis
Calcifications
Synovial proliferation, granulation or scar tissue
Thickened bursa mimicking the rotator cuff
Massive rotator cuff tear
Patient related
Obesity or muscularity
Limited shoulder motion

Tab. 1 che mostra le diverse cause di falso-positivo di rottura della cuffia dei rotatori e Tab. 2 con le diverse cause di falsi-negativi di rottura della cuffia dei rotatori (US of the Rotator Cuff: Pitfalls, Limitations, and Artifacts).

2.2.2 Modalità di esecuzione [18]

Durante l'esecuzione è preferibile che l'operatore si trovi di fronte al paziente che deve essere seduto se possibile con un supporto per la schiena. Per evitare l'affaticamento dell'operatore la sua spalla deve essere al di sopra di quella del paziente con il gomito vicino al corpo. La sonda deve essere impugnata alla sua estremità per una migliore maneggevolezza e mobilità.

La migliore sonda è quella lineare per far sì che il fascio di ultrasuoni sia il più rettilineo possibile rispetto alle fibre muscolari e tendinee. È fondamentale che l'orientamento della sonda sia perpendicolare alle fibre per ridurre al minimo l'anisotropia, ovvero un artefatto che può simulare una lesione (fig.20). La migliore visibilità dei tendini si ha di fatti quando il fascio di ultrasuoni è perfettamente perpendicolare ad esso, perché l'eco viene riflesso al massimo (fig.20).

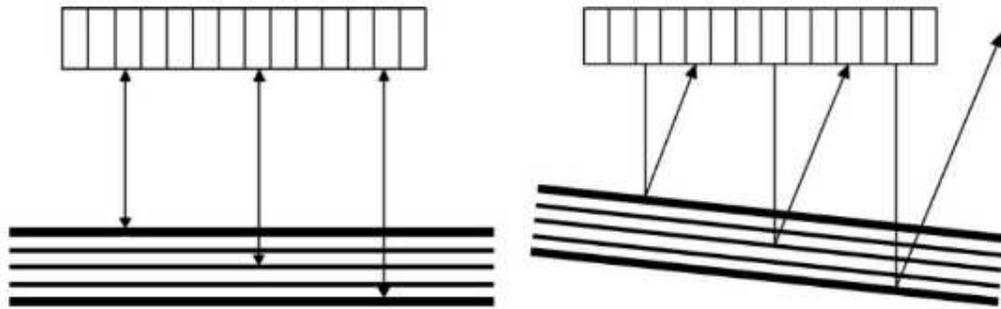


Fig.20: L'immagine a sinistra mostra come gli ultrasuoni emessi dalla sonda ecografica ritornino perfettamente rettilinei quando posizionata perpendicolarmente, a differenza dell'immagine a destra dove abbiamo una deviazione del fascio che causa anisotropia (US of the Rotator Cuff: Pitfalls, Limitations, and Artifacts).

A conferma di una corretta angolazione della sonda ecografica la corticale ossea al di sotto dei tendini apparirà definita e iperecogena (fig.21). Le inserzioni tendinee sono le aree più vulnerabili al manufatto anisotropo a causa della loro curvatura. Se valutate da un occhio poco esperto potrebbero portare alla diagnosi erronea di rottura parziale o di tendinosi della cuffia dei rotatori.



Fig.21: L'immagine mostra l'inserzione del tendine sopraspinoso (SSP) che si trova al di sopra della grande tuberosità (GT) con caratteristiche di normale iperecogenicità a livello dell'inserzione tendinea (US of the Rotator Cuff: Pitfalls, Limitations, and Artifacts).

Il tendine per angoli di inclinazione della sonda di 2°–7° diventa isoecogeno, mentre ad angoli superiori addirittura anecogeno (fig.22).

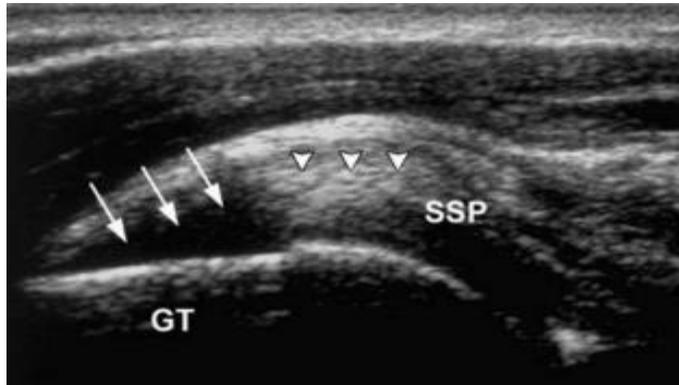


Fig.22: L'immagine mostra la medesima visione ecografica della fig.21 con un'inserzione tendinea di aspetto anaecogeno (freccette) in quanto in questo caso la sonda ha una angolazione non perpendicolare al tendine (US of the Rotator Cuff: Pitfalls, Limitations, and Artifacts).

Per migliorare la comprensione e avere un'efficiente valutazione della cuffia è utile avvalersi di protocolli che cercano il più possibile di standardizzare l'esecuzione ecografica. Questi protocolli consentono da una parte di ottimizzare il più possibile la visione delle diverse strutture anatomiche, andando a ricercare la migliore finestra di visualizzazione, e dall'altra di rendere il più possibile comparabili tra loro le diverse immagini ottenute. Una buona esecuzione di una ecografia della spalla permette di avere dati clinici validi in poco meno di 10 minuti, rappresentando quindi un esame veloce e efficace allo stesso momento.

2.2.3 Studio del sovraspinoso

Nello studio del muscolo sopraspinoso ci si avvale della tecnica di Crass, ovvero si fa posizionare al paziente la mano dietro la schiena con il dorso di essa appoggiato. Questa posizione consente una iperestensione e una rotazione interna che spingono il sopraspinoso in alto facendolo emergere maggiormente dall'acromion. La grande tuberosità si trova anteriormente in modo da avere una visuale dell'asse lungo del tendine. La posizione può essere però sconcertante per il paziente e per questo alcuni autori preferiscono la posizione di Crass modificata dove la mano ipsilaterale viene appoggiata sul fianco o nella regione glutea omolaterale piuttosto che dietro la schiena

(fig.23). In questo modo il discomfort per il paziente si riduce e la grande tuberosità si va a collocare più lateralmente con un minor angolo di rotazione interna della testa dell'omero. È importante che comunque il gomito punti posteriormente così da favorire la visualizzazione dell'intervallo dei rotatori, ovvero quello spazio anatomico tra sovraspinato e sottoscapolare in cui decorre la porzione intrarticolare del capo lungo del bicipite (fig.23). La sonda ecografica viene quindi posizionata l'ungo l'asse sagittale a livello anteriore (fig.23).



Fig.23: Immagine che mostra la posizione della sonda ecografica per lo studio dell'asse lungo del sovraspinoso nella posizione alternativa di Crass (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

Il tendine viene visualizzato lungo l'asse longitudinale, in modo da vedere tutte le diverse porzioni della sua superficie: la parte intrarticolare, quella a livello della borsa e quella della grande tuberosità (fig.25). L'ideale è iniziare l'analisi appena anteriormente al sovraspinato, al di sopra dell'intervallo dei rotatori e il capo lungo del bicipite. Questo assicura che anche la porzione più anteriore del tendine sia stata valutata per escludere anche le più lievi lesioni, in quanto queste sono molto più frequenti in questa zona. Inoltre, una volta che l'asse lungo del bicipite è in piano, si può studiare la parte posteriore del sovraspinoso semplicemente ruotando la sonda intorno alla tuberosità. Normalmente il sovraspinoso apparire fibrillare e iperecogeno con una superficie superiore convessa (fig.24).

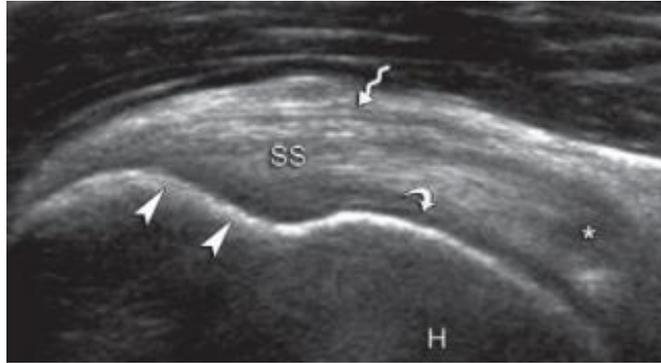


Fig. 24: Immagine ecografica dell'asse lungo del sovraspinoso (SS) delimitato inferiormente dalla tuberosità dell'omero (H). In corrispondenza dell'asterisco è visibile un'area ipoecogena di anisotropia dove le fibre tendinee sono oblique (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

Una volta completato lo studio dell'asse maggiore si ruota la sonda ecografica di 90° per ottenere una visuale ottimale dell'asse corto del tendine del sovraspinoso (fig.25).



Fig.25: Immagine che mostra la posizione della sonda ecografica nello studio dell'asse corto del sovraspinoso (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

La sonda è posizionata correttamente se sono visibili la superficie liscia della testa omerale e il sottile ed uniforme strato ipoecogeno di cartilagine ialina al di sopra di essa (fig.26). In questa sezione nell'intervallo dei rotatori il capo lungo del bicipite viene anch'esso visto lungo il suo asse corto tra il sovraspinoso e il tendine sottoscapolare (fig. 26).

È inoltre visibile il legamento coraco-omeroale, che appare iperecogeno, che si trova superficialmente al capo lungo del bicipite (fig.26).

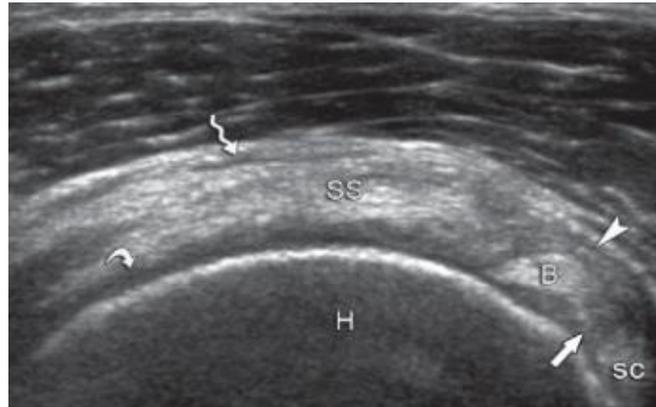


Fig 26: Immagine ecografica che mostra il tendine del sopraspinoso lungo il suo asse corto (SS), il tendine del bicipite brachiale (B), il legamento coraco-omeroale (Punta di freccia) e il tendine del sottoscapolare (SC) (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

Si analizza prima la porzione intra-articolare per poi passare a livello della grande tuberosità dove si trova l'inserzione tendinea a livello della faccetta superiore. L'individualizzazione delle faccette di inserzione è fondamentale per diagnosticare eventuali reperti patologici.

2.2.4 Studio del sottospinoso

Si prosegue poi con lo studio ecografico del muscolo sottospinato. In questo caso la posizione prediletta è con il braccio e la mano del paziente posti anteriormente, con il palmo rivolto verso l'alto. In questa posizione neutrale la sonda ecografica viene collocata posteriormente proprio al di sotto della spina scapolare, con un'angolazione leggermente obliqua, consentendo così al fascio di ultrasuoni di essere il più perpendicolare possibile al tendine stesso (fig.27).



Fig.27: Immagine che mostra la posizione della sonda ecografica nello studio dell'asse lungo del tendine del sottospinoso (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

La visione da questa angolazione ci consente di vedere l'asse lungo del tendine del sottospinato e avere una visuale posteriore della grande tuberosità (fig.28). Muovendo la sonda più medialmente verso la scapola si possono analizzare anche altre strutture quali: il labbro glenoideo posteriore (fig.28), l'incavo spino-glenoideo e il recesso posteriore dell'articolazione gleno-omeroale. È bene fare sempre una valutazione generale della sede anatomica per evidenziare la presenza di diversi e possibili reperti patologici.

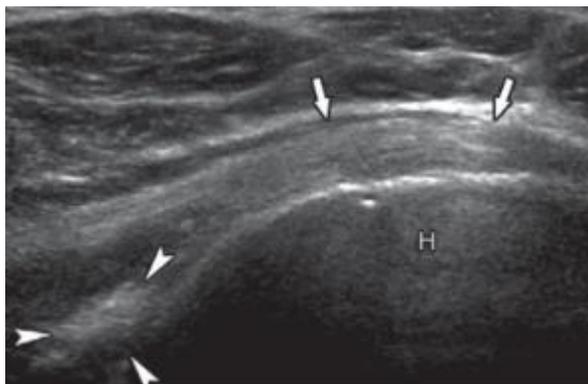


Fig. 28: Immagine che mostra la visione dell'asse lungo del tendine sottospinoso (Frecce) al di sopra della testa omerale (H). è visualizzabile anche il labbro glenoideo (Punte di freccia) (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

Ruotando la sonda di 90° si può studiare l'asse corto del tendine (fig.29).



Fig. 29: Immagine che mostra la posizione della sonda ecografica nello studio dell'asse corto del sottospinoso (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

La visuale potrebbe essere ostacolata dalla presenza dell'acromion. Potrebbe, quindi, essere utile far appoggiare al paziente la mano omolaterale sulla spalla controlaterale. In questo modo il tendine si sposta anteriormente evitando così di venire coperto dall'acromion. Tuttavia ciò comporta che il tendine sia ora più incurvato rispetto alla posizione neutrale potendo quindi causare anisotropia a causa della non perfetta perpendicolarità del fascio di ultrasuoni. Per visualizzare l'intero ventre muscolare si sposta la sonda più inferiormente alla spina della scapola, muovendosi sempre sul piano sagittale (fig.30).

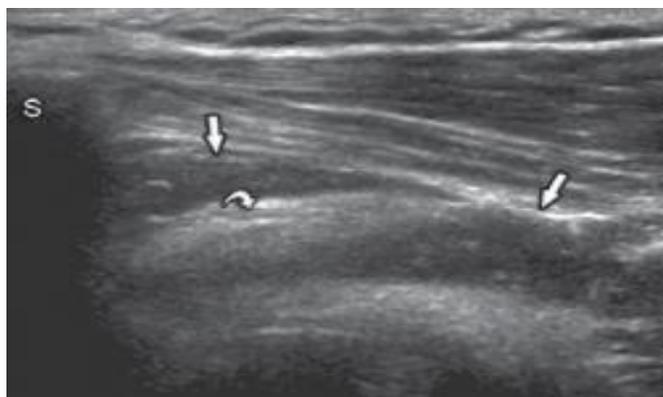


Fig.30: Immagine che mostra il tendine del sottospinato nei suoi fasci rettilinei (frecche dritte) e nei suoi fasci obliqui (Frecche ricurve) insieme alla spina della scapola (S) (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

Una volta individuata la porzione tendinea dell'asse centrale si ruota nuovamente la sonda di 90°. Ci si sposta poi lateralmente verso la grande tuberosità. In questa sede si può far effettuare al paziente una extrarotazione per visualizzare eventuali lesioni o accumuli articolari di liquido. Spostandosi medialmente con la sonda si arriva a livello della giunzione muscolo-tendinea. Normalmente il sottospinoso ha una dimensione all'incirca doppia del piccolo rotondo a livello della giunzione. Questo parametro ci permette di evidenziare eventuali atrofie e anche degenerazioni adipose se il sottospinoso risulta più iperecogeno del piccolo rotondo.

2.2.5 Studio del sottoscapolare

Si continua l'indagine ecografica con lo studio del sottoscapolare. In questo caso la posizione iniziale del braccio del paziente è in avanti e con il palmo della mano rivolto verso l'alto. La sonda viene posizionata anteriormente sul piano assiale per visualizzare il solco bicipitale (fig.31). Da questa posizione il tendine del sottoscapolare sarà visibile nel suo asse lungo ma apparirà falsamente ipoecogeno a causa dell'anisotropia. Si chiede quindi al paziente di extra-ruotare la spalla. In questo modo la tuberosità minore si sposta lateralmente e il sottoscapolare, che si trova sotto il processo coracoideo, viene spinto più lateralmente. In questo modo le fibre sono perpendicolari al fascio di ultrasuoni e si elimina l'anisotropia.



Fig.31: Immagine che mostra il posizionamento della sonda ecografica nello studio dell'asse lungo del sottoscapolare (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

È importante analizzare bene soprattutto la parte superiore in quanto sede frequente di lesioni. Per una corretta valutazione è bene far scorrere, mantenendo sempre la perpendicolarità, la sonda superiormente e inferiormente (fig.32). La sonda viene spostata lateralmente oltre il solco bicipitale per assicurarsi che il capo lungo del bicipite sia normalmente collocato all'interno del solco.



Fig.32: Immagine ecografica dell'asse lungo del sottoscapolare che appare iperecogeno e fibrillare al di sopra della piccola tuberosità (LT) (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

La sonda viene ruotata di 90° per visualizzare l'asse corto (fig.33).



Fig.33: Immagine che mostra il posizionamento della sonda ecografica nello studio dell'asse corto del sottoscapolare (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

In questa posizione il tendine spesso appare con un'ecogenità disomogenea o aree di anisotropia che è bene non mal interpretare con lesioni tendinee. Normalmente è iperecogeno e fibrillare (fig.34).

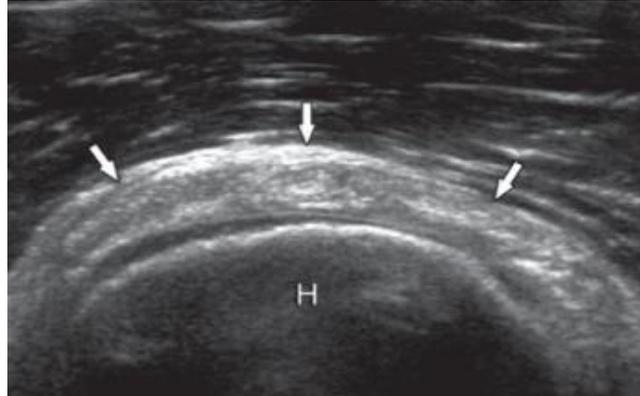


Fig.34: Immagine ecografica dell'asse corto del tendine del sottoscapolare che appare iperecogeno e fibrillare al di sopra della testa omerale (H)
(Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

2.2.6 Studio del capo lungo del bicipite brachiale

Anche se non facente parte propriamente della cuffia dei rotatori, spesso nell'analisi della spalla viene valutato anche il capo lungo del bicipite. Si va alla ricerca di anomalie quali rotture o tendinosi. È possibile refertare anche accumuli di fluido e sinoviti. In questo caso al paziente si chiede di posizionare la mano sul ventre. Il trasduttore viene così posizionato longitudinalmente a livello anteriore (fig. 35).



Fig. 35: Immagine che mostra il posizionamento della sonda ecografica nello studio dell'asse corto del capo lungo del bicipite brachiale (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

Per individuare il tendine si va alla ricerca della sua sede di normale collocamento anatomico, ovvero il solco bicipitale. Essendo questo compreso tra la grande e la piccola tuberosità, si cerca con l'ecografia in primis di individuare queste due strutture. Esse si distinguono perché la superficie ossea appare iperecogena con una finestra d'ombra posteriore (fig. 36). Tra le due tuberosità si può individuare il tendine lungo del bicipite lungo il suo asse corto (fig. 36). Essendo il tendine posto piuttosto in profondità spesso esso appare ipoecogeno rispetto al suo normale aspetto, iperecogeno e fibrillare (fig. 36). È possibile evitare questo reperto di anisotropia oscillando con la sonda lungo l'asse lungo del tendine.

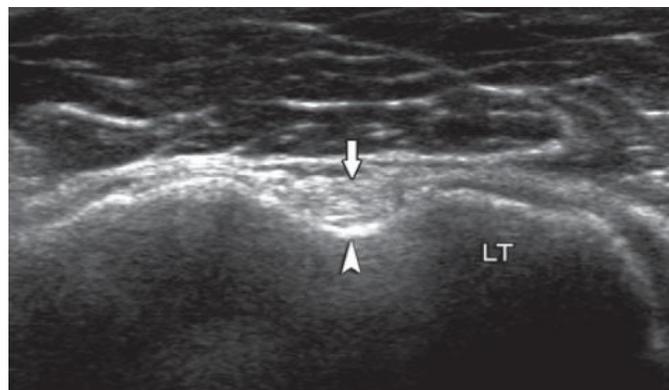


Fig.36: Immagine ecografica che mostra il tendine lungo l'asse corto del capo lungo del bicipite brachiale (freccia) compreso tra le due tuberosità omerali (LT) (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

Si ruota in seguito la sonda di 90° per visualizzare il tendine lungo il suo asse lungo. È necessario fare una lieve pressione per ottenere una corretta visuale del tendine (fig. 37).



Fig. 37: Immagine che mostra il posizionamento della sonda ecografica nello studio dell'asse lungo del bicipite brachiale (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

Anche in questo caso è necessario posizionare correttamente la sonda ecografica per evitare reperti di anisotropia. Al di sopra del tendine del bicipite brachiale è possibile individuare anche il muscolo deltoide (fig. 38).

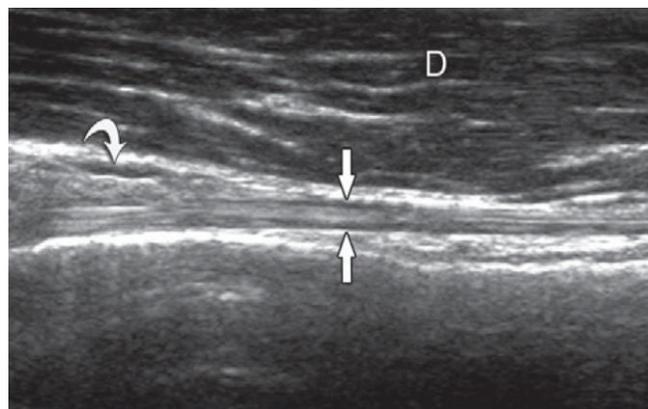


Fig. 38: Immagine ecografica che mostra il capo lungo del bicipite brachiale lungo il suo asse lungo (freccette) al di sotto del deltoide (D) (Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls).

CAPITOLO 3: STUDIO SPERIMENTALE

3.1. Introduzione

Il dolore alla spalla è estremamente frequente nella popolazione, secondo solamente al dolore lombare tra le patologie che causano dolore muscolo-scheletrico. La patologia della cuffia dei rotatori, inoltre, è riportata essere la causa più frequente di dolore di spalla arrivando fino ad una percentuale del 70%. [23]

Per queste ragioni la patologia della spalla è diffusamente studiata anche se la diagnosi spesso risulta difficoltosa. Generalmente, infatti, si tratta di patologie ad andamento cronico, l'obiettività clinica è spesso sfumata e non correlata ad eventi acuti. [22]

Studi hanno dimostrato l'efficacia dell'ecografia nella diagnosi di entesopatia, ovvero affezioni dell'entesi, la porzione di tendine che si inserisce a livello osseo [21].

Lo studio di diversi tendini come quello di Achille, della fascia plantare, del legamento patellare, del quadricipite femorale e del tricipite brachiale, in una popolazione di pazienti con spondilo-artropatie, ha dimostrato l'utilità della misurazione dello spessore tendineo come diagnosi precoce di un problema di natura patologica [21].

Ad oggi, però, pochissimi studi valutano ecograficamente la cuffia dei rotatori in un contesto non patologico [20]. La lettura scientifica ha fornito, infatti, pochi dati in merito alla condizione di normalità della cuffia stessa [20]. Gli studi di riferimento sono pochi e la popolazione reclutata nei medesimi è comunque troppo esigua per poter avere ad oggi degli spessori di riferimento per confrontare i diversi soggetti sani per sesso ed età [20,21].

Inoltre, dati nella popolazione sana potrebbero aiutare radiologi ed ortopedici nella distinzione tra condizione sana e patologica. Diversi studi, infatti, dimostrano la presenza di assottigliamenti tendinei in pazienti che presentano problematiche patologiche a carico della spalla [14,19].

Il riscontro di questi quadri di assottigliamento patologici in pazienti che spesso sono anche asintomatici è importante per avere un impatto maggiore sul decorso della patologia degenerativa della cuffia dei rotatori [19].

È dimostrato infatti che la degenerazione della cuffia è progressiva nel tempo e spesso rapida all'aumentare della lesione tendinea [16,19].

Lo studio si propone di misurare ecograficamente lo spessore dei tendini della cuffia dei rotatori in una popolazione di giovani adulti sani. L'obiettivo dello studio è di confrontare la misurazione tra arto dominante e non-dominante e valutare se vi sia una differenza tra spessore nella popolazione maschile e popolazione femminile.

3.2 Materiali e metodi

Tutti i soggetti di età compresa tra 18 e 35 anni che non presentavano problematiche di salute, non prendevano farmaci e che non presentavano in anamnesi problematiche alle spalle erano considerati arruolabili nello studio. I partecipanti allo studio sono stati arruolati presso la Clinica Ortopedica dell'Adulto e Pediatrica dell'Azienda Ospedaliera Universitaria "Ospedali Riuniti di Ancona" da Gennaio 2022 ad Agosto 2022. Tutti gli individui hanno partecipato in modo volontario ed hanno firmato un foglio di consenso informato scritto per renderli consapevoli della loro partecipazione allo studio e delle modalità di raccolta dati di quest'ultimo. I partecipanti sono stati informati che dovevano sottoporsi ad uno studio ecografico di entrambe le spalle, ricordando loro che l'ecografia rappresenta un esame diagnostico assolutamente privo di radiazioni dannose e non doloroso.

Sono stati esclusi dallo studio tutti i soggetti che avevano anamnesi positiva per algia alle spalle, riduzione della forza all'esame obiettivo, limitazione funzionale o test positivi per patologie della cuffia dei rotatori. È stata richiesta anche un'anamnesi patologica remota riguardo precedenti problematiche alla spalla, come storia di lussazioni, rotture tendinee, instabilità o precedenti interventi chirurgici. La positività ad una di queste affezioni patologiche escludeva la partecipazione dei soggetti allo studio. Sono stati esclusi i partecipanti che al momento dello studio ecografico presentavano tendini con aspetto tendinosico, con calcificazioni o sospette lesioni della cuffia dei rotatori. Oltre a questi criteri specifici i soggetti scelti inclusi nello studio non dovevano avere malattie metaboliche quali diabete e patologie reumatiche di diversa natura.

Ad ogni soggetto è stato rilevato sesso, età, peso ed altezza, BMI e braccio dominante. È stata indagata anche l'attività sportiva svolta attualmente e/o precedentemente dai soggetti con dettagli in riferimento al tipo, al livello agonistico o meno e all'intensità.

L'esame ecografico è stato condotto dallo stesso operatore, esperto in ecografia. È stato adoperato un Ecografo SonoSite SII, Fujifilm con sonda lineare multifrequenza (6-13MHz).



Fig.40: Immagine ecografo SonoSite SII usato nello studio.

Le spalle sono state valutate bilateralmente e sono stati valutati ecograficamente lo spessore del:

1. Sopraspinoso (SSP)
2. Sottospinoso (ISP)
3. Sottoscapolare (SSC)
4. Capo lungo del bicipite brachiale (CLBO)

I tendini sono stati misurati scansionandone l'asse longitudinale per poter ricavare in maniera ottimale lo spessore in millimetri, garantendo sempre la massima perpendicolarità possibile del fascio di ultrasuoni rispetto all'asse tendineo in osservazione. Per il sovraspinoso, sottospinoso e sottoscapolare la misurazione è stata eseguita a livello del *middle footplate*. Il CLBO è stato misurato il diametro in una scansione trasversale nel suo decorso lungo la doccia bicipitale.



Fig. 39: Immagine della sonda ecografica lineare usata nello studio.

Lo studio del **sovraspinoso** ha previsto l'utilizzo della posizione di Crass. L'ecografo è stato posizionato anteriormente alla spalla con la sonda longitudinalmente al decorso del tendine.



Fig.40: Immagine ecografica che mostra il punto dove si è misurato lo spessore del sovraspinoso.

Lo studio del **sottospinoso** ha previsto il posizionamento del paziente con il braccio in avanti e il palmo rivolto verso l'alto. Il tendine del sottospinato è stato visualizzato ponendo invece l'ecografo posteriormente con una scansione longitudinale per poterlo osservare lungo il suo asse lungo.

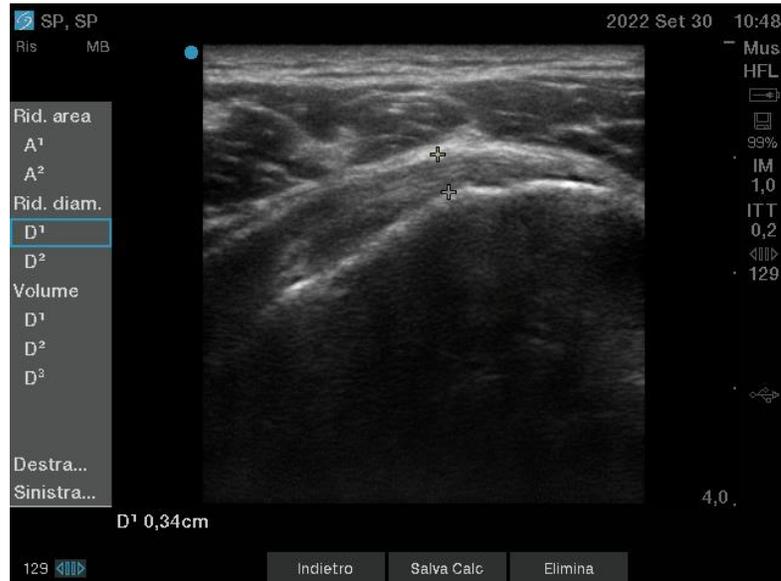


Fig.41: Immagine ecografica che mostra il punto dove si è misurato lo spessore del sottospinoso.

Anche nello studio del **sottoscapolare** il paziente doveva adottare una posizione con il braccio in avanti e il palmo rivolto verso l'alto, con l'aggiunta di eventuali movimenti di extra-rotazione per una migliore visualizzazione.

La sonda è stata posizionata anteriormente con un orientamento longitudinale per visualizzare l'asse lungo tendineo.



Fig.42: Immagine ecografica che mostra il punto dove si è misurato lo spessore del sottoscapolare.

Infine, nello studio del capo lungo del bicipite è stato chiesto al paziente di posizionare il braccio anteriormente con la mano poggiata sul ventre. La sonda è stata posta anteriormente in posizione trasversale per ottenere un'immagine dell'asse lungo.

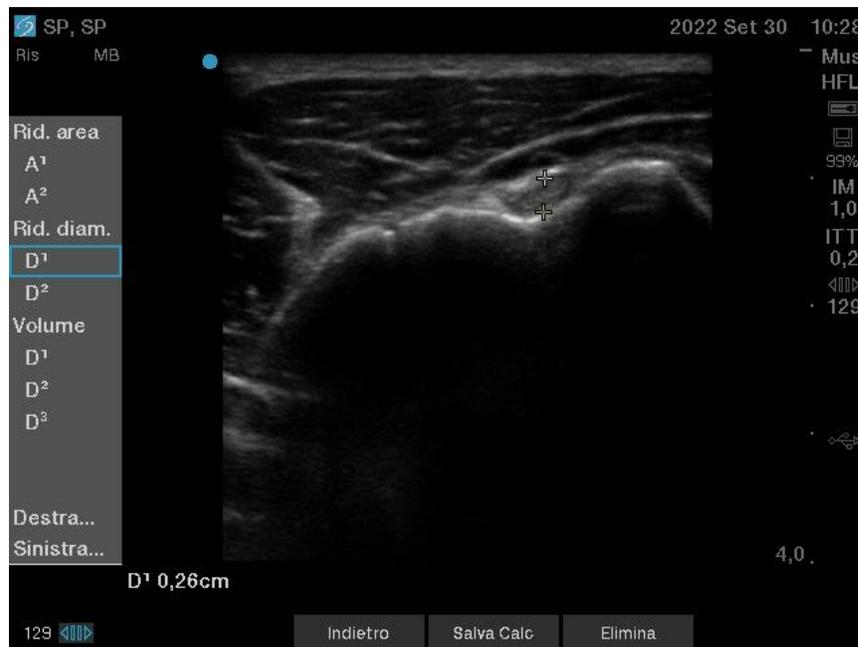


Fig.43: Immagine ecografica che mostra il punto dove si è misurato lo spessore del capo lungo del bicipite brachiale.

L'analisi statistica è stata eseguita mediante XLSTAT di Microsoft Excel (Microsoft). Per le variabili categoriche è stato utilizzato il test "chi-quadro". Per le variabili continue è stata valutata la distribuzione normale mediante il test di Shapiro-Wilk. Per comparare il braccio dominante e non dominante di ogni partecipante è stato utilizzato il *t-test* per variabili appaiate, mentre per comparare braccio dominante e non-dominante tra maschio e femmina è stato usato il *t-test* a 2 code per variabili indipendenti. La significatività statistica è stata considerata per valori di $p < 0,05$.

3.3 Risultati

Nello studio sono stati reclutati 102 volontari, 204 spalle. Di questi 62 erano uomini e 40 erano donne. Complessivamente 6 persone con il braccio dominante sinistro, 96 con il braccio dominante destro.

L'età media, il BMI e la dominanza di braccio sono risultati non statisticamente significativi tra i volontari di sesso maschile e quelli di sesso femminile (Tab.3).

Tabella 3 Caratteristiche dei partecipanti allo studio divisi per sesso

Caratteristiche	Femmine (=40)	Maschi (=62)	p-value
Età (anni)	23,9 (±) 4,0	25,3 (±) 3,7	0,205
BMI (KG/m ²)	22,0 (±) 1,5	23,0 (±) 1,8	0,754
Braccio dominante			
Destro (%)	38 (95,0)	58 (93,5)	0,899
Sinistro (%)	2 (5,0)	4 (6,5)	

Nei soggetti di sesso femminile lo spessore medio del tendine del sottoscapolare (SSC) è risultato di $4,0 \pm 0,6$ mm per il braccio dominante e di $3,9 \pm 0,6$ per il braccio non dominante (Tab.4). Per i soggetti di sesso maschile il sottoscapolare è risultato essere invece di $4,6 \pm 1,0$ per il braccio dominante e di $4,4 \pm 0,9$ (Tab.4).

Nelle femmine lo spessore medio del tendine del sopraspinato (SSP) è risultato di $4,1 \pm 0,7$ per il braccio dominante e di $4,1 \pm 0,6$ per il braccio non dominante (Tab.4). Nei maschi lo spessore medio è invece risultato di $4,8 \pm 0,7$ per il braccio dominante e di $4,7 \pm 0,6$ per il braccio non dominante (Tab.4).

Nelle femmine lo spessore medio del tendine dell'infraspinato (ISP) è risultato di $3,6 \pm 0,7$ per il braccio dominante e di $3,4 \pm 0,7$ per il braccio non dominante (Tab.4). Nei maschi lo spessore medio è invece risultato di $4,1 \pm 0,8$ per il braccio dominante e di $4,0 \pm 0,8$ per il braccio non dominante (Tab.4).

Nelle femmine lo spessore medio del capo lungo del bicipite omerale (CLBO) è risultato di $2,2 \pm 0,5$ per il braccio dominante e di $2,1 \pm 0,6$ per il braccio non dominante (Tab.4). Nei maschi lo spessore medio è risultato invece di $2,6 \pm 0,6$ per il braccio dominante e di $2,5 \pm 0,5$ per il braccio non dominante (Tab.4).

Tabella 4 Differenti spessori tra maschi e femmine del braccio dominante e del braccio non-dominante

Tendine analizzato	Femmine (=40)		Maschi(=62)	
	Braccio Dominante	Braccio Non-Dominante	Braccio Dominante	Braccio Non-Dominante
Sottoscapolare (SSC)	4,0 (±) 0,6	3,9 (±) 0,6	4,6 (±) 1,0	4,4 (±) 0,9
Soprascapolare (SSP)	4,1 (±) 0,7	4,1 (±) 0,6	4,8 (±) 0,7	4,7 (±) 0,6
Infrascapolare (ISP)	3,6 (±) 0,7	3,4 (±) 0,7	4,1 (±) 0,8	4,0 (±) 0,8
Capo lungo bicipite omerale (CLBO)	2,2 (±) 0,5	2,1 (±) 0,6	2,6 (±) 0,6	2,5 (±) 0,5

La differenza di spessore tra il braccio dominante e quello non dominante nelle femmine per tutti i tendini analizzati ecograficamente non si è dimostrata statisticamente significativa (Tab.5).

Tendine analizzato	Tabella 5 Femmine (=40)		p- value
	Braccio Dominante	Braccio Non-Dominante	
Sottoscapolare (SSC)	4,0 (±) 0,6	3,9 (±) 0,6	0,871
Soprascapolare (SSP)	4,1 (±) 0,7	4,1 (±) 0,6	1,000
Infrascapolare (ISP)	3,6 (±) 0,7	3,4 (±) 0,7	0,211
Capo lungo bicipite omerale (CLBO)	2,2 (±) 0,5	2,1 (±) 0,6	0,430

Nei maschi la differenza tra lo spessore medio tendineo per tutti i tendini analizzati tra il braccio dominante e il non dominante si è dimostrata statisticamente non significativa (Tab.6).

Tendine analizzato	Tabella 6 Maschi (=62)		p- value
	Braccio Dominante	Braccio Non-Dominante	
Sottoscapolare (SSC)	4,6 (±) 1,0	4,4 (±) 0,9	0,440
Soprascinato (SSP)	4,8 (±) 0,7	4,7 (±) 0,6	0,070
Infrascinato (ISP)	4,1 (±) 0,8	4,0 (±) 0,8	0,224
Capo lungo bicipite omerale (CLBO)	2,6 (±) 0,6	2,5 (±) 0,5	0,147

Il confronto dello spessore tendineo tra il braccio dominante dei maschi e quello delle femmine per tutti i muscoli analizzati ha mostrato invece una differenza statisticamente significativa (Tab.7)

Tabella 7

Tendine analizzato	Braccio Dominante Femmine	Braccio Dominante Maschi	p- value
Sottoscapolare (SSC)	4,0 (±) 0,6	4,6 (±) 1,0	0,018
Soprascinato (SSP)	4,1 (±) 0,7	4,8 (±) 0,7	0,001
Infrascinato (ISP)	3,6 (±) 0,7	4,1 (±) 0,8	0,018
Capo lungo bicipite omerale (CLBO)	2,2 (±) 0,5	2,6 (±) 0,6	0,005

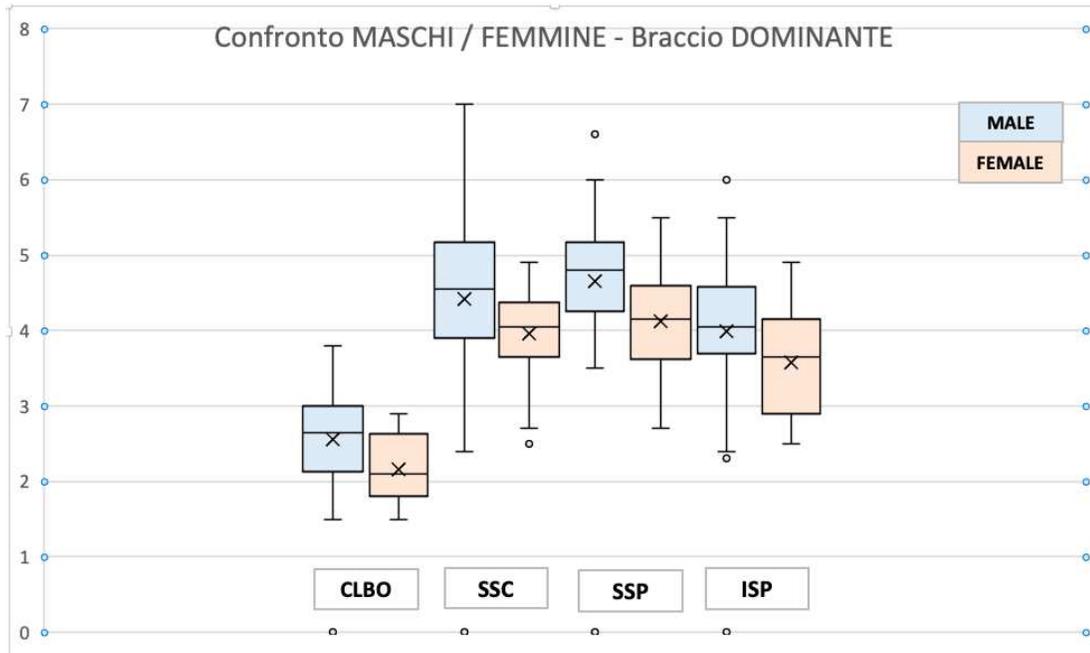


Fig.44: Grafico Box-plot dello spessore medio dei vari tendini del braccio dominante dei maschi e delle femmine messi a confronto tra loro.

Confrontando lo spessore tendineo di tutti i muscoli analizzati anche tra il braccio non dominante dei maschi e delle femmine si è evidenziata una differenza statisticamente significativa (Tab.8).

Tabella 8

Tendine analizzato	Braccio Non-Dominante Femmine	Braccio Non-Dominante Maschi	p- value
Sottoscapolare (SSC)	3,9 (±) 0,6	4,4 (±) 0,9	0,042
Sopraspinato (SSP)	4,1 (±) 0,6	4,7 (±) 0,6	0,002
Infraspinato (ISP)	3,4 (±) 0,7	4,0 (±) 0,8	0,007
Capo lungo bicipite omerale (CLBO)	2,1 (±) 0,6	2,5 (±) 0,5	0,016

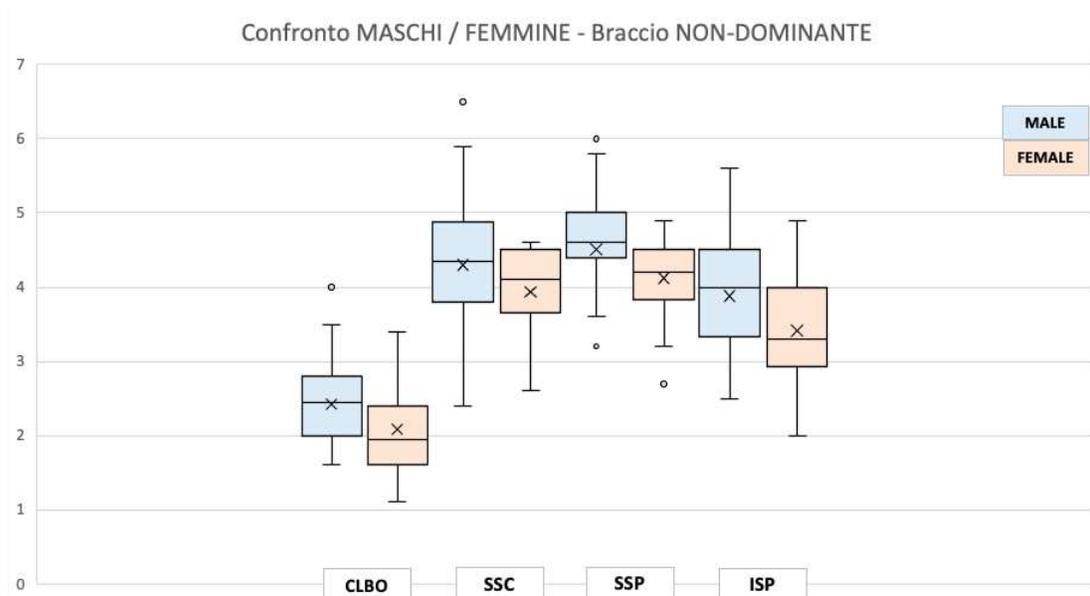


Fig.45: Grafico Box-plot dello spessore medio dei vari tendini del braccio non-dominante dei maschi e delle femmine messi a confronto tra loro.

3.4 Discussione

I risultati di questo studio suggeriscono quale sia lo spessore definibile normale per il sottoscapolare, il sopraspinato, l'infraspinato e il capo lungo del bicipite omerale in una popolazione adulta sana. Si è appositamente scelta una popolazione giovane per cercare di rendere il più possibile attendibile la ricerca di uno spessore normale. Difatti dopo i 50 anni la tendinopatia della cuffia dei rotatori è molto frequente, a dimostrazione della tendenza degenerativa che si manifesta maggiormente con l'avanzare degli anni [17,20]. L'assottigliamento dello spessore medio normale di ciascun tendine può essere, quindi utilizzato come riferimento per una diagnosi precoce e di screening di tendinopatia della cuffia dei rotatori, ancor prima della comparsa di evidenti rotture. In riferimento al nostro studio, nonostante si sia analizzata una popolazione compresa tra i 18 e i 35 anni, possiamo considerare validi i risultati emersi anche per una popolazione di età maggiore, in quanto l'incidenza di tendinopatia nella fascia di età analizzata può essere considerata trascurabile. Lo spessore medio di questi soggetti rappresenta di fatti lo spessore normale di ciascun individuo, sia esso uomo che donna.

Stando ai risultati ottenuti, lo spessore si è dimostrato significativamente differente, per tutti i tendini analizzati, tra maschi e femmine.

Il sesso risulta rilevante quindi nello studio di “normalità”, suggerendo la necessità di avere valori di riferimento differenti per uomini e donne.

Inoltre, è emerso che la differenza di misurazione tra la spalla dominante e quella non dominante dell'individuo non è significativa. Questo sta a indicare che si possono considerare identici i valori misurati in entrambe le spalle, con un margine di errore trascurabile. Ciò si è dimostrato vero sia per gli uomini che per le donne. Questo significa che i valori riscontrati nella spalla asintomatica in un individuo possano essere considerati come valori di riferimento anche per la controlaterale malata, a prescindere che essa sia del braccio dominante o meno. Risultati simili sono stati ottenuti anche in altri studi, giungendo alle medesime conclusioni [20,21].

Lo studio presenta sicuramente dei limiti che bisogna prendere in considerazione.

Uno di questi riguarda l'utilizzo dell'ecografia come metodica di studio. Essa ha dimostrato la sua grande utilità come esame di diagnostica per immagini nella visualizzazione dei tendini e dei grandi vantaggi in termini di costi e di tempo, tuttavia è una tecnica molto operatore dipendente [5]. L'esperienza e la soggettività di chi compie l'ecografia influenzano in maniera piuttosto rilevante il risultato ottenuto [5]. In questo caso specifico, ad esempio, diversi operatori avrebbero potuto ottenere differenti scansioni dello stesso tendine e/o averlo misurato in posizioni diverse, ottenendo così diversi risultati anche per lo stesso paziente. Nonostante questo limite l'ecografia rappresenta sicuramente la migliore metodica per uno studio di screening in quanto estremamente rapida rispetto a TC, RX o RMN, meno costosa e soprattutto minimamente invasiva per il paziente [5,15]. È chiaro che si deve cercare di ridurre il margine di errore andando a rendere la procedura il più standardizzata possibile. Nel nostro studio sono state adottate delle posizioni standard in modo da collocare il più possibile l'ecografo nei medesimi reperi anatomici per poter ottenere scansioni molto simili tra loro. Si è cercato inoltre di misurare lo spessore dei tendini sempre nel medesimo punto. È stata utilizzata una sonda lineare per ottenere buone immagini ecografiche, in quanto questo tipo di sonda consente al fascio di ultrasuoni di essere il più perpendicolare possibile al tendine e ridurre così l'incidenza di reperti di anisotropia.

Un altro limite può essere rappresentato da alcuni dati antropometrici dei soggetti quali peso, altezza e BMI. Peso e altezza non sono stati riportati in quanto anche in altri studi è stato dimostrato non esserci una correlazione significativa tra questi due parametri e lo spessore della cuffia dei rotatori [21]. Il discorso risulta essere più complesso invece per il BMI, in quanto anche se calcolato basandosi sui parametri precedenti va a darci una stima della massa corporea del soggetto. Studi hanno dimostrato infatti come sovrappeso e obesità portino i soggetti ad avere una maggiore probabilità di patologie degenerative a carico della cuffia dei rotatori. Oltre a ciò, questi individui hanno anche un'incidenza di diabete mellito molto alta, il quale influisce negativamente in maniera autonoma sempre sulla tendinopatia. Nel campione analizzato nel nostro studio i soggetti avevano tutti un BMI all'interno del range normo-peso, riducendo così il più possibile il margine di errore. Oltre a questo si è dimostrato tramite un'analisi statistica che la differenza di BMI tra donne e uomini non è risultata influente sui dati ottenuti. Un altro limite è rappresentato dalle dimensioni del campione e dal ristretto range di età preso in considerazione. Il campione complessivo di 102 individui è sicuramente poco esaustivo per poter avere dei dati considerabili validi per la popolazione generale. Allo stesso modo il range di età ristretto limita la conoscenza dell'eventuale andamento dei tendini con il tempo. È noto che c'è una tendenza generale alla degenerazione e all'assottigliamento tendineo, un soggetto più anziano rispetto alla popolazione da noi studiata, potrebbe erroneamente risultare avere uno spessore patologico, quando invece per la sua età potrebbe essere considerato normale [14]. È quindi necessario ampliare lo studio con un maggior numero di individui comprendendo eventualmente anche fasce di età maggiori, così da poter stratificare gli spessori oltre che per il sesso anche per l'età.

3.5 Conclusioni

In conclusione, lo studio ha dimostrato quali siano gli spessori normali dei tendini del sottoscapolare, del sovraspinoso, dell'infraspinato e del capo lungo del bicipite omerale in una popolazione di giovani adulti sani. Inoltre, enfatizza l'importanza della misurazione dello spessore della cuffia dei rotatori in una spalla sana aiutando il radiologo o l'ortopedico a definire una spalla dolorosa come affetta da patologia della cuffia dei rotatori.

Bibliografia

Libri di testo

- [1] Anastasi G. , Capitani S. , Cinti S. , et al. , *Trattato di anatomia umana*, Milano, Edi. Ermes, 2010.
- [2] Cittadini G. , Cittadini G. , Sardanelli F. , et al. , *Cittadini. Diagnostica per immagini e radioterapia*, Milano, Edra, 2015.
- [3] Mancini A. , Morlacchi C. , *Clinica ortopedica manuale-atlante*, Padova, Piccin, 2018.

Siti internet

- [4] AIRPG, <https://www.airpg.it/la-lesione-della-cuffia-dei-rotatori-della-spalla>
- [5] Appunti di ecografia: informazione medica e diagnosi ecografica, <https://appuntiecografia.altervista.org>
- [6] Fisio 10, <https://www.fisio10.it/news/29-la-cuffia-dei-rotatori.html>
- [7] IRCCS Humanitas research hospital, <https://www.humanitas.it>
- [8] Manuale MSD: Versione per i professionisti, <https://www.msmanuals.com>
- [9] Scienze motorie, <https://www.scienzemotorie.com>

Articoli e Riviste

[10] Azzoni R. , Borrromei R. , Cabitza P. , *Ultrasound study of impingement syndrome of the shoulder*, G.I.O.T., 2002.

[11] Blickman J.G. , Jager G.J. , Rutten M.J.C.M. , *US of the Rotator Cuff: Pitfalls, Limitations, and Artifacts*, RadioGraphics, 2006.

[12] Borroni M. , Castagna A. , Garofalo R. , *La rottura della cuffia dei rotatori*, Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia, 2015.

[13] Chai J.W. , Kim D.H. , Park J. , et al , *Dynamic ultrasonography of the shoulder*, Ultrasonography, 2018.

[14] Cholewinski J.J. , Kusz D.J. , Wojciechowski P. , et al. , *Ultrasound measurement of rotator cuff thickness and acromion-humeral distance in the diagnosis of subacromial impingement syndrome of the shoulder*, Springer-Verlag, 2007.

[15] Cholini R. , Mozzone A. , Pizzini A. , *Ecografia: strumento indispensabile nella pratica clinica del medico di medicina generale*, Assessorato alla tutela salute e sanità: Regione Piemonte, 2012.

[16] Galatz L.M. , Keener J.D. , Teefy S.A. , et al. , *A Prospective Evaluation of Survivorship of Asymptomatic Degenerative Rotator Cuff Tears*, J Bone Joint Surg Am., 2015.

[17] Gilbert S. , Milgrom C. , Schaffler M. , et al. , *Rotator cuff changes in asymptomatic adults*, J Bone Joint Surg, 1995.

[18] Jacobson J.A. , *Shoulder US: Anatomy, Technique and Scanning Pitfalls*, RSNA, 2011.

[19] Jo C.H. , Lee Y.G. , Lee Y.J. , et al. , *Factors associated with degeneration of rotator cuff tendon: a histological study in patients with rotator cuff tear*, Acta Orthop. Belg., 2019.

[20] Karthikeyan S. , Parsons H. , Rai S.B. , et al. , Ultrasound dimensions of the rotator cuff in young healthy adults, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 2014.

[21] Kim H.G. , Kim K. , Song D. , et al. , *Ultrasound Dimensions of the Rotator Cuff and Other Associated Structures in Korean Healthy Adults*, *J Korean Med Sci*, 2016.

[22] Loveman E. , McIntyre L. , Waugh N. , et al., *The effectiveness of diagnostic tests for the assessment of shoulder pain due to soft tissue disorders: a systematic review*, *Health Technol Assess*, 2003.

[23] Ostor A.J. , Prevost A.T. , Richards C.A. , et al. , *Interrater reproducibility of clinical tests for rotator cuff lesions*. *Ann Rheum Dis* 2004.