



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DOTTORATO DI RICERCA IN  
SCIENZE CHIRURGICHE

Ciclo 37

**Settore Concorsuale:** 06/F4 - MALATTIE APPARATO LOCOMOTORE E MEDICINA FISICA E RIABILITATIVA

**Settore Scientifico Disciplinare:** MED/33 - MALATTIE APPARATO LOCOMOTORE

LA TECNICA DOUBLE-ROW SUTURE BRIDGE NON MOSTRA RISULTATI CLINICI E RADIOLOGICI SUPERIORI RISPETTO ALLA TECNICA SINGLE-ROW IN SEGUITO A RIPARAZIONE ARTROSCOPICA DI LESIONI < 2 CM DELLA CUFFIA DEI ROTATORI AD UN FOLLOW-UP MINIMO DI 24 MESI

**Presentata da:** Vito Gaetano Rinaldi

**Coordinatore Dottorato**

Emanuela Marcelli

**Supervisore**

Stefano Zaffagnini

**Co-supervisore**

Gianluca Faggioli

# Indice

<b>1</b>	<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>CUFFIA DEI ROTATORI</b>	<b>8</b>
2.1.1	ANATOMIA	8
2.1.2	FUNZIONE DELLA CUFFIA DEI ROTATORI	10
2.1.3	VASCOLARIZZAZIONE	11
2.1.4	STRUTTURA DEL TENDINE	13
2.1.5	APPORTO SANGUIGNO DEL TENDINE	14
<b>2.2</b>	<b>LESIONE DELLA CUFFIA DEI ROTATORI</b>	<b>18</b>
2.2.1	EPIDEMIOLOGIA	18
2.2.2	PATOGENESI	19
<b>2.3</b>	<b>SINTOMI</b>	<b>27</b>
<b>2.4</b>	<b>ESAME CLINICO</b>	<b>28</b>
2.4.1	VALUTAZIONE DEL ROM ARTICOLARE	28
2.4.2	MOVIMENTO SCAPOLARE	30
2.4.3	TEST CLINICI DI VALUTAZIONE DELLA CUFFIA DEI ROTATORI	31
<b>2.5</b>	<b>IMAGING</b>	<b>39</b>
•	RADIOGRAFIA	39
•	ECOGRAFIA	39
•	RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE (RMN)	40
<b>2.6</b>	<b>GRADING DELLA LESIONE</b>	<b>45</b>
2.6.1	PATTERN DI LESIONE DELLA CUFFIA	48
2.6.2	GRADO DI RETRAZIONE DEL TENDINE	49
2.6.3	DEGENERAZIONE GRASSA DEI MUSCOLI DELLA CUFFIA	50
2.6.4	ATROFIA MUSCOLARE	51
<b>2.7</b>	<b>TRATTAMENTO ARTROSCOPICO DELLE LESIONI DELLA CUFFIA DEI ROTATORI</b>	<b>53</b>
<b>2.8</b>	<b>OBIETTIVO</b>	<b>54</b>
<b>3</b>	<b>METODI</b>	<b>55</b>
<b>3.1</b>	<b>CRITERI DI INCLUSIONE</b>	<b>55</b>
<b>3.2</b>	<b>CRITERI DI ESCLUSIONE:</b>	<b>55</b>
<b>3.3</b>	<b>TECNICA CHIRURGICA</b>	<b>56</b>
<b>3.4</b>	<b>FOLLOW-UP</b>	<b>60</b>
3.4.1	VALUTAZIONE CLINICA E DELLA FORZA	60
3.4.2	RISONANZA MAGNETICA E VALUTAZIONE DELL'INTEGRITÀ DELLA CUFFIA DEI ROTATORI	62
<b>3.5</b>	<b>ANALISI STATISTICA</b>	<b>65</b>
<b>4</b>	<b>RISULTATI</b>	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSIONE</b>	<b>70</b>
<b>5.1</b>	<b>LIMITAZIONI DELLO STUDIO</b>	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>74</b>



# 1 ABSTRACT

La cuffia dei rotatori è un complesso muscolo-tendineo costituito dai tendini dei muscoli sovraspinato, sottospinato, sottoscapolare e piccolo rotondo in grado di permettere il movimento dell'articolazione della spalla sui vari piani dello spazio e di stabilizzare l'articolazione glenomerale.

Le lesioni dei tendini della cuffia dei rotatori sono molto comuni. Nella maggior parte dei casi questo tipo di lesioni sono su base degenerativa, in quanto legate al processo di invecchiamento dell'individuo. Tuttavia è sempre più frequente diagnosticare tali lesioni anche in soggetti giovani. Infatti, l'incidenza riportata delle lesioni della cuffia dei rotatori varia dal 5% al 40%, e la prevalenza aumenta con l'età sino ad arrivare al 51% nei pazienti con età superiore a 80 anni.

La diagnosi di lesione della cuffia dei rotatori viene posta basandosi sull'esame clinico e su indagini strumentali come la Risonanza Magnetica Nucleare (RMN).

Il trattamento di tali lesioni consiste nel reinserire a livello della sua inserzione anatomica (footprint) il tendine lesionato.

Varie sono le tecniche utilizzate per questo scopo, sia a cielo aperto che artroscopiche.

Le tecniche di riparazione artroscopica della cuffia dei rotatori sono in continua evoluzione e negli ultimi anni, le tecniche basate sull'utilizzo di ancorette di sutura come il Single-row (SR) e il Double-row Suture-bridge (DRSB) stanno sempre più guadagnando popolarità e rappresentano attualmente un argomento molto dibattuto in letteratura.

Nonostante la continua evoluzione dei materiali, sono ancora alti i tassi di fallimento precoce in seguito a riparazione artroscopica della cuffia dei rotatori

Tutto ciò richiede una attenta e continua valutazione dei metodi di riparazione e dell'impatto duraturo dei dispositivi utilizzati.

Questo studio monocentrico retrospettivo è volto a valutare l'outcome clinico-radiografico in pazienti trattati con tecnica di riparazione della cuffia dei rotatori utilizzando tecnica single row o double row suture bridge in seguito a lesione a tutto spessore.

Cinquanta pazienti con lesioni della cuffia dei rotatori sono stati sottoposti a riparazione utilizzando tecnica SR o DRSB. La valutazione includeva score clinici specifici, test di forza e valutazione dell'integrità del tendine pre e post operatoriamente tramite Risonanza Magnetica Nucleare (RMN) a 3 Tesla.

Entrambi i gruppi hanno mostrato risultati clinici, di forza e radiologici sovrapponibili al follow-up minimo di 24 mesi. Non è stata trovata alcuna correlazione significativa tra la tecnica di riparazione utilizzata e i risultati clinici o i tassi di nuova rottura. In pazienti con grading preoperatorio secondo Patte e Goutallier >1 sono stati riscontrati punteggi Constant-Murley postoperatori inferiori.

Questo studio dimostra che le tecniche SR e DRSB offrono risultati clinici e tassi di guarigione del tendine sovrapponibili quando utilizzati per riparare lesioni della cuffia dei rotatori in pazienti di età superiore a 55 anni a un follow-up minimo di 24 mesi. Sebbene esistano delle limitazioni, i nostri risultati contribuiscono alla comprensione degli approcci chirurgici ottimali, enfatizzando il trattamento individualizzato basato sulle caratteristiche del paziente e sull'esperienza del chirurgo. Ulteriori ricerche, inclusi studi controllati randomizzati con follow-up a lungo termine, saranno necessari per perfezionare gli algoritmi di trattamento e migliorare i risultati in seguito a interventi di chirurgia della cuffia dei rotatori.

## 2 INTRODUZIONE

Le crescenti esigenze di una popolazione in continuo invecchiamento stanno ponendo il Sistema Sanitario Nazionale (SSN) sotto una forte pressione economica. Infatti, l'aumento dei costi sanitari minaccia la sostenibilità del nostro sistema attuale. Per affrontare questa sfida, le pratiche sanitarie future dovranno migliorare la qualità dell'assistenza ai pazienti, contenendo al contempo l'incremento dei costi.

La cuffia dei rotatori è un complesso muscolo-tendineo costituito dai tendini dei muscoli sovraspinato, sottospinato, sottoscapolare e piccolo rotondo in grado di permettere il movimento dell'articolazione della spalla sui vari piani dello spazio e di stabilizzare l'articolazione gleno-omeroale.

Le lesioni dei tendini della cuffia dei rotatori sono molto comuni. Nella maggior parte dei casi tali lesioni sono per lo più su base degenerativa, in quanto legate al processo di invecchiamento dell'individuo. Tuttavia, è sempre più frequente diagnosticare tali lesioni anche in soggetti giovani. L'incidenza riportata delle lesioni della cuffia dei rotatori varia dal 5% al 40% [45], e naturalmente la prevalenza aumenta con l'età sino ad arrivare al 51% nei pazienti con età superiore a 80 anni[43]. Negli ultimi anni, la frequenza delle lesioni degenerative della cuffia dei rotatori è in aumento, così come il numero di interventi di riparazione della cuffia.

La riparazione della cuffia dei rotatori prevede l'utilizzo di ancorette con fili di sutura inclusi che permettono di riportare i tendini a livello dell'inserzione anatomica, chiamata footprint.

La tecnica di sutura varia in base all'entità della lesione e alla qualità tendinea e ossea.

Le tecniche di ancoraggio con sutura a singola fila (single row) o doppia a capacità compressiva (double-row suture bridge) rappresentano attualmente un argomento molto dibattuto in letteratura [2, 14, 22, 40].

In un periodo in cui il SSN è sotto continua pressione e perdita economica è di fondamentale importanza adottare la migliore tecnica di riparazione con il costo più basso possibile.

La tecnica single row (SR) prevede l'utilizzo di 1 o 2 ancora, mentre quella double row suture bridge (DRSB) prevede l'utilizzo di 4 ancore, così aumentando di molto i costi.

Lo scopo del presente studio è confrontare l'efficacia della riparazione con tecnica double row suture bridge (DRSB) rispetto alla riparazione con tecnica single row (SR) nella chirurgia di riparazione artroscopica della cuffia dei rotatori sia da un punto di vista clinico che radiologico.

Attualmente in letteratura non sono disponibili studi che confrontino queste due tecniche di riparazione tramite test clinici oggettivi, soggettivi e tramite Risonanza Magnetica Nucleare (RMN) a 3-Tesla.

L'ipotesi dello studio è che la tecnica di riparazione DRSB possa offrire risultati clinici superiori e che mostri una migliore guarigione del tendine, valutata tramite Risonanza Magnetica (MRI) a 3 Tesla, rispetto alla tecnica SR.

## **2.1 Cuffia dei rotatori**

### **2.1.1 Anatomia**

La cuffia dei rotatori è una struttura muscolo-tendinea che svolge un ruolo cruciale nella stabilizzazione della cinematica dell'articolazione della spalla. È composta da quattro muscoli: sovraspinato, infraspinato, piccolo rotondo e sottoscapolare, e dai rispettivi tendini, che lavorano insieme per mantenere la testa omerale centrata all'interno della cavità glenoidea e stabilizzare l'articolazione glomerale[31].

Il sottoscapolare, un muscolo triangolare multipennato, origina dalla fossa sottoscapolare sulla superficie anteriore della scapola e converge in un ampio tendine che si inserisce sulla piccola

tuberosità dell'omero o trochine. Superiormente, il sovraspinato origina dalla fossa sovraspinosa della scapola e si inserisce sulla porzione superiore e anteriore della tuberosità maggiore della testa omerale, anche chiamata trochite. Il sovraspinato presenta una parte anteriore e una posteriore. La porzione anteriore è più spessa e robusta rispetto alla porzione posteriore, che è più ampia e sottile. Il muscolo infrapinato, invece, occupa la fossa infrapinata al di sotto della spina scapolare, sulla sua superficie posteriore, mentre il piccolo rotondo origina dai due terzi superiori del bordo ascellare della scapola. Il tendine dell'infrapinato si inserisce sulla porzione intermedia e il tendine del piccolo rotondo su quella inferiore della grande tuberosità omerale [25][94](Figura 1). Le fibre posteriori del sovraspinato si interdigitano con le fibre anteriori dell'infrapinato e i due tendini non possono essere facilmente distinti a livello inserzionale. Questa sovrapposizione tra i vari tendini costituenti la cuffia dei rotatori determina un'inserzione ampia e continua della cuffia sulle tuberosità, così migliorando la resistenza al carico[118] (Figura 2).

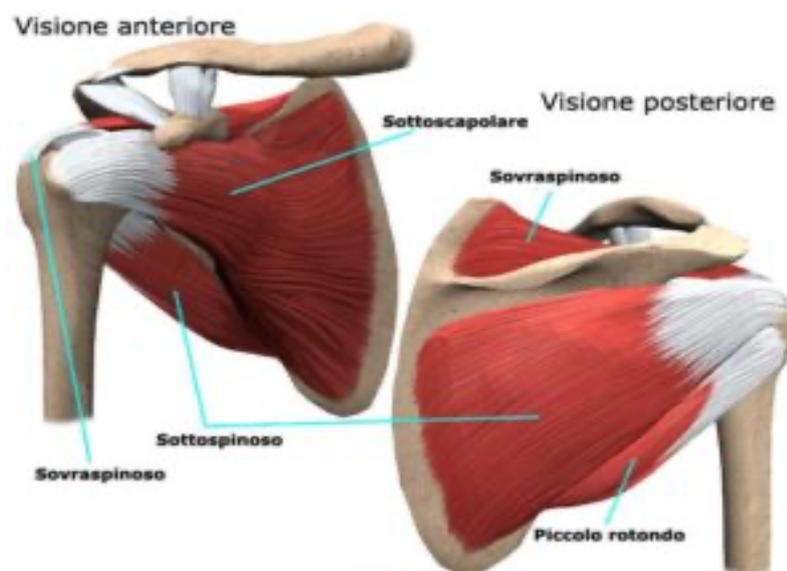


Figura 1: Anatomia della cuffia dei rotatori.

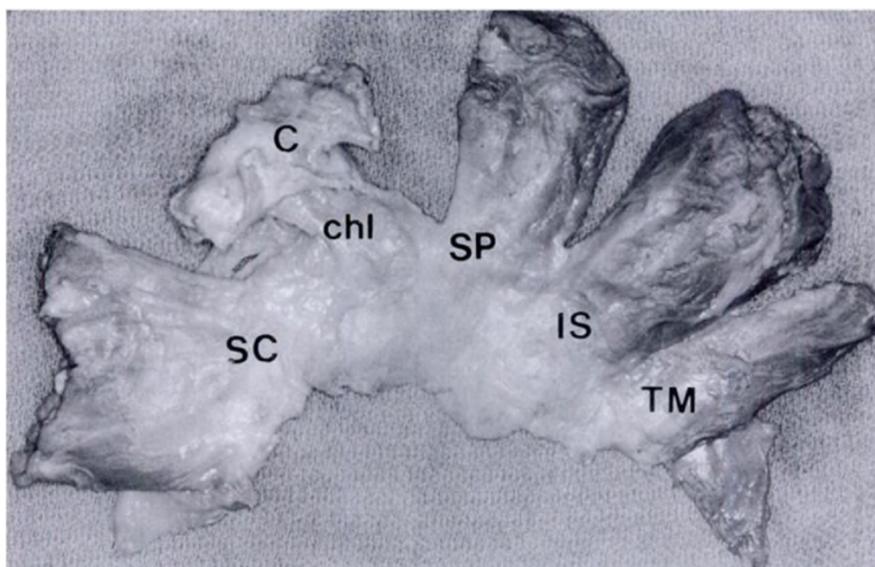


Figura 2: Inserzione della cuffia dei rotatori che mostra il sottoscapolare (SC), il processo coracoideo osteotomizzato (C) con il legamento coraco-omerale (chl) annesso, il sovraspinato (SP), l'infraspinato (IS) e il piccolo rotondo (TM).

### 2.1.2 Funzione della cuffia dei rotatori

L'arto superiore può assumere un numero infinito di posizioni grazie all'ampia articolarietà della spalla, consentendo così alla mano e all'avambraccio di muoversi in modo efficace. Per raggiungere ciò, il complesso dell'articolazione della spalla sacrifica parte della sua stabilità a favore di una maggiore mobilità. La funzione principale dei quattro muscoli della cuffia dei rotatori è quella di lavorare in sincronia tra loro per consentire all'arto di muoversi liberamente su tutti i piani dello spazio e, allo stesso tempo, mantenere una stabilità articolare dinamica. La cuffia dei rotatori mantiene la testa omerale centrata sulla glenoide e oppone la forza di traslazione superiore e di taglio del deltoide comprimendo la testa omerale sulla cavità glenoidea, così riuscendo a mantenere la testa omerale stabile per la maggior parte dell'arco di movimento. Inoltre, i muscoli della cuffia dei rotatori aderendo saldamente alla capsula dell'articolazione gleno-omerale, la rinforzano. Oltre a lavorare sinergicamente, tutti questi muscoli hanno anche funzioni individuali. Il

sottoscapolare è un rotatore interno, il sovraspinato collabora strettamente con il deltoide per produrre flessione e abduzione, mentre l'infraspinato e il piccolo rotondo sono rotatori esterni della spalla[25].

### **2.1.3 Vascolarizzazione**

La cuffia dei rotatori riceve il suo apporto sanguigno da arterie che originano sia a livello muscolare che osseo. L'apporto principale di sangue alla cuffia dei rotatori proviene dai rami delle arterie circonflessa omerale anteriore e posteriore (Figura 3 e 4)[21, 79]. L'arteria circonflessa omerale anteriore e il suo ramo terminale intraosseo, l'arteria arcuata, insieme all'arteria sovrascapolare, forniscono la porzione anteriore della cuffia dei rotatori. L'arteria circonflessa omerale posteriore, invece, irriga la porzione posteriore della cuffia dei rotatori. I vasi sanguigni provenienti dal ramo acromiale del tronco toracoacromiale, dalle arterie sottoscapolare e sopraomeroale partecipano alla vascolarizzazione della cuffia dei rotatori in varia misura[33, 59].

Sebbene ci sia un ampio consenso riguardo all'apporto arterioso della cuffia dei rotatori, diversi studi suggeriscono che l'apporto sanguigno non sia uniforme all'interno del tendine sovraspinato. Vari studi pubblicati negli anni, hanno portato a un dibattito incentrato principalmente sulla questione se ci sia un'area di relativa ipovascolarità a livello del tendine sovraspinato. Questa area, definita “zona critica” da Codman[146], si trova a 10-15 mm prossimalmente all'inserzione del tendine sovraspinato sul trochite. Gli studi che tendono a supportare la presenza di una zona critica sono principalmente studi in vitro più datati, mentre studi fisiologici recenti in vivo non hanno mostrato zone ipovascolarizzate[77, 80, 97, 115, 119, 129].

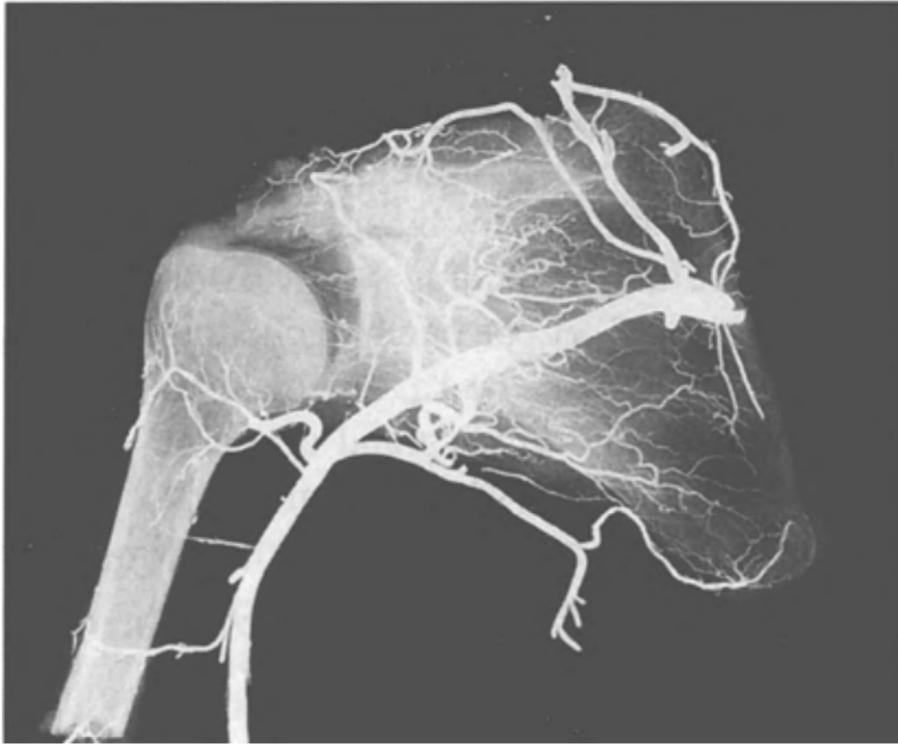


Figura 3 : Radiografia della spalla destra che mostra il pattern di apporto sanguigno.

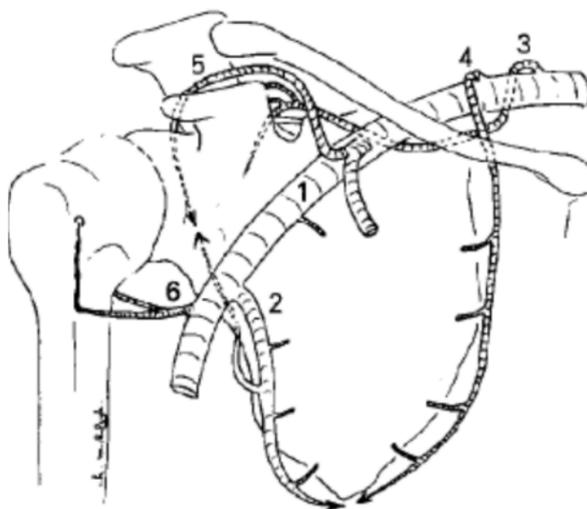


Figura 4 : Apporto sanguigno della cuffia dei rotatori, arterie principali: 1. Ascellare; 2. Sottoscapolare; 3. Sovrascapolare; 4. Scapolare posteriore; 5. Ramo acromiale dell'arteria toracoacromiale; 6. Arterie circonflesse omerali anteriore e posteriore.

## 2.1.4 Struttura del tendine

Un tendine sano è un tessuto complesso e altamente organizzato, composto da fibrille di collagene immerse in una matrice di proteoglicani. La struttura di base di un tendine è costituita da fasci di fibrille di collagene, organizzati in modo gerarchico (Figura 5). Le molecole di collagene di tipo I si uniscono per formare microfibrille. Le microfibrille adiacenti si interdigitano e formano il successivo livello di struttura chiamato fibrilla (50-200 nm di diametro). Le fibrille si impacchettano quindi in strutture più grandi per formare le fibre (3-7  $\mu\text{m}$  di diametro). Le fibre si combinano per formare fascicoli (con diametri dell'ordine dei micrometri) e infine, i fascicoli vengono raggruppati insieme per formare il tendine (diametro dell'ordine dei millimetri o centimetri). Questo tipo di struttura gerarchica permette l'allineamento dei fasci di fibre in linea con l'asse lungo del tendine così conferendo al tendine stesso una elevata resistenza alla trazione[68].

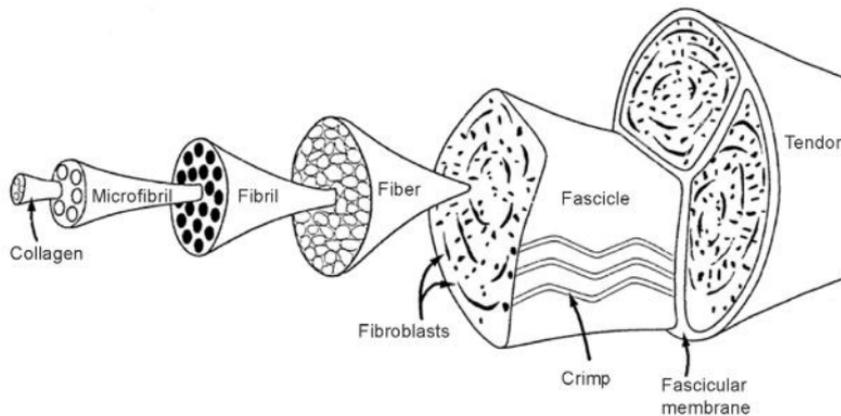


Figura 5 : Struttura fibrillare del tendine

La matrice extracellulare dei tendini è composta da: collagene (65-80%), elastina (1-2%) e sostanza fondamentale. Il collagene di tipo I è la tipologia predominante di collagene e conferisce ai tendini la forza necessaria per resistere a carichi elevati. L'elastina, invece, fornisce flessibilità e proprietà elastiche, mentre la sostanza fondamentale è composta per circa il 60-80% da acqua, proteoglicani e glicoproteine[1]. I tenoblasti e i tenociti costituiscono il 90-95% degli elementi cellulari dei tendini

e sono disposti in file parallele tra le fibre di collagene. I tenoblasti sono cellule immature del tendine a forma di fuso con elevata attività metabolica, come dimostrato dalla presenza di abbondanti organelli citoplasmatici. Con la maturazione, i tenoblasti si trasformano in tenociti. I condrociti, le cellule sinoviali e le cellule endoteliali costituiscono i restanti elementi cellulari del tendine[127].

Il tendine è avvolto da un epitenonio, che è una sottile guaina di tessuto connettivo lasso contenente l'apporto vascolare, linfatico e nervoso del tendine stesso. Si estende all'interno del tendine tra i fasci terziari come endotenonio, avvolgendo ogni fibra tendinea. Superficialmente, l'epitenonio è circondato dal paratenonio, un tessuto connettivo areolare lasso costituito da fibrille di collagene di tipo I e III, alcune fibrille elastiche e un rivestimento interno di cellule sinoviali[1]. Lo spazio tra questi due strati contiene fluidi ricchi di mucopolisaccaridi che forniscono lubrificazione, prevenendo l'attrito e proteggono il tendine[127]. I tendini consumano ossigeno a una velocità 7,5 volte inferiore rispetto ai muscoli[137]. Questo basso tasso metabolico, combinato con una ben sviluppata capacità di generazione di energia anaerobica, riduce il rischio di ischemia e necrosi quando sottoposti a carichi per lunghi periodi[46]. Tuttavia, un basso tasso metabolico si traduce in una guarigione lenta dopo un infortunio. I tendini presentano anche differenze nella loro struttura, composizione, fenotipi cellulari e metabolismo, in base alle richieste funzionali a cui sono sottoposti e alle specifiche localizzazioni anatomiche. Studi dimostrano come l'aumentata velocità di turnover cellulare del collagene, sia correlata alle sollecitazioni alle quali è sottoposto il tendine stesso, come nel caso del sovrastiramento; fenomeno che risulta molto più lento nei tendini non sottoposti a elevato stress[116].

### **2.1.5 Apporto sanguigno del tendine**

I tendini sono tessuti metabolicamente attivi che necessitano di una fonte di apporto sanguigno. Il giusto apporto sanguigno è garantito da due principali fonti[18, 127]:

1. Apporto intrinseco alla giunzione muscolotendinea e alla giunzione osteotendinea
2. Apporto estrinseco tramite il paratenonio o la guaina sinoviale, quando presente.

Il contributo relativo dell'apporto sanguigno da ciascuna fonte varia da tendine a tendine. Alla giunzione muscolotendinea, i vasi perimiseali che originano dal muscolo continuano tra i fasci del tendine, ma è improbabile che si estendano oltre il terzo prossimale del tendine stesso. Alla giunzione osteotendinea, l'apporto sanguigno è scarso e limitato alla parte di inserzione del tendine, anche se possono esistere comunicazioni tra i vasi periostali e quelli del sistema estrinseco[18]. Nei tendini con guaina sinoviale, i vasi sanguigni attraversano il mesotenonio e formano un plesso sulla superficie della guaina stessa. La parte superficiale del tendine è fornita da questo plesso, mentre alcuni vasi penetrano nell'epitenonio e si dirigono nei setti endotenonali per formare una connessione tra la rete vascolare peri-tendinea e intra-tendinea[4]. Nei tendini privi di guaina sinoviale, il paratenonio fornisce questo componente estrinseco formando una complessa rete vascolare sulla sua superficie. La vascolarità del tendine può essere compromessa nelle zone di giunzione e nei siti di torsione, attrito o compressione[76].

### **2.1.5.1 Tendine del Sovraspinato**

La struttura del tendine sovraspinato ha una rilevanza clinica importante poiché garantisce un'ampia gamma di movimenti. Possono verificarsi movimenti asincroni all'interno della struttura tendinea, in cui parti del tendine possono diventare relativamente “più lunghe” e le fibre del lato opposto diventare “più corte”. Ad esempio, quando il braccio è completamente abdotto alla spalla, le fibre della superficie articolare del sovraspinato diventano “stirate” (più lunghe) e le fibre della superficie borsale sono “comprese” (più corte). Questo fenomeno può contribuire ad aumentare lo stress all'interno del tendine stesso così predisponendo alla patologia[78].

Fallon et al. hanno descritto quattro sottounità strutturali all'interno del tendine sovraspinato: tendine propriamente detto, fibrocartilagine di attacco, “rotator cable” e capsula. Il tendine propriamente detto è composto da sei a nove fasci paralleli strutturalmente indipendenti avvolti da

endotenonio e separati da proteoglicani. La presenza di proteoglicani aiuta a lubrificare i fasci mentre si muovono l'uno sull'altro, diminuendo così lo stress[41]. Il tendine propriamente detto si inserisce sulla grande tuberosità attraverso la fibrocartilagine di attacco[12]. L'estesa fibrocartilagine dona al tendine sovraspinato resistenza alla compressione e alle forze di taglio. Infatti, nella maggior parte dei casi le inserzioni tendinee epifisarie all'osso hanno tipicamente un'estensione di circa 0,5-0,7 mm di fibrocartilagine; nel tendine sovraspinato questa è di circa 20 mm[10, 11].

Il “rotator cable” è composto da fibre di collagene unidirezionali densamente impacchettate che si estendono dal legamento coraco-omerale anteriormente fino all'infraspinato posteriormente. Queste si sviluppano perpendicolarmente all'asse del tendine propriamente detto, in uno strato più profondo rispetto al tendine e superficialmente rispetto alla capsula articolare. Il “rotator cable” è una struttura sostanziale e svolge un ruolo importante nel trasferimento delle forze al tendine stesso[16]. Clark et al. hanno descritto le inserzioni tendinee del sovraspinato e dell'infraspinato come una struttura a cinque strati. Lo strato due forma la parte principale del tendine. Lo strato quattro corrisponde al cavo rotatorio descritto da Burkhart e Fallon, che funge da ponte sospeso a carico, distribuendo il carico e proteggendo il tendine distale dallo stress delle forze di taglio[25](Tabella 1), (Figura 5).

### **Strato Spessore Composizione**

1	1 mm	Fibre superficiali del legamento coraco-omerale.
2	3 – 5 mm	Fibre tendinee parallele e ravvicinate, raggruppate in grandi fasci. Si estendono direttamente dal ventre muscolare all'omero.
3	3 mm	Struttura tendinea con fascicoli più piccoli e orientamento meno uniforme rispetto allo strato 2.

## Strato Spessore Composizione

4	Variabile	Fibre profonde del legamento coraco-omeroale con tessuto connettivo lasso contenente fasce spesse di collagene che corrono perpendicolari allo strato 2.
5	1 – 2 mm	Strato capsulare costituito da un foglio continuo di fibrille di collagene intrecciate.

Tabella 1 : Strati istologici dei tendini del sovraspinato e dell'infraspinato secondo Clark et al.



Figura 6 : Fotomicrografia composta di una sezione longitudinale verticale attraverso il tendine sovraspinato e la capsula articolare vicino all'inserzione del tendine. I numeri 1-5 rappresentano gli strati.

## 2.2 Lesione della cuffia dei rotatori

### 2.2.1 Epidemiologia

La patologia della cuffia dei rotatori è tra i più comuni disturbi muscoloscheletrici. Si tratta di condizioni disabilitanti con un'alta prevalenza specialmente nella popolazione attiva. L'età è il principale fattore di rischio in quanto si tratta di un processo degenerativo progressivo[29]. Il fumo rappresenta un altro importante fattore di rischio. Una revisione sistematica della letteratura, infatti, ha dimostrato che i fumatori presentano tassi e dimensioni maggiori di lesioni degenerative così aumentando il numero di interventi chirurgici [121].

Un altro fattore di rischio è la storia familiare. In uno studio sulla malattia della cuffia dei rotatori in soggetti di età inferiore ai 40 anni, è stata riscontrata una correlazione significativa tra individui con patologie e lesioni della cuffia fino ad una parentela di terzo grado[98]. Negli ultimi anni è stato dimostrato come una postura scorretta possa predisporre a lesioni della cuffia dei rotatori. Infatti in uno studio di Sambandam et al. erano presenti lesioni nel 65,8% dei pazienti con postura cifotica-lordotica, nel 54,3% con invertita lordosi lombare. Invece, le lesioni erano presenti solo nel 2,9% dei pazienti con ideale atteggiamento del rachide [121]. Altri fattori di rischio includono traumi, ipercolesterolemia e professioni o attività che richiedono un'attività intensa sopra la testa[98].

Per quanto riguarda le lesioni parziali vari sono i fattori che possono determinare la progressione a lesione totale: dimensione della lesione, sintomi, localizzazione e età. Dimensione della lesione: una lesione di piccole dimensioni può rimanere stabile, mentre le lesioni più grandi hanno maggiori probabilità di subire un deterioramento strutturale. La dimensione critica che porta una piccola lesione a diventare una lesione più grande o completa non è ancora stata definita[125].

La progressione della lesione è sicuramente correlata allo sviluppo dei sintomi. Infatti, le lesioni che aumentano attivamente di dimensione hanno una probabilità cinque volte maggiore di sviluppare sintomi rispetto a quelle che rimangono invariate. Anche la posizione della lesione influenza la

progressione. Le lesioni anteriori hanno una maggiore probabilità di evolvere in degenerazione della cuffia[43].

Infine, l'età: i pazienti di età superiore ai 60 anni hanno maggiori probabilità di sviluppare progressive lesioni della cuffia dei rotatori[62].

## **2.2.2 Patogenesi**

Le lesioni della cuffia dei rotatori possono essere traumatiche o su base degenerativa. Le lesioni traumatiche avvengono generalmente a seguito di un trauma improvviso, come una caduta o un sollevamento errato. Sebbene meno comuni, possono verificarsi in persone di tutte le età, anche se sono più frequenti nei giovani. Gli uomini risultano essere più predisposti rispetto alle donne a subire una lesione traumatica della cuffia dei rotatori.

Il trauma, però, non è la causa più comune delle lesioni della cuffia dei rotatori.

Le lesioni degenerative infatti sono le più frequenti. La maggior parte delle lesioni della cuffia dei rotatori è causata da cambiamenti degenerativi, soprattutto in pazienti di età superiore ai 60 anni.

Diversi sono i fattori di rischio predisponenti al processo degenerativo che porta alla lesione della cuffia dei rotatori : età, fumo, ereditarietà, ipercolesterolemia, sovraccarico, microtraumi e impingement[125].

### **2.2.2.1 Impingement Subacromiale**

Lo spazio subacromiale è la zona anatomica delimitata dalla testa omerale inferiormente, dall'acromion anteriore e dal legamento coracoacromiale superiormente. Di solito viene misurato linearmente tra l'acromion e la testa omerale ed espresso come distanza acromio-omerale (AHD) (Figura 7). L'AHD è stata misurata in spalle normali e in pazienti con patologia della cuffia dei rotatori utilizzando radiografie semplici[102, 113, 123, 141], ecografia[24, 32] e risonanza magnetica[51].

Diversi studi hanno dimostrato che l'AHD varia da 7 a 14 mm nelle spalle sane, ma è ridotta in quelle con lesioni della cuffia dei rotatori[6, 141]. È stato anche dimostrato che nei pazienti sottoposti a intervento chirurgico di sutura della cuffia dei rotatori, un AHD inferiore a 7 mm (con il braccio a riposo) è un predittore di esito sfavorevole[37, 101]. Tuttavia, un significativo restringimento dello spazio subacromiale non è sempre presente nei pazienti con patologia della cuffia dei rotatori. Fattori biomeccanici come l'attività muscolare e la postura possono causare una riduzione dello spazio subacromiale quando il braccio è in uso. Questo restringimento "funzionale" dello spazio subacromiale può essere rilevato solo misurando lo spazio durante l'attivazione muscolare ed il movimento. Diversi studi hanno mostrato che l'AHD durante l'elevazione attiva del braccio è di minore estensione nei soggetti con lesioni della cuffia dei rotatori rispetto alle spalle sane[58].

È stato dimostrato come fattori anatomici come le variazioni nella forma, inclinazione o orientamento dell'acromion e osteofitosi prominente nella parte inferiore dell'articolazione acromioclavicolare o del legamento coracoacromiale possono determinare la riduzione dello spazio subacromiale così causando impingement[13, 35, 100].

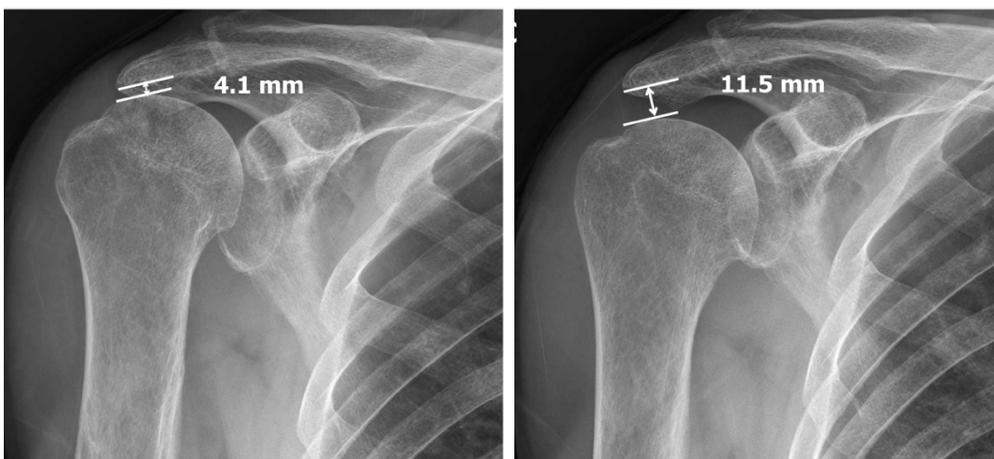


Figura 7: Distanza acromion-omerale (AHD) in paziente con lesione della cuffia dei rotatori e paziente con spalla sana.

### 2.2.2.2 Morfologia dell'acromion

La forma dell'acromion sui piani coronale e sagittale può avere grande influenza nel causare impingement subacromiale. Neer, infatti, credeva che la variazione anatomica e l'anomalia nella forma dell'acromion siano i principali fattori eziologici nelle lesioni della cuffia dei rotatori[99]. Vari parametri come la tipologia di acromion[13], l'inclinazione acromiale[69], il tilt acromiale[8] e l'indice acromiale [104] sono stati utilizzati per descriverne la morfologia. Il sistema di classificazione proposto da Bigliani et al.[13], è quello più famoso ed accettato per la valutazione della morfologia acromiale nei pazienti con patologia della cuffia dei rotatori. Bigliani ha descritto tre forme diverse di acromion (Figura 8) in:

1. Tipo I : Acromion con superficie inferiore piatta.
2. Tipo II : Acromion con superficie inferiore curva.
3. Tipo III : Acromion ad uncino

Successivamente è stato aggiunto un quarto tipo di acromion con superficie inferiore convessa[42]. Bigliani et al. hanno riscontrato un acromion di tipo III nel 70% dei cadaveri con lesioni della cuffia dei rotatori, mentre solo il 3% degli acromion di tipo I era presente in soggetti con patologie della cuffia. Questa osservazione è stata supportata da Epstein et al. [39], i quali hanno trovato una significativa correlazione tra l'acromion di tipo III e la presenza di lesioni della cuffia dei rotatori (62% vs 13%,  $p < 0.0001$ ) valutandoli tramite risonanza magnetica.

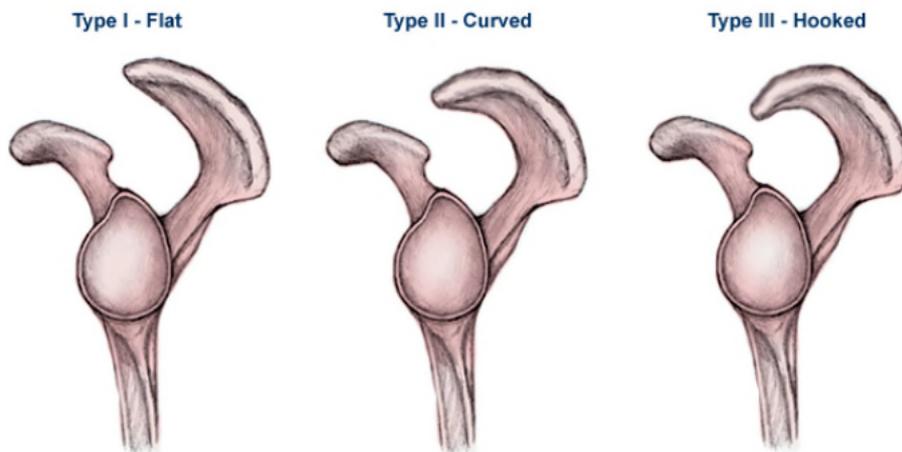


Figura 8: Classificazione della morfologia acromiale secondo Bigliani et al.

Non è chiaro se la morfologia dell'acromion sia un tratto congenito o acquisito[126]. Studi anatomici su cadavere e studi di risonanza magnetica su popolazioni giovani asintomatiche non hanno riscontrato acromion di tipo III ad uncino in pazienti al di sotto dei 30 anni. Infatti, vari studi dimostrano come con l'avanzare dell'età, si osserva una transizione costante e graduale da un acromion piatto a un acromion più curvo o a uncino[140]. Autori suggeriscono come la forma dell'acromion può essere modificata dalla ossificazione selettiva che si osserva, prevalentemente nella parte anteriore inferiore dell'acromion[84, 126, 140].

Ci sono argomenti contro questa teoria; le principali critiche sono:

1. La maggior parte delle lesioni parziali della cuffia non si verifica sul versante bursale della cuffia, dove ci si aspetta che avvenga l'abrasione meccanica da parte dell'acromion[105].
2. Un'analisi 3D della morfologia acromiale tramite risonanza magnetica ha mostrato che l'impingement osseo da parte dell'acromion non è una causa primaria di lesioni della cuffia dei rotatori[20].
3. Ci sono prove che suggeriscono che le lesioni della cuffia sul versante bursale potrebbero essere responsabili della formazione di osteofitosi subacromiale e non il contrario[19, 105].

4. C'è una scarsa affidabilità intra e inter osservatore nell'identificare il tipo di acromion sia nella valutazione anatomica che in quella radiologica[15, 112, 145].
5. Studi recenti hanno dimostrato che l'acromioplastica potrebbe non essere necessaria per un ripristino efficace della cuffia dei rotatori[121], il che sarebbe inaspettato se la forma acromiale giocasse un ruolo principale nel causare danni al tendine.

In sintesi, la maggior parte delle evidenze suggerisce che l'impingement subacromiale rimane una teoria valida. Potrebbe giocare un ruolo principale in casi selezionati di patologia della cuffia dei rotatori, ma probabilmente non è così comune come si pensava in precedenza.

### **2.2.2.3 Fattori biomeccanici**

Le anomalie posturali, la debolezza muscolare focale o la rigidità dei tessuti molli possono avere un'influenza diretta sulla cinematica scapolare e omerale. Una cinematica scapolare e omerale anormale può portare a un restringimento dinamico dello spazio subacromiale, causando compressione del tendine della cuffia dei rotatori a causa della traslazione superiore della testa omerale[55, 62, 82, 120].

La riduzione dell'inclinazione posteriore e della rotazione verso l'alto della scapola, insieme a un aumento della rotazione interna, è stata riscontrata in pazienti con impingement subacromiale rispetto a soggetti normali. Molti autori hanno identificato l'acromion anteriore come il sito predominante per l'impingement[68, 99, 143]. La cifosi della colonna toracica e anche l'ipotonicità dei muscoli scapolo-toracici, in particolare del serrato anteriore e del trapezio, possono alterare la posizione della scapola e contribuire alla riduzione dello spazio subacromiale[28, 54].

### **2.2.2.4 Impingement interno**

Il termine “impingement interno” si riferisce alla compressione dei tendini della cuffia dei rotatori tra il margine glenoideo postero-superiore e l'omero quando il braccio è in rotazione esterna,

abduzione ed estensione. Questo fenomeno avviene sul versante articolare ed è particolarmente comune negli atleti che praticano sport overhead come il tennis o il baseball[30, 34]. I pazienti tendono a presentare dolore a livello della porzione posteriore e superiore della spalla, tipicamente nella fase finale di lancio quando il braccio è in abduzione e rotazione esterna[17].

### **2.2.2.5 Carico e forze tendinee di trazione**

Il livello esatto di carico necessario per mantenere l'omeostasi del tendine non è noto. Diversi studi hanno dimostrato come l'uso eccessivo determini cambiamenti patologici del tendine, come l'apoptosi e la metaplasia dei tenociti e l'aumento dell'attività delle metalloproteinasi della matrice[66, 85]. Arnoczky et al hanno invece dimostrato come una stimolazione insufficiente possa essere dannosa quanto la sovrastimolazione[3]. Questo potrebbe spiegare perché la degenerazione avvenga in certe popolazioni anziane e non in altre.

### **2.2.2.6 Età**

L'avanzare dell'età può avere di per sé un effetto negativo sulle proprietà meccaniche dei tendini a causa della ridotta perfusione arteriosa, ipossia locale, produzione di radicali liberi e compromissione del metabolismo[72]. Questo potrebbe spiegare l'aumento della prevalenza della degenerazione della cuffia dei rotatori, incluse lesioni parziali e a tutto spessore della cuffia dei rotatori in soggetti oltre i 40 anni di età[92, 128, 143]. Sebbene Neer sostenesse un meccanismo di lesione estrinseco per la patologia della cuffia dei rotatori, ha incluso l'età come fattore importante. Ha descritto la patologia della cuffia dei rotatori come un continuum con 3 stadi caratterizzati dall'età: meno di 25 anni per lo stadio I, tra 25 e 40 anni per lo stadio II, e oltre 40 anni per lo stadio III[99]. Studi istologici hanno mostrato che, con l'avanzare dell'età, il tendine sovraspinato presenta una diminuzione di glicosaminoglicani e proteoglicani[117]. Kumagai et al. hanno riscontrato

calcificazione e proliferazione fibrovascolare, con una riduzione complessiva del contenuto di collagene e un aumento della proporzione di collagene di tipo III, più debole e disposto in modo più irregolare, nei tendini della cuffia dei rotatori di soggetti anziani anche in assenza di lesioni franche[71].

Al contrario, Longo et al. in uno studio su una popolazione anziana hanno trovato poche evidenze a sostegno della teoria che il tendine degeneri con l'età in individui sani e asintomatici[81]. Matthews et al., invece, suggerisce che ci siano altri fattori oltre all'età che portano alla degenerazione[88]. Tuttavia, i cambiamenti legati all'età nel tendine sembrano essere un fattore intrinseco significativo nella patogenesi della tendinopatia.

### **2.2.2.7 Microvascolarità**

I tendini sono strutture metabolicamente attive e richiedono un apporto vascolare per la nutrizione e il turnover cellulare. La ridotta vascolarità può diminuire la sintesi del collagene e compromettere il turnover cellulare del tendine. Alcuni tendini, come quello del sovraspinato, sono suscettibili a compromissioni vascolari[80, 115]. Un apporto vascolare carente è stato implicato come fattore nella patogenesi della tendinopatia della cuffia dei rotatori.

Codman descrisse per primo l'idea di una “zona critica” come un'area all'interno del tendine sovraspinato con vascolarità ridotta. Egli descrisse quest'area come situata circa 1 cm medialmente all'inserzione del sovraspinato sulla grande tuberosità[146]. Studi successivi riguardanti l'apporto sanguigno all'interno del tendine sovraspinato hanno concluso che l'apporto sanguigno potrebbe non essere uniforme e concordano con la presenza di una “zona critica”, che può rendere il tendine più suscettibile a danni in quell'area. È stato anche suggerito che questa “zona critica” con il suo scarso apporto sanguigno potrebbe non essere una zona anatomica ben definita, ma potrebbe essere una zona funzionale dipendente dalla posizione del braccio. Questo concetto di ridotto flusso sanguigno

è stato messo in discussione da studi in vivo che non hanno trovato alcuna evidenza di ipo-vascolarità nella “zona critica”[21, 77].

Fenomeni di neovascolarizzazione e riparazione tendinea sono stati riscontrati soprattutto a livello delle porzioni di tendine degenerato e parzialmente lesionato; al contrario è stato dimostrato come la tendinopatia che progredisce verso lesioni complete sia avascolare. Vari autori hanno dimostrato come l'aumentata vascolarità potrebbe essere una risposta alla guarigione in seguito a microtraumi tissutali, mentre l'avascolarità potrebbe essere la causa di una tendinopatia progressiva o il risultato di una lesione completa [77, 97, 115].

Tuttavia, la relazione tra vascolarità, età e degenerazione non è stata completamente chiarita e un recente articolo di revisione ha evidenziato la mancanza di risultati definitivi in questo campo[59]. Inoltre, le teorie vascolari e quelle di impingement non sono mutuamente esclusive. L'alta incidenza di patologie del sovraspinato può essere spiegata come il risultato di impingement a livello della zona critica di apporto vascolare[83].

#### **2.2.2.8 Genetica**

In uno studio condotto da Harvie et al., i fratelli di pazienti con lesioni a tutto spessore della cuffia dei rotatori sono risultati più suscettibili a sviluppare sia tendinopatia che lesioni della cuffia stessa. Lo studio ha dimostrato come i fratelli avessero più del doppio del rischio di sviluppare lesioni della cuffia dei rotatori (rispetto a un gruppo di controllo) ( $p < 0,001$ ) e quasi cinque volte il rischio di manifestare sintomi ( $p < 0,001$ )[57]. Uno studio caso-controllo di Flynn et al. ha riportato che gli individui con lesione del legamento crociato anteriore (LCA) hanno il doppio delle probabilità di avere un parente e oltre il doppio delle probabilità di avere un parente di primo grado con lesione del LCA[44]. Diversi studi hanno riportato una relazione tra genetica e tendinopatia di Achille[65, 95, 96].

Complessivamente, questi risultati sembrano suggerire una predisposizione genetica alle lesioni della cuffia dei rotatori. Tuttavia, l'identificazione di diversi fattori di rischio intrinseci ed estrinseci suggerisce che probabilmente siano coinvolte interazioni complesse tra geni e ambiente nella eziologia di queste condizioni.

Le lesioni della cuffia dei rotatori si dividono in lesioni a tutto spessore e lesioni parziali. Come già detto, le lesioni parziali possono progredire a lesioni complete ed i fattori di rischio per la progressione delle lesioni includono: dimensione della lesione, sintomi, localizzazione e età[134].

## **2.3 Sintomi**

I sintomi della lesione della cuffia dei rotatori includono dolore alla spalla, debolezza e difficoltà nel sollevare o ruotare il braccio. Il dolore può essere acuto sin da subito o a comparsa graduale e progressivo[47].

La sintomatologia algica è causata principalmente dall'infiammazione della borsa subacromiale e del tendine e comprende dolore alla spalla, arco di movimento doloroso e presenza di versamento nella bursale[87].

Il dolore è il sintomo più comune e solitamente è avvertito nella parte anterolaterale della spalla. Spesso si irradia a livello dell'inserzione del deltoide ed è esacerbato da attività sopra la testa. Il dolore è frequentemente notturno, soprattutto quando il paziente si sdraia sulla spalla colpita. I pazienti possono anche riferire sensazioni di scatto, blocco o crepitio. Nei pazienti anziani con patologia degenerativa della cuffia, i sintomi sono spesso insidiosi, con dolore progressivo, debolezza e perdita di movimento attivo[142].

La diagnosi di una lesione della cuffia dei rotatori prevede un esame fisico e test di imaging. Durante l'esame obiettivo è necessario valutare la gamma di movimenti della spalla colpita: infatti, le lesioni della cuffia dei rotatori oltre a causare dolore durante il movimento, possono determinare scompensi biomeccanici come la discinesia scapolare.

## **2.4 Esame clinico**

Vari sono i test clinici effettuabili durante l'esame obiettivo in pazienti affetti da lesione della cuffia dei rotatori.

In particolare, di fondamentale importanza sarà valutare la biomeccanica e tutte le strutture muscolo-tendineo-legamentose della spalla per poter giungere ad una diagnosi accurata e completa.

L'esame clinico della spalla inizia osservando il paziente mentre si toglie la maglietta. Questa è la prima opportunità per notare eventuali compromissioni funzionali dell'articolazione della spalla stessa.

Una volta che il paziente ha scoperto il tronco superiore e le estremità, si passa a un'ispezione generale della parte anteriore, laterale e posteriore di ciascuna spalla. Una accurata valutazione biomeccanica della spalla dovrà essere effettuata facendo compiere movimenti sui vari piani della spalla ed osservando il paziente a 360 gradi.

Importante sarà quindi testare il range di movimento (ROM) della spalla sui diversi piani. Infatti, se il movimento in una direzione specifica è doloroso o limitato, potrebbe indicare una specifica patologia della spalla.

### **2.4.1 Valutazione del ROM articolare**

#### **Flessione Anteriore:**

il paziente deve mantenere l'avambraccio completamente esteso al gomito e il braccio aderente al lato del tronco; successivamente dovrà flettere la spalla muovendo l'arto superiore anteriormente e poi superiormente, fino a sopra la testa.

#### **Abduzione:**

Il paziente dovrà abduire entrambe le braccia elevandole lateralmente fino a raggiungere i 180°, ovvero sopra la testa.

### **Adduzione :**

Il paziente dovrà essere in grado di addurre la spalla al massimo, spostando il braccio orizzontalmente fino all'altro lato.

### **Rotazione Esterna:**

Con gomito flesso a 90° e con il braccio aderente al tronco ed il palmo della mano in supinazione far ruotare esternamente la spalla portando l'avambraccio lateralmente.

### **Estensione:**

Con il paziente con l'avambraccio completamente esteso al gomito ed il palmo della mano supinato, chiedere di estendere entrambe le braccia alla spalla.

### **Rotazione Interna:**

Il paziente dovrà flettere i gomiti a circa 45° con i pugni chiusi e i pollici in alto; poi dovrà portare entrambe le mani dietro la schiena fino a toccare con il pollice l'apice della spalla omolaterale.

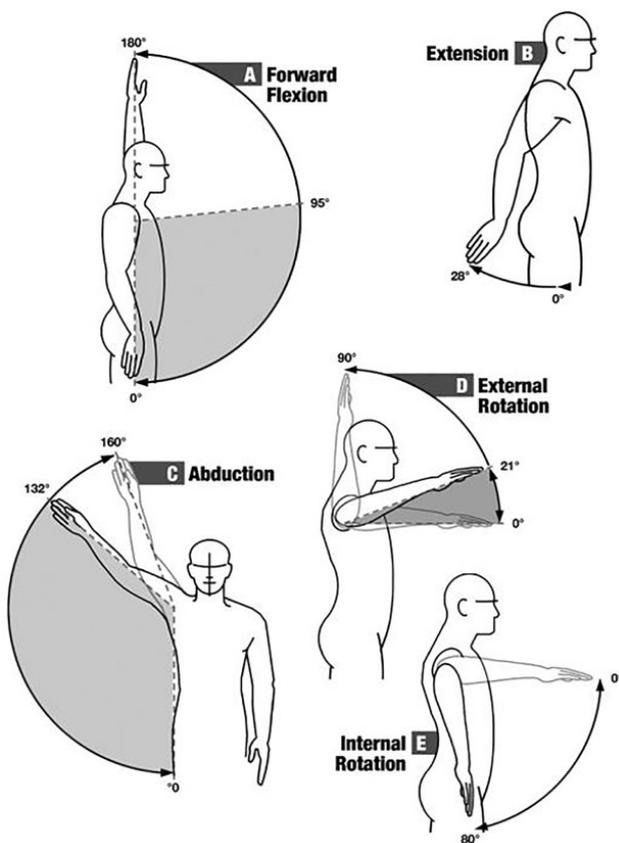


Figura 9: Valutazione dell'arco di movimento (ROM) della spalla su tutti i piani.

## **2.4.2 Movimento Scapolare**

Prima di completare l'ispezione della spalla, è buona pratica ripetere tutte le manovre che testano il range di movimento osservando il movimento delle scapole. Qualsiasi asimmetria nel ritmo del movimento può evidenziare quella che viene definita come discinesia scapolare

La discinesia scapolare è una condizione caratterizzata da un movimento alterato della scapola durante i movimenti della spalla, che può influenzare la funzionalità e portare a dolore o altre problematiche. La classificazione di Kibler, sviluppata da Ben Kibler nel 1998, è uno dei principali sistemi utilizzati per descrivere i modelli di discinesia scapolare. Kibler ha individuato quattro tipi principali di discinesia scapolare, basandosi sulle alterazioni osservate nel movimento e nella posizione della scapola[67] (Figura 10).

### **2.4.2.1 Classificazione di Kibler**

#### **1. Tipo I (Inferiore)**

- La scapola si inclina anteriormente e il bordo inferiore sporge lateralmente, causando una prominentezza del bordo inferiore.
- Questo tipo è spesso associato a debolezza del muscolo trapezio inferiore e del dentato anteriore e può derivare da un sovraccarico funzionale o da una lesione del muscolo.
- È spesso osservato in pazienti con sindrome da impingement subacromiale.

#### **2. Tipo II (Mediale)**

- Il margine mediale della scapola appare prominente o sollevato dal torace.
- Questo tipo è tipicamente causato da un deficit di stabilizzazione muscolare, soprattutto del trapezio medio e del romboide.

- È spesso osservato in lesioni da overuse e in condizioni che comportano dolore nella spalla o nella regione scapolare.

### 3. Tipo III (Superiore)

- Durante il movimento della spalla, la scapola si solleva eccessivamente, con un'elevazione superiore visibile.
- Questo tipo può essere associato a un'eccessiva attivazione del trapezio superiore e a una debolezza dei muscoli inferiori, come il trapezio inferiore.
- È comunemente riscontrato in pazienti con dolore alla cuffia dei rotatori o con instabilità della spalla.

### 4. Tipo IV (Simmetrico)

- In questo tipo, entrambe le scapole si muovono in modo simmetrico, senza evidenti alterazioni.
- Indica un movimento scapolare normale e simmetrico, osservato in spalle sane.

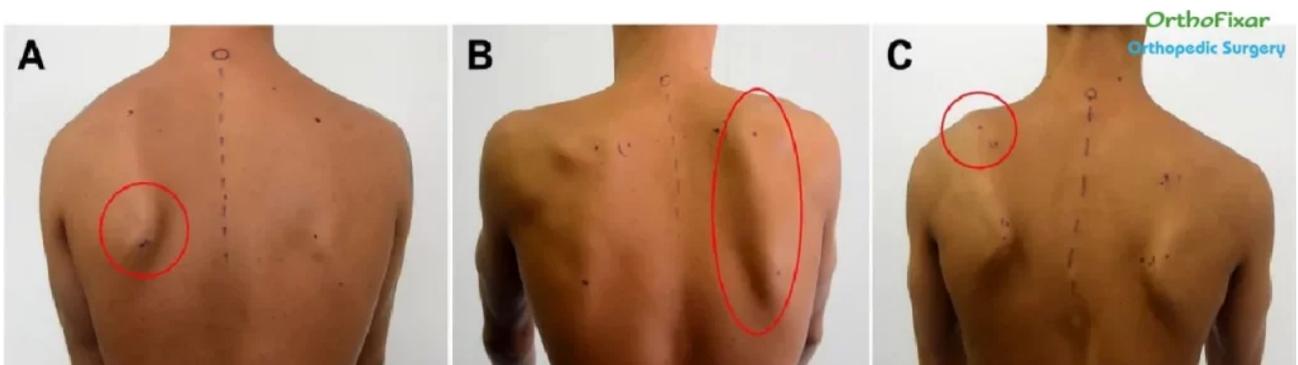


Figura 10: Discinesia scapolare secondo Kibler et al. tipo I (A), II (B) e III (C).

### 2.4.3 Test clinici di valutazione della cuffia dei rotatori

Il test di Jobe ("empty can test") (Figura 11) valuta la forza del muscolo sovraspinato. Il braccio

viene sollevato a una flessione in avanti di 90 gradi, con un angolo di 30 gradi rispetto al corpo e il pollice rivolto verso il basso, come se si stesse versando un liquido. Il paziente deve resistere a una spinta verso il basso mentre si trova in questa posizione. Un risultato positivo del test di Jobe indica una diminuzione della forza nella spalla colpita rispetto a quella sana[64].

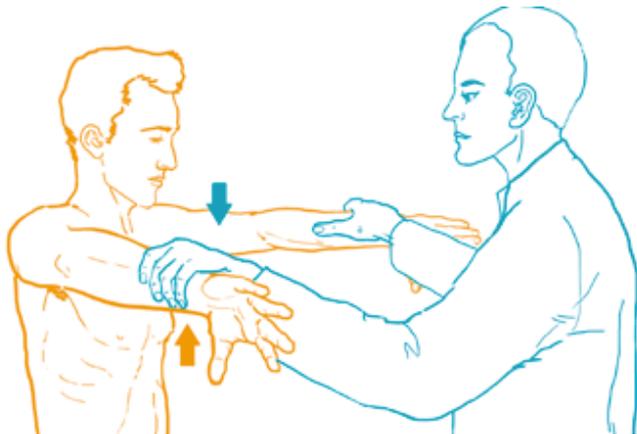


Figura 11 : Jobe test

Il test del "full can" (Figura 12) è un altro test utilizzato per valutare il muscolo sovraspinato. Si esegue con le braccia del paziente a 90° di flessione in avanti nel piano della scapola e circa 45° di abduzione, con il pollice rivolto verso l'alto. Un risultato positivo del test si manifesta con la presenza di dolore o una diminuzione della forza durante la pressione verso il basso esercitata dall'esaminatore[63].

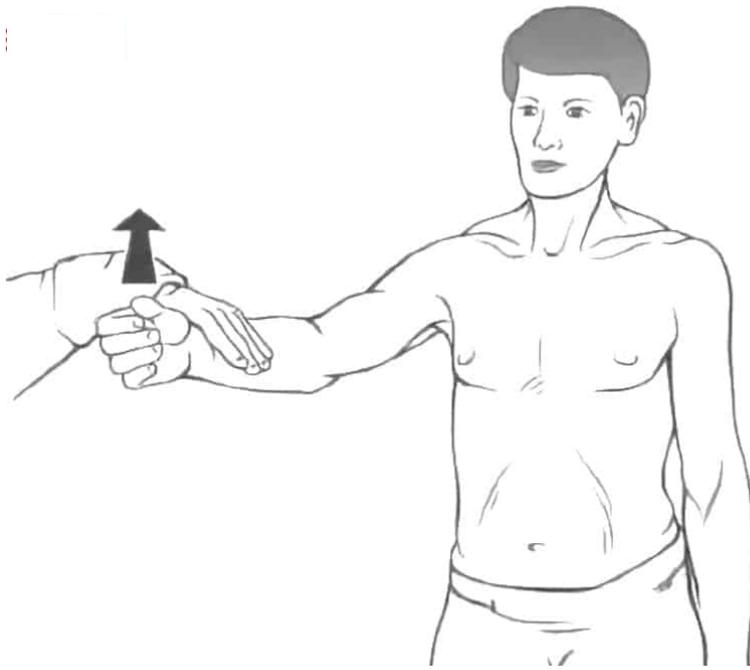


Figura 12: Test del "full can"

Il segno del braccio cadente ("drop-arm sign") (Figura 13) è stato descritto da Codman[146] per valutare il muscolo sovraspinato ed in parte dell'infraspinato. L'esaminatore porta in maniera passiva il braccio a 90° di abduzione ed extrarotazione e chiede al paziente di mantenere la posizione. Il test è considerato positivo se il braccio cade improvvisamente o se il paziente sperimenta dolore severo.

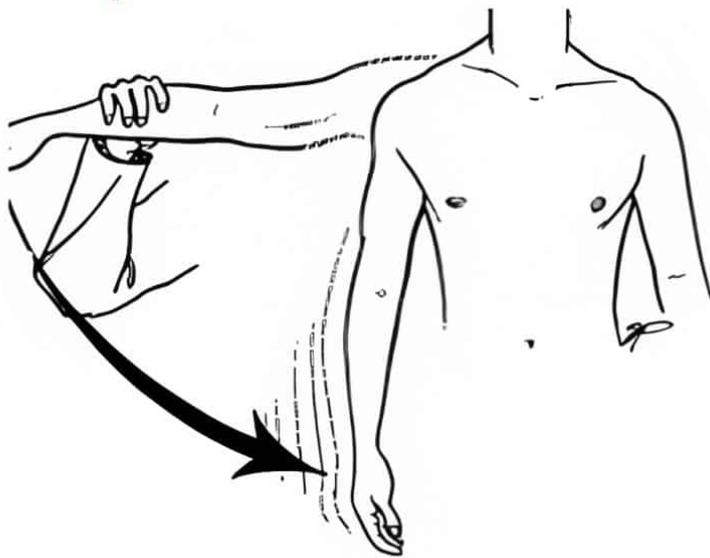


Figura 13 : Drop arm test

L'external Rotation Strength Test (o Patte Test) (Figura 14) valuta la forza in rotazione con spalla abdotta di 90°. Viene utilizzato per valutare sovraspinato ed infraspinato.

Si esegue portando passivamente il braccio in una posizione di 90° di abduzione sul piano scapolare e 90° di flessione del gomito senza rotazione esterna. Il paziente è invitato a ruotare esternamente la spalla da questa posizione contro resistenza. Il test è positivo se il paziente sperimenta dolore o debolezza[111].

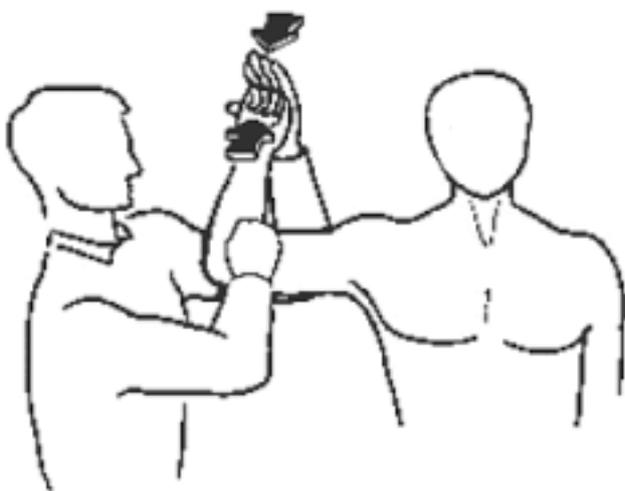


Figura 14: Test di Patte

L'External Rotation Lag Sign e il Drop Sign vengono invece utilizzati per valutare lesioni massive con lesione allo stesso tempo del sovraspinato, dell'infraspinato e del piccolo rotondo.

L'External Rotation Lag Sign (ERLS) (Figura 15) si esegue flettendo il gomito del paziente a 90 gradi e elevando la spalla a 20 gradi, ruotando l'arto verso l'esterno. Il paziente deve mantenere questa posizione mentre l'esaminatore sostiene il gomito. Un segno positivo è indicato da una diminuzione o caduta nell'angolo del braccio[61].

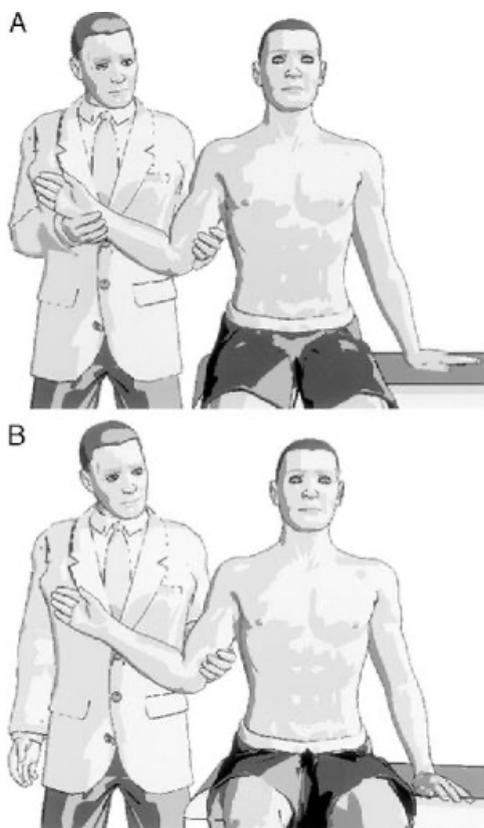


Figura 15: External rotation lag sign

Il tendine del sottoscapolare, invece, viene valutato con il Lift-off test [53], lag sign in rotazione interna[93], bear-hug test [9], belly-press[136], belly-off [124] e Napoleon test[133].

Nel lift-off test (Figura 16), la mano del braccio affetto viene posizionata sulla schiena (all'altezza

della colonna lombare) e il paziente viene invitato a ruotare internamente il braccio per sollevare la mano dalla schiena. Il test è positivo se il paziente non è in grado di eseguire questo movimento.

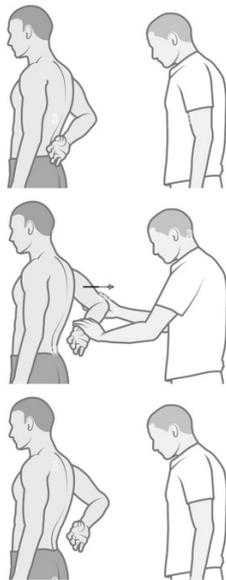


Figura 16: Lift-off test

Nel test del Lag sign in rotazione interna (Figura 17), il braccio affetto viene posizionato sulla schiena. Il gomito viene flesso a  $90^\circ$  e la spalla tenuta a  $20^\circ$  di elevazione e  $20^\circ$  di estensione. Il dorso della mano viene sollevato passivamente dalla regione lombare. Il segno è positivo se si verifica un ritardo.

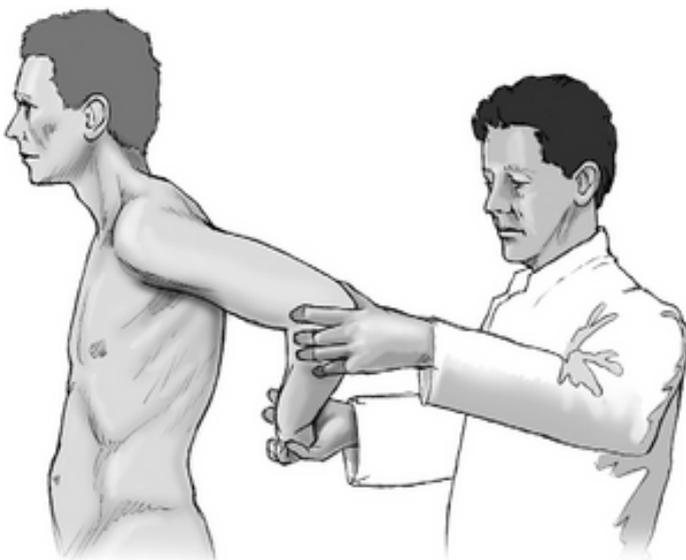


Figura 17: Lag sign in rotazione interna

Il belly press test (figura 18) si esegue con il braccio al lato e il gomito flesso a 90°. In questa posizione, il paziente preme il palmo contro l'addome. Il test è positivo se il paziente sperimenta dolore o debolezza o spinge la mano contro l'addome mediante estensione del gomito o della spalla.

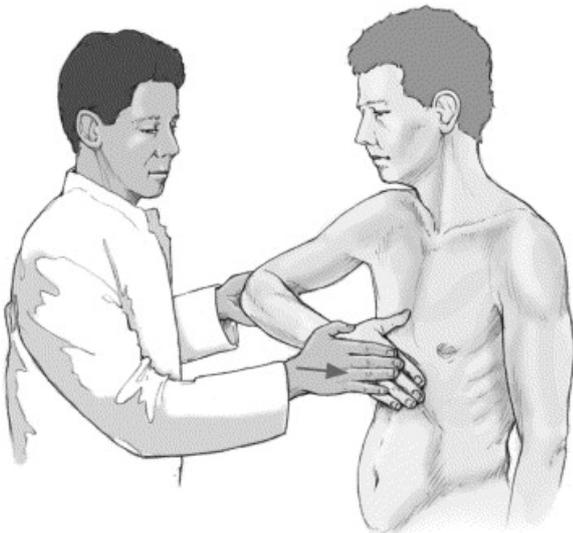


Figura 18: Belly press test

Per eseguire il bear-hug test (Figura 19), il paziente deve mettere il palmo della mano del lato coinvolto sulla spalla controlaterale e il gomito posizionato anteriormente al corpo. Il paziente cerca di mantenere la posizione iniziale mediante rotazione interna contro resistenza mentre l'esaminatore cerca di tirare via la mano dalla spalla con una forza di rotazione esterna applicata perpendicolarmente all'avambraccio. Il test è positivo se il paziente non è in grado di mantenere la mano sulla spalla controlaterale o se avverte dolore alla spalla.

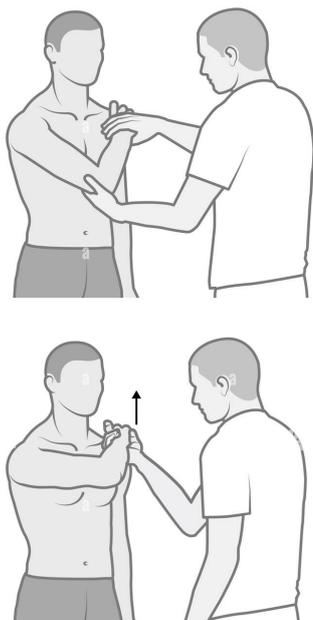


Figura 19: Bear-hug test

Il test di Napoleone (Figura 20) è una variazione del belly-press test, eseguito posizionando la mano sull'addome e premendo la mano contro lo stomaco.

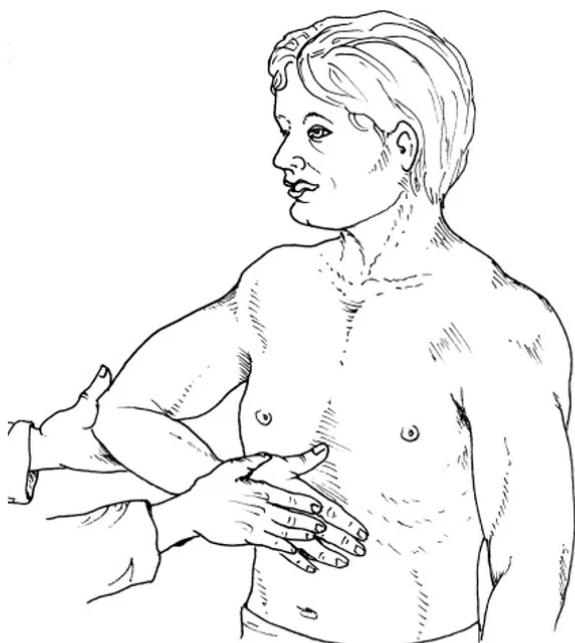


Figura 20 : Test di Napoleone

## 2.5 Imaging

I test di imaging per la valutazione della cuffia dei rotatori includono radiografia, ecografia e risonanza magnetica (RMN).

- **Radiografia:** può essere eseguita nelle proiezioni standard antero-posteriore (AP), vera AP (Grashey view), Y scapolare (laterale) e ascellare (Figura 21).

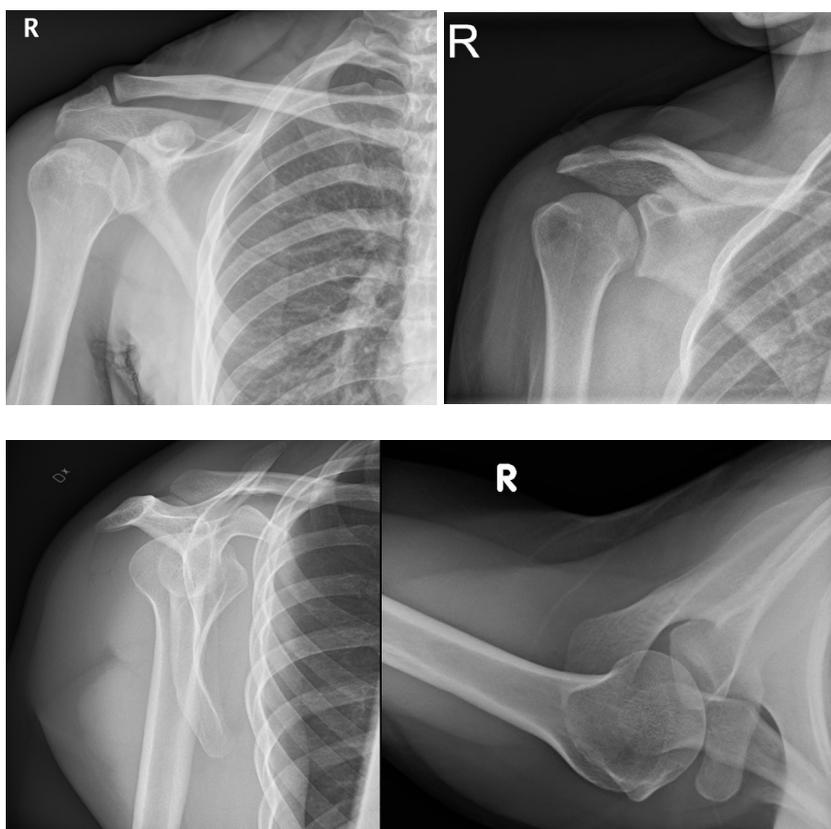


Figura 21: Proiezioni radiografiche dell'articolazione della spalla (antero-posteriore (AP) standard, AP vera (Grashey view), Y scapolare e ascellare).

- **Ecografia:** meno costosa rispetto alla RMN, ma richiede abilità per ottenere immagini adeguate e può essere meno affidabile, poiché operatore dipendente (Figura 22).

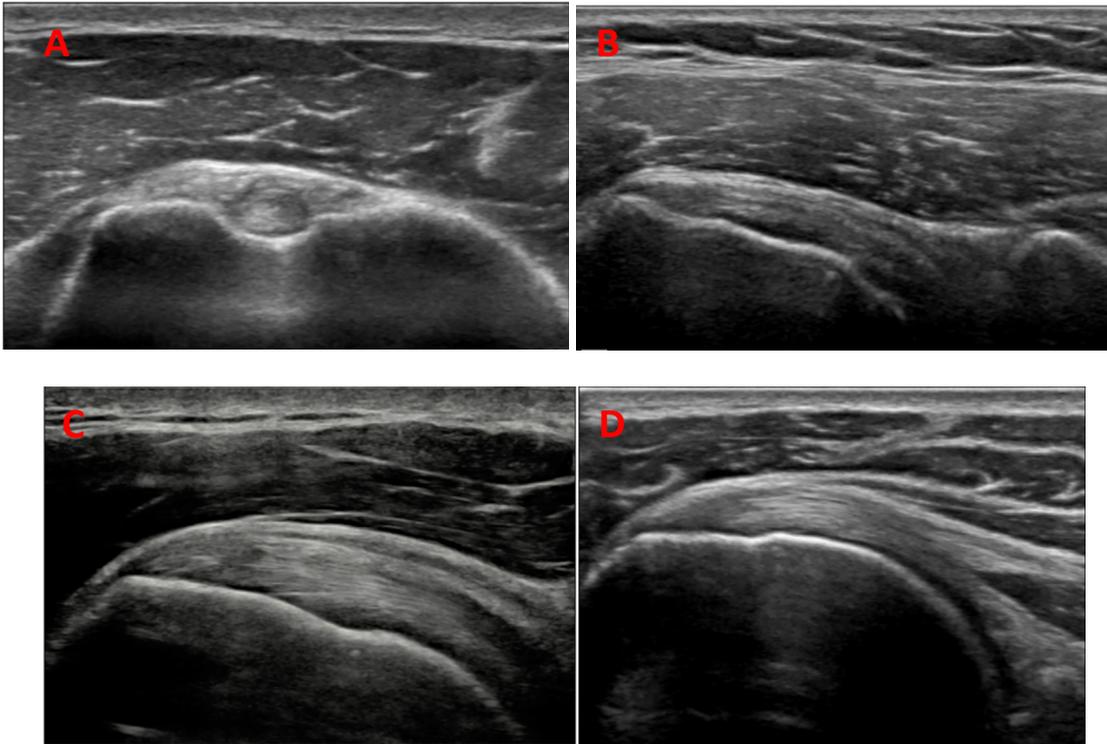


Figura 22 : Studio ecografico della cuffia dei rotatori della spalla ; visione out of plane del tendine capo lungo del bicipite (A), visione in plane del tendine del muscolo sottoscapolare (B), sovraspinato (C) e infraspinato (D).

- **Risonanza Magnetica Nucleare (RMN):** gioca un ruolo fondamentale nella valutazione della spalla. Lo studio tramite RMN è volto a valutare le strutture ossee, i tessuti molli, la cuffia dei rotatori, la capsula articolare e altre componenti articolari e muscolari. Varie sono le sequenze e ognuna ha uno scopo specifico e fornisce dettagli unici (Figure 23-26).

### Sequenze T1 Ponderate

- **Finalità:** Evidenzia l'anatomia generale, come la struttura ossea e la cartilagine articolare.
- **Aspetto:** I grassi sono iperintensi (luminosi) e il liquido è ipointenso (scuro).

- **Utilizzo:** Per identificare il normale aspetto delle strutture anatomiche e per la valutazione di patologie legate al midollo osseo, come contusioni o fratture.

### **Sequenze T2 Ponderate**

- **Finalità:** Visualizza l'infiammazione, l'edema e le lesioni ai tessuti molli.
- **Aspetto:** I liquidi (ad esempio, l'edema) sono iperintensi (luminosi), mentre i grassi possono apparire scuri se si utilizza la soppressione del grasso.
- **Utilizzo:** Molto utile per rilevare lesioni tendinee, borsiti, versamenti articolari e alterazioni della cuffia dei rotatori.

### **Sequenze STIR (Short Tau Inversion Recovery)**

- **Finalità:** Sequenza T2 con soppressione del grasso per evidenziare l'edema.
- **Aspetto:** Le aree di edema e di infiammazione appaiono luminose, mentre il grasso viene soppresso.
- **Utilizzo:** Particolarmente indicata per visualizzare lesioni acute e infiammatorie, soprattutto nei casi di traumi recenti.

### **Proton Density (PD) con o senza soppressione del grasso**

- **Finalità:** Evidenzia le strutture dei tessuti molli con un buon contrasto.
- **Aspetto:** Una buona differenziazione tra tendini e muscoli, i liquidi appaiono iperintensi.
- **Utilizzo:** Ottima per la valutazione dei tendini della cuffia dei rotatori, delle lesioni muscolari e del labbro glenoideo.

### **Sequenze in Gradient-Echo (GRE)**

- **Finalità:** Sequenza utilizzata per valutare la cartilagine articolare e le strutture ossee.
- **Aspetto:** Ha un contrasto unico che rende visibili dettagli delle superfici articolari.
- **Utilizzo:** Utilizzata per visualizzare la cartilagine articolare e per valutare eventuali lesioni osteocondrali.

### **Sequenze in Coronal Oblique, Axial e Sagittal Oblique**

- **Finalità:** Permettono di studiare la spalla da diversi piani, allineandosi con la scapola e la glena.
- **Utilizzo:** Le immagini in diverse angolazioni permettono di analizzare meglio lesioni della cuffia dei rotatori, del labbro glenoideo e di altre strutture chiave.

Per quanto riguarda le lesioni della cuffia dei rotatori, la RMN viene utilizzata per valutare:

- Integrità della cuffia dei rotatori
- Profondità ed estensione della lesione
- Pattern della lesione della cuffia dei rotatori
- Grado di retrazione del tendine (Grado secondo Patte)
- Degenerazione grassa dei muscoli della cuffia (Grado secondo Goutallier)
- Atrofia muscolare

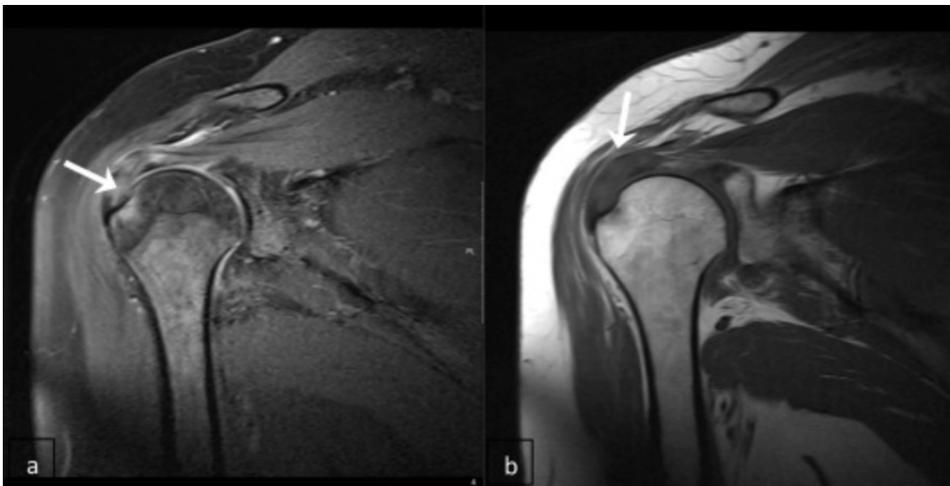


Figura 23 : RMN coronale PD con soppressione del grasso (a) e T1 (b) in cui si nota una lesione parziale del tendine del sovraspinato (freccia bianca) con segnale iperintenso all'interno del tendine stesso in PD e segnale ipointenso in T1.

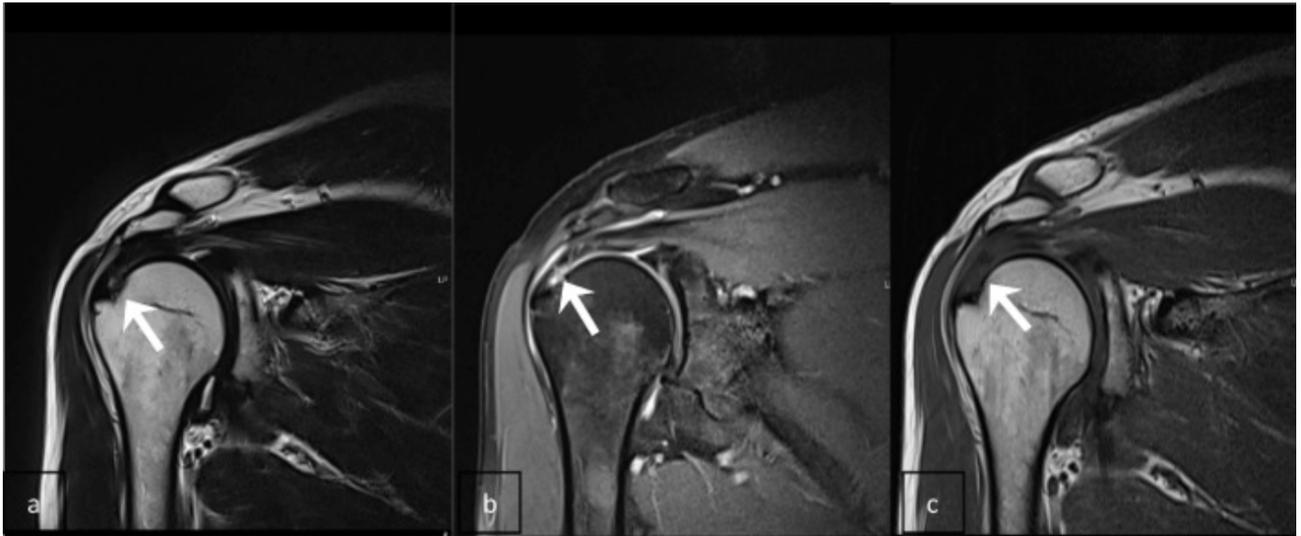


Figura 24 : RMN coronale T2 (a), PD con soppressione del grasso (b) e T1 (c) mostrano un segnale anomalo iperintenso in T2 e PD, e ipointenso in T1, che coinvolge la superficie articolare del tendine del sovraspinato (frecche bianche), indicando una lesione a spessore parziale.

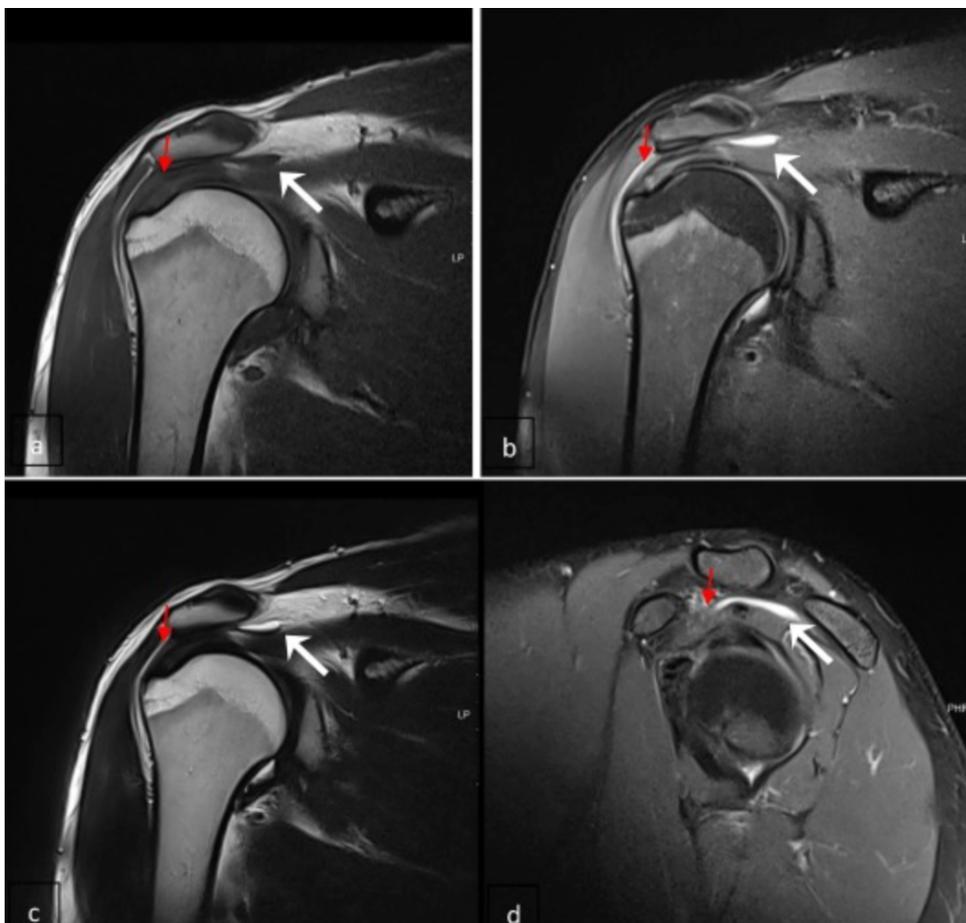


Figura 25 : RMN coronale T1 (a), PD con soppressione del grasso (b), T2 (c) e PD sagittale (d) mostrano un segnale anomalo di intensità intermedia del tendine del sovraspinato in tutte le sequenze di impulso, senza interruzione della sua continuità (freccette rosse), indicativo di tendinopatia. Si osserva inoltre una borsite subacromiale associata (freccette bianche).

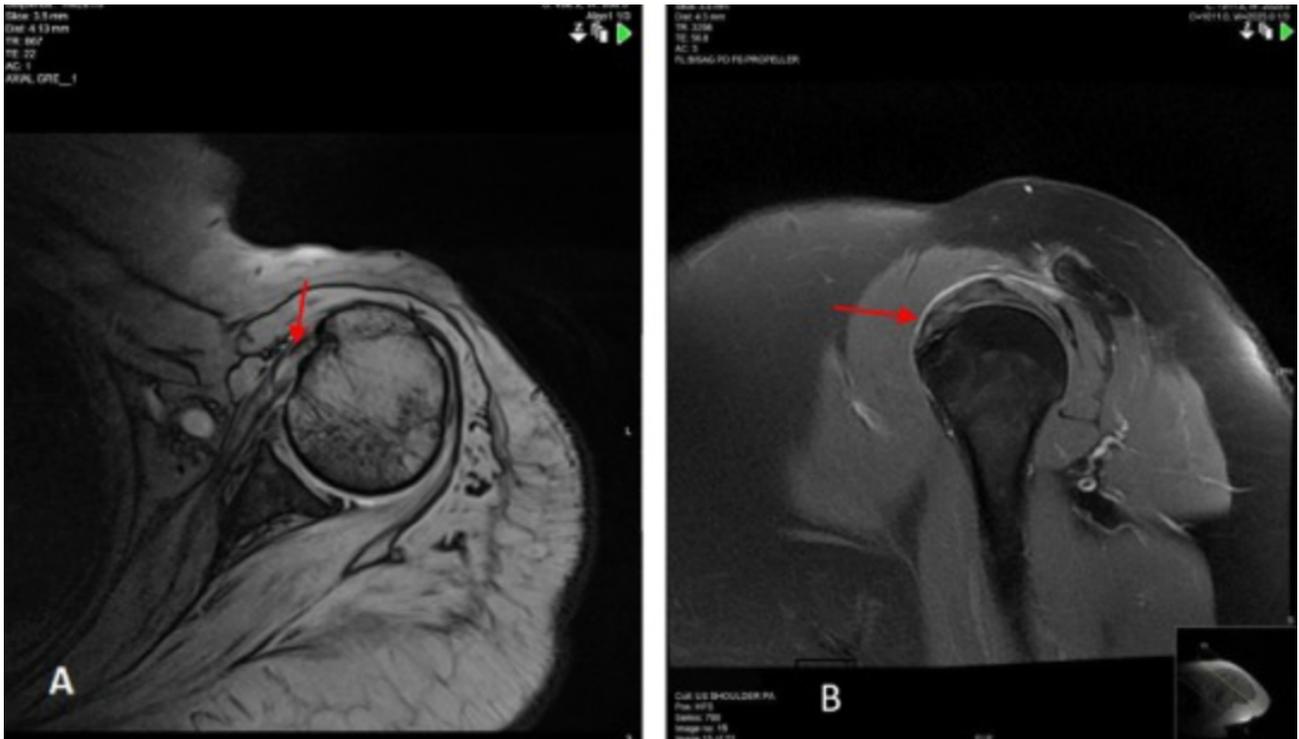


Figura 26 : Risonanza magnetica assiale GR WI (A) e sagittale PD con soppressione del grasso (B) che mostrano un segnale intermedio anormale del tendine sottoscapolare con relativo aumento del suo diametro (freccette rosse) che denota tendinopatia

## 2.6 Grading della lesione

Varie sono le classificazioni che si possono utilizzare per classificare le differenti lesioni della cuffia dei rotatori.

Ellman et al. [36] hanno classificato le lesioni della cuffia dei rotatori a spessore parziale in base alla dimensione e alla localizzazione della lesione (Figura 27):

- **Grado:**
  - Grado 1: < 3 mm
  - Grado 2: 3-6 mm
  - Grado 3: > 6 mm
  
- **Localizzazione:**
  - A: Superficie articolare (80%)
  - B: Superficie bursale
  - C: Interstiziale

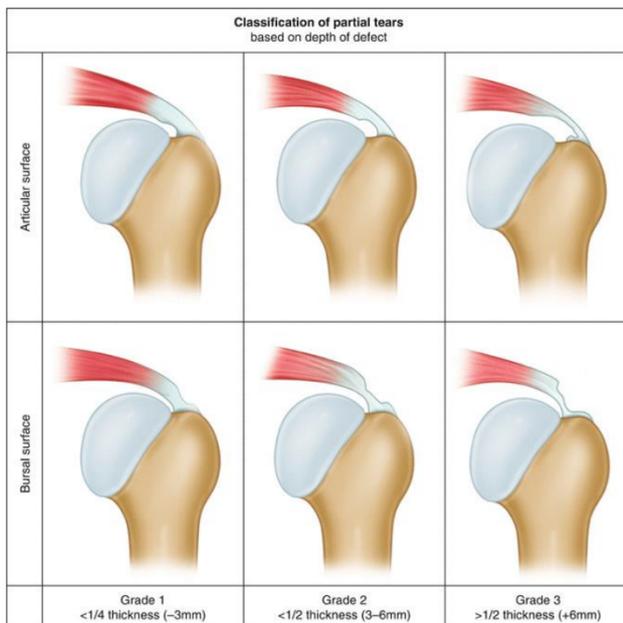


Figura 27: Classificazione di Ellman

Il sistema di classificazione di Snyder et al. [130] classifica le lesioni della cuffia in base a dimensione e localizzazione (Figura 28):

- **Dimensione:**

- 0: Normale
- 1: Irritazione bursale o sinoviale superficiale minima o lieve sfilacciatura capsulare
- 2: Sfilacciatura e rottura di alcune fibre della cuffia oltre a lesione sinoviale o capsulare
- 3: Lesione più grave, con frammentazione delle fibre tendinee, generalmente <3 mm
- 4: Lesione parziale molto grave con un lembo di rottura significativo

- **Localizzazione:**

- A: Superficie articolare
- B: Superficie bursale
- C: Lesione completa

Location of tear	
A	Articular surface
B	Bursal surface
Severity of tear	
0	Normal cuff with smooth coverings of synovium and bursa
I	Minimal superficial bursal or synovial irritation or slight capsular fraying in a small, localized area; usually <1 cm
II	Actually fraying and failure of some rotator cuff fibers in addition to synovial, bursal, or capsular injury; usually 1-2 cm
III	More severe rotator cuff injury, including fraying and fragmentation of tendon fibers, often involving the entire surface of a cuff tendon (most often the supraspinatus); usually 2-3 cm
IV	Very severe partial rotator tear that usually contains a sizable flap tear in addition to fraying and fragmentation of tendon tissue and often encompasses more than a single tendon; usually >4 cm

Figura 28. Classificazione di Snyder

Ellman e Gartsman [38] invece hanno classificato le lesioni della cuffia a tutto spessore in (Figura 29):

- Crescent
- Reverse L
- A forma di L
- Trapezoidale
- Massiva

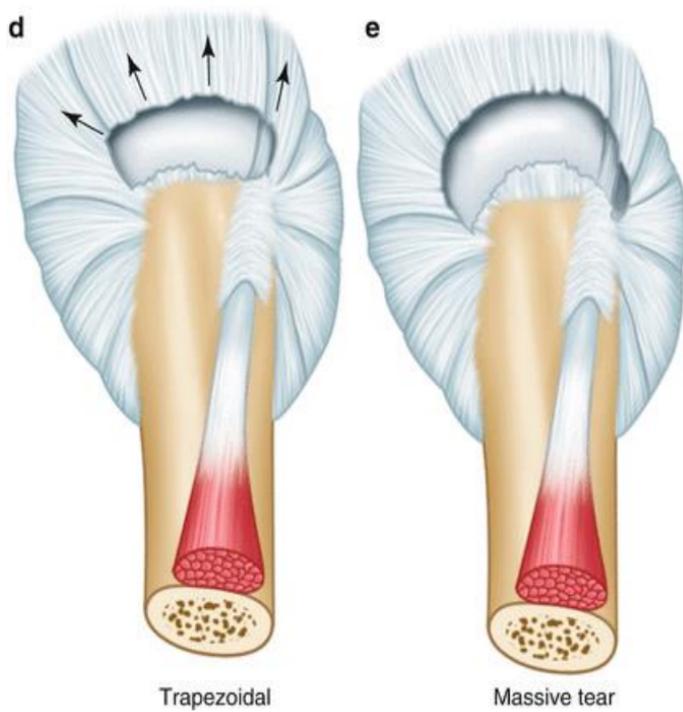
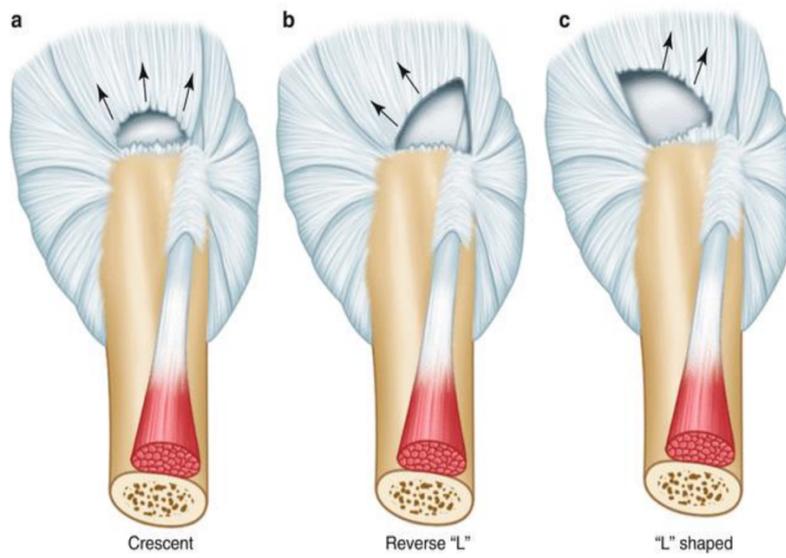


Figura 29 : Classificazione di Ellman e Gartsman

La classificazione di De Orio-Colfield [26] per le lesioni a tutto spessore distingue tra:

- Piccola: <1 cm
- Media: 1-3 cm
- Grande: 3-5 cm
- Massiva: >5 cm

Secondo Gerber et al. [48] invece una lesione massiva è quella che comprende almeno 2 tendini a tutto spessore.

## 2.6.1 Pattern di lesione della cuffia

Collin et al. hanno suddiviso la cuffia in cinque componenti (Figura 30): sovraspinato, sottoscapolare superiore, sottoscapolare inferiore, infraspinato e piccolo rotondo. Hanno classificato le lesioni della cuffia in base ai componenti coinvolti:

- Tipo A: Sovraspinato e sottoscapolare superiore
- Tipo B: Sovraspinato e sottoscapolare completo
- Tipo C: Sovraspinato, sottoscapolare superiore e infraspinato
- Tipo D: Sovraspinato e infraspinato
- Tipo E: Sovraspinato, infraspinato e piccolo rotondo

Il muscolo sottoscapolare può essere diviso in porzioni superiore e inferiore, con implicazioni funzionali e anatomiche diverse. Collin et al. hanno osservato differenze significative nel ROM tra i pazienti con lesioni di tipo A e B. Le lesioni di tipo B (coinvolgimento del sovraspinato e dell'intero sottoscapolare) portano più spesso alla pseudoparalisi, poiché non possono essere compensate da altri muscoli.

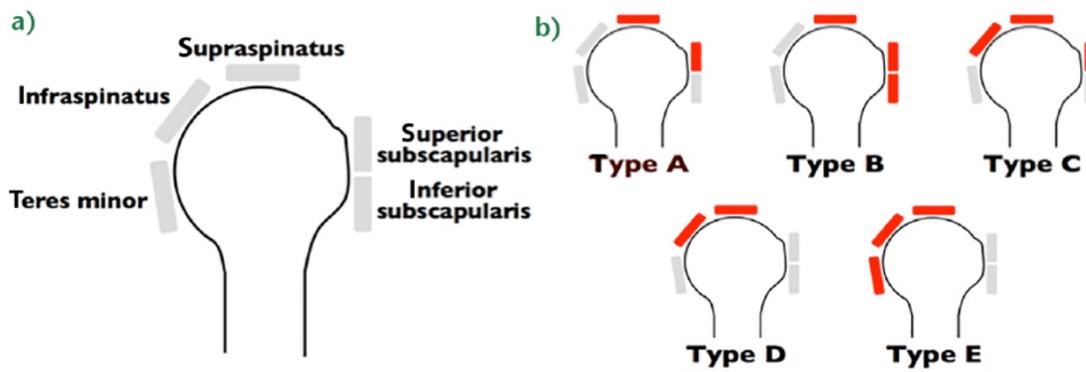


Figura 30: Classificazione di Collin

## 2.6.2 Grado di retrazione del tendine

Patte et al. hanno realizzato una classificazione che combina dimensione della lesione, retrazione tendinea, debolezza muscolare e valutazione del tendine del bicipite (Figura 31):

- Stadio 1: Retrattazione minima
- Stadio 2: Retrattazione al livello della testa omerale
- Stadio 3: Retrattazione al livello della glenoide

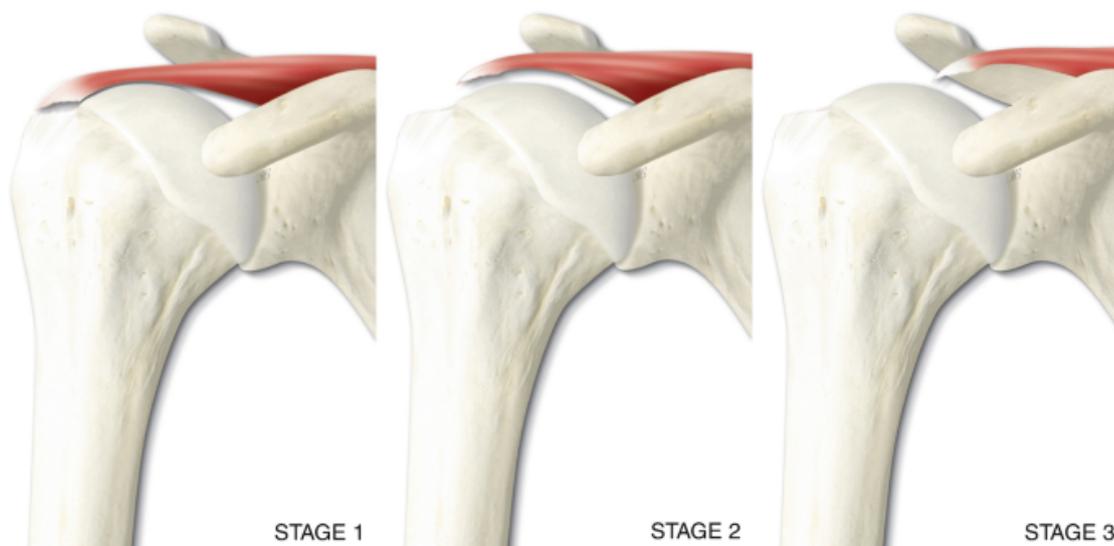


Figura 31: Classificazione di Patte

### 2.6.3 Degenerazione grassa dei muscoli della cuffia

La classificazione di Goutallier (Figura 32) per la degenerazione grassa è stata inizialmente descritta per immagini TC e poi modificata per immagini RM da Fuchs (Figura 33-34).

- Grado 0: Muscolo normale
- Grado 1: Infiltrazione grassa minima
- Grado 2: Infiltrazione grassa presente ma inferiore al muscolo
- Grado 3: Uguale quantità di grasso e muscolo
- Grado 4: Più grasso che muscolo

Fuchs ha semplificato la classificazione di Goutallier in tre categorie: combinando i gradi 0 e 1 come normali e i gradi 3 e 4 come degenerazione avanzata.

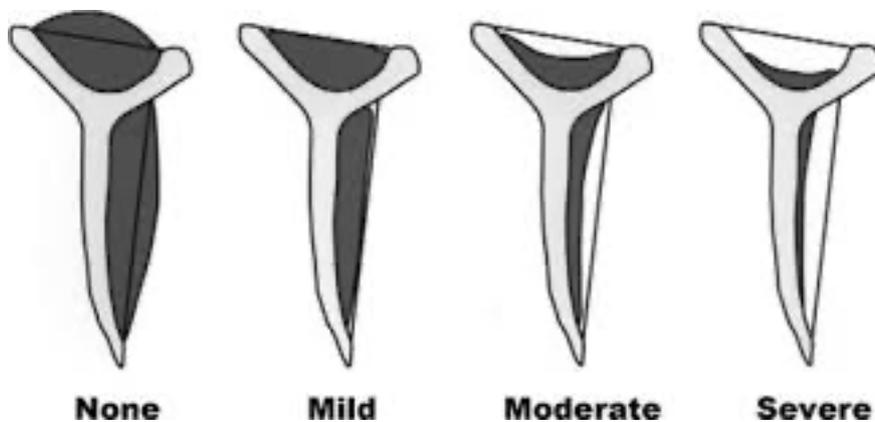


Figura 32: Classificazione di Goutallier

Goutallier Stage (CT)	Degree of Fatty Change	Fuchs Stage (MRI)
0	Normal muscle (no fatty deposits)	I
I	Some fatty streaks present	
II	More muscle than fat	II
III	Equal muscle and fat	III
IV	More fat than muscle	

Figura 33: Adattamento della classificazione di Goutallier in RMN secondo di Fuchs

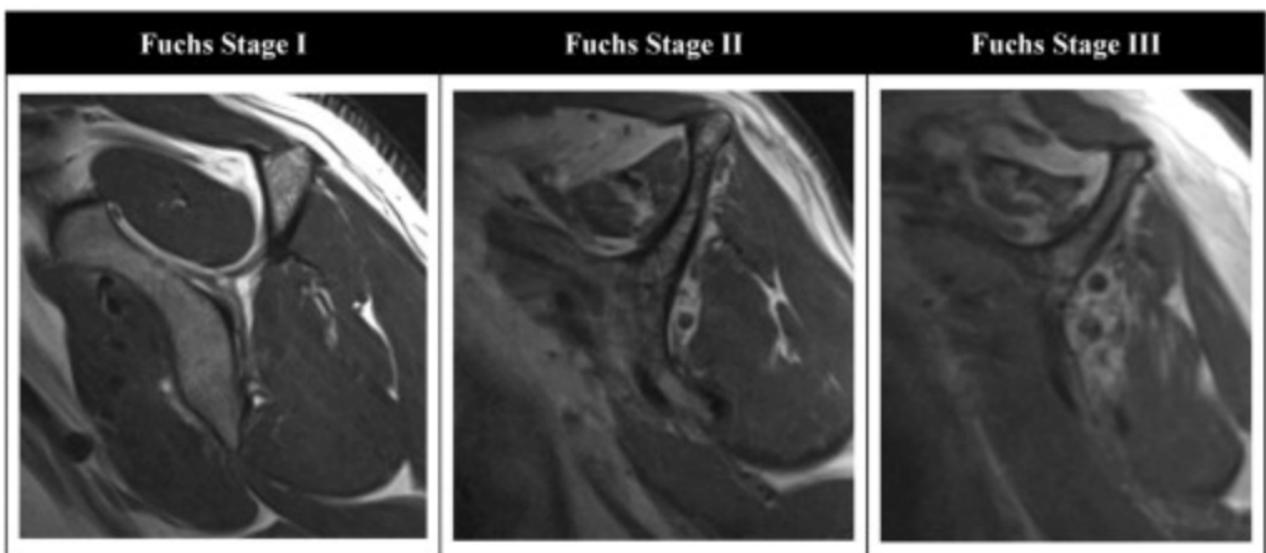


Figura 34: Classificazione di Fuchs

## 2.6.4 Atrofia muscolare

L'atrofia muscolare può essere valutata qualitativamente o quantitativamente.

- **Tangent sign:** (Figura 35) si utilizza per la valutazione qualitativa su immagini RM ponderate in T2 sagittali. Il muscolo del sovraspinato sano dovrebbe trovarsi al di sopra della linea tangente (segno negativo); se è atrofico, si troverà al di sotto della linea (segno positivo).

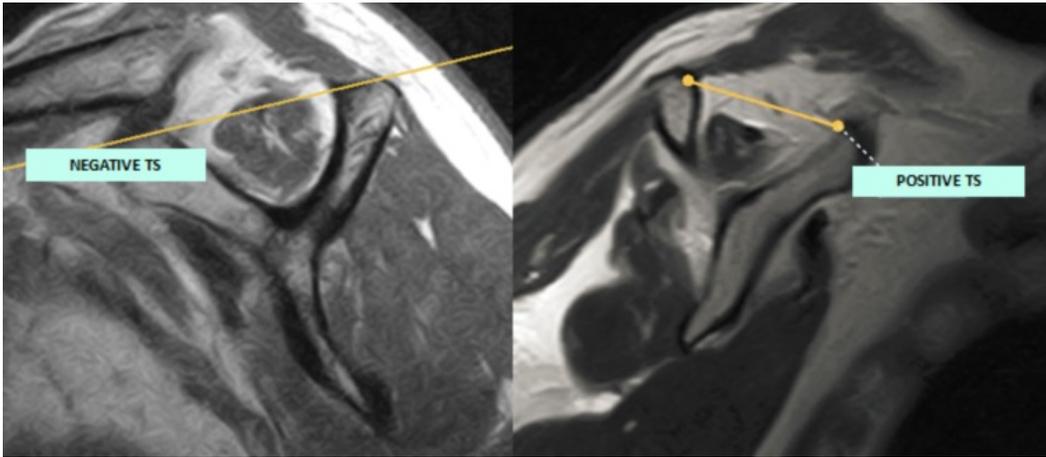


Figura 35 : Segno della linea tangente o Tangent Sign (TS)

- **Classificazione di Thomazeau:** (Figura 36) per la valutazione quantitativa si calcola il "rapporto di occupazione" (R), che è il rapporto tra la superficie della sezione trasversale del muscolo e quella della fossa.
- Grado I:  $R > 0,6$
- Grado II:  $0,6 > R > 0,4$
- Grado III:  $R < 0,4$

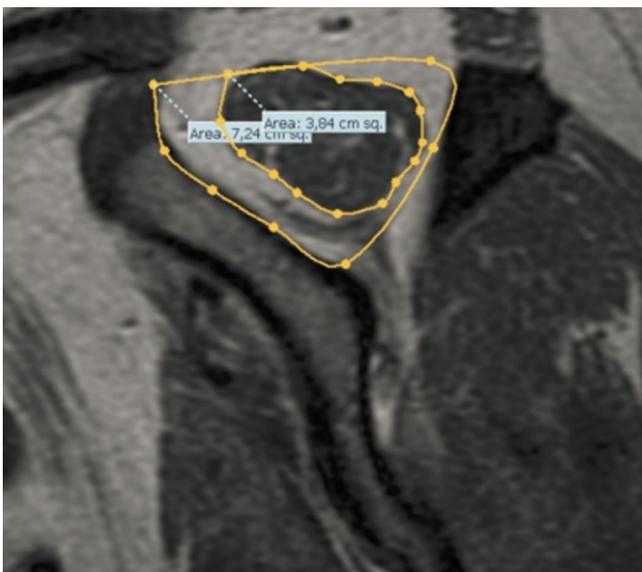


Figura 36: Classificazione di Thomazeau

## 2.7 Trattamento artroscopico delle lesioni della cuffia dei rotatori

Il trattamento più appropriato per le lesioni della cuffia dei rotatori è ancora oggetto di dibattito. Negli ultimi anni, l'approccio artroscopico ha progressivamente soppiantato le tecniche tradizionali open e mini-open per la riparazione della cuffia dei rotatori [75]. Parallelamente, le strategie di fissazione basate sulle ancore di sutura per la riparazione primaria della cuffia dei rotatori hanno guadagnato popolarità grazie alla loro facilità d'uso, superiori proprietà biomeccaniche e le diverse opzioni di configurazione delle suture stesse [23]. Sia le tecniche di fissazione a singola fila (Single row o SR) che a doppia fila con suture-bridge (Double row suture bridge o DRSB) sono ampiamente impiegate per ottenere una riparazione robusta, mostrando promettenti risultati clinici a breve termine [5, 40, 56, 70, 74, 114].

Nonostante questi progressi, i fallimenti precoci della riparazione rimangono una preoccupazione, con tassi di ri-rottura che variano tra il 9% e il 29% [7, 14, 106, 107].

Data l'assenza di un approccio standardizzato per il trattamento delle lesioni sintomatiche della cuffia dei rotatori, c'è ancora la necessità di studi che valutino l'impatto duraturo dei metodi di riparazione contemporanei e dei dispositivi utilizzati. Secondo diversi studi, quasi la metà dei pazienti va incontro a ri-rottura dopo riparazioni artroscopiche a singola fila (SR) [109, 122, 131, 138, 139]. In effetti, questi fallimenti in seguito a interventi artroscopici di sutura della cuffia dei rotatori non sono semplici preoccupazioni accademiche; sono legati a limitazioni funzionali e alla progressione di cambiamenti artrosici.

Allo stato dell'arte, non esiste ancora uno standard universalmente accettato per la metodologia di riparazione. Negli ultimi anni, gli studi pubblicati confrontano le strutture a singola fila e a doppia fila di ancore per identificare l'approccio ottimale. Recenti evidenze suggeriscono che la riparazione con tecnica DRSB potrebbe fornire una struttura biomeccanicamente superiore, sebbene a un costo e tempi chirurgici maggiori rispetto alla riparazione SR [56]. I chirurghi si affidano principalmente alla loro esperienza chirurgica personale per scegliere tra i metodi SR e DR. Nel corso degli anni,

tutti gli articoli pubblicati hanno analizzato i risultati clinici, utilizzando principalmente sistemi di punteggio soggettivo come l'American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) score [89], l'University of California-Los Angeles (UCLA) [135] e il Constant-Murley score [27], con risultati spesso contrastanti tra loro [2].

Inoltre, sono pochi gli articoli presenti in letteratura che analizzano in modo completo il potenziale di ri-rottura della cuffia dei rotatori riparata, con metodi di valutazione al follow-up incoerenti e superficiali, per lo più troppo operatore dipendente.

Infatti, mentre solo alcuni autori si sono basati su scansioni MRI con una potenza massima di 1,5-Tesla [122, 138], altri hanno utilizzato esclusivamente l'ecografia [74, 110, 144].

Attualmente nessuno studio ha valutato l'integrità della riparazione del tendine utilizzando una risonanza magnetica ad alto campo (3-Tesla).

Per di più, al momento attuale, nessuno studio ha valutato in maniera oggettiva la tenuta della sutura della cuffia dei rotatori tramite test di forza utilizzando dinamometro.

## **2.8 Obiettivo**

Il presente studio nasce con lo scopo di colmare questi gap della letteratura in materia di riparazione della cuffia dei rotatori.

In particolare, ha lo scopo di confrontare l'efficacia delle riparazioni a doppia fila con suture-bridge (DRSB) rispetto alle riparazioni a singola fila (SR) nella chirurgia artroscopica della cuffia dei rotatori sia da un punto di vista soggettivo tramite test clinici che oggettivo tramite valutazione della forza ai test dinamometrici e alla RMN 3-T ad un follow-up minimo di 24 mesi. Si ipotizza che la tecnica di riparazione DRSB permettano risultati clinici e radiologici superiori rispetto alla tecnica a singola fila di ancore.

### **3 METODI**

Questo studio ha ricevuto l'approvazione del Comitato Etico di Area Vasta Emilia

Centro (CE AVEC 805/2022/Sper/IOR). In questo studio retrospettivo condotto da gennaio 2021 a dicembre 2023 presso l'IRCCS Istituto Ortopedico Rizzoli di Bologna sono stati inclusi cinquanta pazienti. Tutti i pazienti partecipanti hanno fornito il consenso informato per l'inclusione dei propri dati nello studio.

#### **3.1 Criteri di inclusione**

Sono stati inclusi nello studio pazienti:

- Maggiorenni
- Sottoposti ad intervento chirurgico di riparazione in seguito rottura a tutto spessore di un singolo tendine della cuffia dei rotatori postero-superiore (sovraspinato) confermata tramite risonanza magnetica,
- Disponibilità a effettuare la visita di follow-up a 24 mesi.

#### **3.2 Criteri di esclusione:**

Sono stati esclusi dallo studio pazienti:

- fumatori,
- affetti da malattie autoimmuni o reumatologiche,
- in terapia cronica con steroidi,
- sottoposti ad interventi chirurgici precedenti alla spalla interessata
- con lesione considerata irreparabile con le tecniche SR o DRSB impiegate in questo studio.
- con lesioni del sottoscapolare, rotture traumatiche e rotture massive e fortemente retratte della cuffia dei rotatori.

Tutte le lesioni sono state classificate secondo le classificazioni di Goutallier [49], Patte [111] e Snyder [130].

Lesioni > grado 2 di Patte, > grado 1 di Goutallier e classificate secondo Snyder diverse dal grado C2 sono state escluse dallo studio.

Tutti i pazienti sono stati sottoposti ad intervento tra il 2015 e il 2020. È stata condotta un'analisi di potenza statistica utilizzando il software G\*Power, determinando che ciascun gruppo dovesse comprendere almeno 25 pazienti per raggiungere la significatività statistica. I partecipanti sono stati quindi suddivisi in due gruppi uguali di 25 pazienti, in base alla tecnica di riparazione utilizzata (SR vs DRSB). Il gruppo 1 era composto da pazienti sottoposti a riparazione artroscopica della cuffia dei rotatori utilizzando la tecnica a fila singola. Al contrario, il gruppo 2 comprendeva pazienti trattati con la tecnica Double-row Suture Bridge

I dati dei pazienti sottoposti alle due diverse tecniche di sutura della cuffia dei rotatori sono stati estratti dalle cartelle cliniche e analizzati retrospettivamente e successivamente prospetticamente. Tutte le riparazioni chirurgiche artroscopiche sono state eseguite dallo stesso chirurgo esperto. La scelta del tipo di riparazione (SR vs DRSB) era puramente casuale ed è stata principalmente influenzata dalla curva di apprendimento del chirurgo. I pazienti iniziali sono stati trattati principalmente con la tecnica SR, mentre i pazienti più recenti sono stati trattati con DRSB.

### **3.3 Tecnica chirurgica**

Tutti gli interventi chirurgici sono stati eseguiti con i pazienti in posizione semiseduta (Beach chair), in anestesia generale. Per le procedure sono stati utilizzati una colonna artroscopica standard e la creazione di portali di routine (Figura 37).

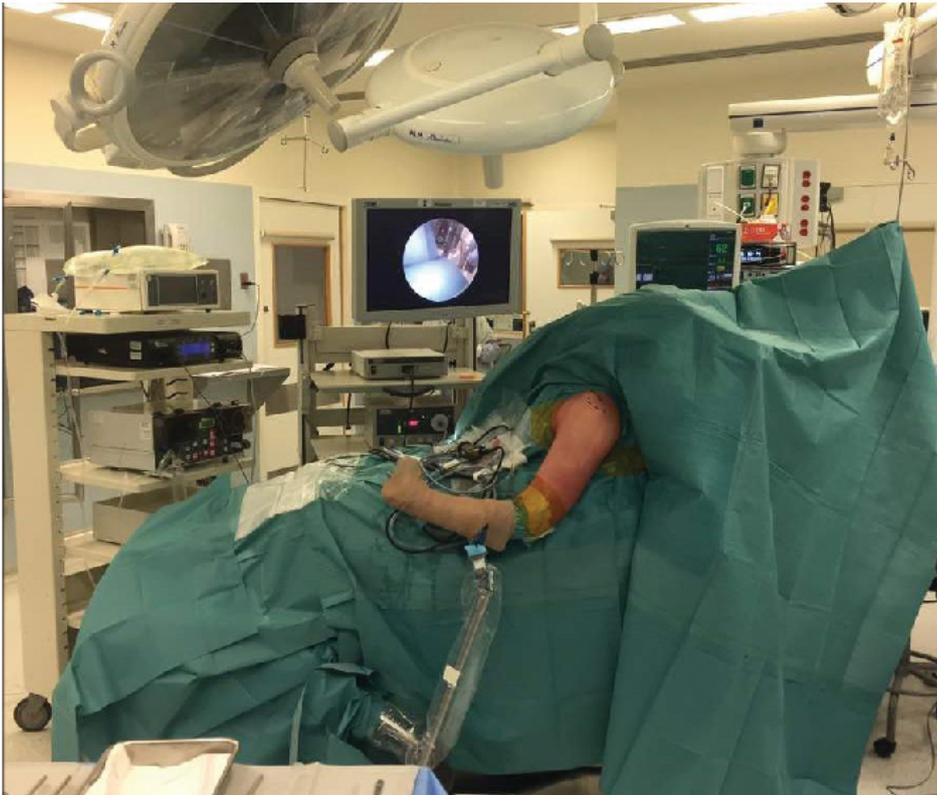


Figura 37: Posizione Beach Chair e setting della sala operatoria.

Dopo aver eseguito un esame intra-articolare standard, l'artroscopio è stato inserito nello spazio subacromiale attraverso il portale posteriore, seguito dalla creazione di un portale laterale. In tutti i casi è stata eseguita una bursectomia completa e una pulizia artroscopica subacromiale per ottenere una migliore visuale. La decompressione subacromiale tramite acromioplastica non è mai stata eseguita in accordo con la tecnica chirurgica preferita dal chirurgo. La tenotomia o la tenodesi del capo lungo del bicipite (CLB) è stata eseguita solo nei casi di evidente lesione tendinea o della puleggia di scorrimento del CLB, a seconda delle caratteristiche del paziente, della richiesta funzionale e dell'età. La dimensione di ogni rottura della cuffia dei rotatori è stata valutata quantitativamente in artroscopia al momento dell'intervento utilizzando un righello artroscopico e così classificando le rotture di dimensioni inferiori o uguali a 2 cm come piccole-medie. Dallo studio sono stati esclusi i pazienti con rotture grandi o massive, rotture a forma di L, così come quelli che presentavano patologie intra-articolari combinate come lesioni SLAP (Superior Labrum Anterior to Posterior), lesioni di Bankart o lesioni focali cartilaginee. Per la riparazione SR, le

ancorette sono state posizionate strategicamente a livello del margine articolare della porzione superiore della testa dell'omero (Figura 38). Il numero di ancorette utilizzate variava da uno a due, disposte su un'unica fila, a seconda della dimensione della rottura. Sono state utilizzate ancorette metalliche Corkscrew da 5,5 mm pre-caricate con 2 suture Fiberwire n. 2 (Arthrex, Naples, FL, USA) (Figura 39). Una volta inserite le ancorette tramite il portale superiore, i tendini sono stati suturati utilizzando punti a materassoio semplici a circa 10-15 mm di tessuto tendineo utilizzando un passa suture Scorpion (Arthrex, Naples, FL, USA). Dopo aver passato i fili di sutura, sono state fissate sequenzialmente da posteriore ad anteriore utilizzando un nodo a scorrimento tipo SMC (Seul Medical Center) e successivamente bloccate con 5 nodi di sicurezza aggiuntivi, cambiando ogni volta il post .

Nel caso della riparazione DRSB, la fila mediale consisteva in due ancore (Corkscrew da 5,5 mm pre-caricate con 2 suture Fiberwire n. 2 posizionate al margine articolare della testa dell'omero. Entrambi i fili di ciascuna sutura sono stati passati attraverso il tendine, a circa 15 mm medialmente al margine della rottura. La fila laterale di ancoraggio invece è stata posizionata sul margine laterale del footprint tendineo e consisteva in due ancorette knotless (SwiveLock SP 4,75 mm, Arthrex, Naples, FL, USA), caricate con i fili di sutura della fila mediale, creando così un costrutto a ponte tra la fila mediale e laterale (Figura 40). Post-operatoriamente, ai pazienti è stato fornito un tutore da spalla con un cuscinetto di abduzione a 20°. Dalla prima giornata post operatoria i paziente hanno iniziato il percorso fisioterapia consistente in esercizi progressivi di scivolamento sul tavolo a catena cinetica chiusa ,di flessione passiva in avanti e di progressivo ripristino del ROM passivo. La durata dell'immobilizzazione con il cuscinetto di abduzione dipendeva da fattori come la dimensione della rottura, la qualità del tessuto e la robustezza della riparazione. I pazienti potevano rimuovere il braccio dal tutore solo durante gli esercizi. Gli esercizi di ROM attivo-assistiti iniziavano generalmente tra la quarta e la sesta settimana post-operatoria, passando a ROM attivo completo tra le 6 e le 8 settimane.

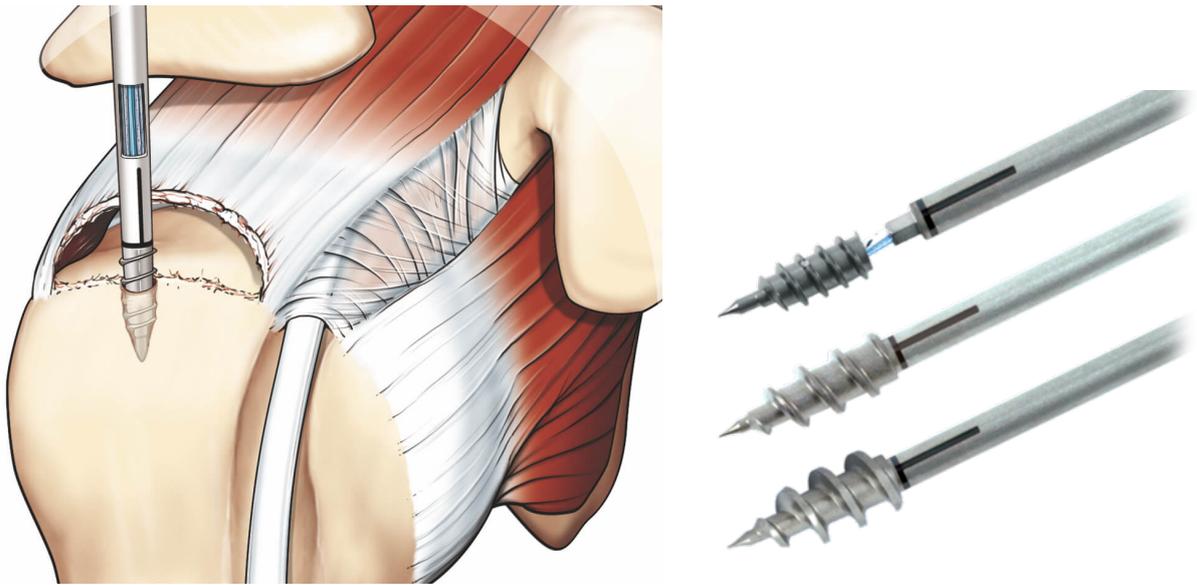


Figura 38 : Le ancorette metalliche vengono impiantate a livello del footprint del tendine sovraspinato e i fili di sutura precaricati vengono utilizzati per effettuare la reinserzione del tendine stesso.

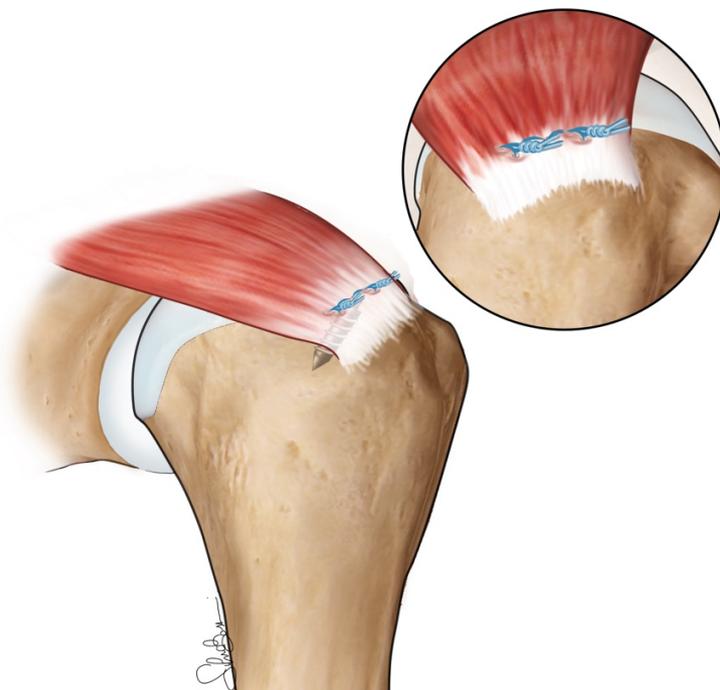


Figura 39: Tecnica di sutura a singola fila di ancore (Single row)

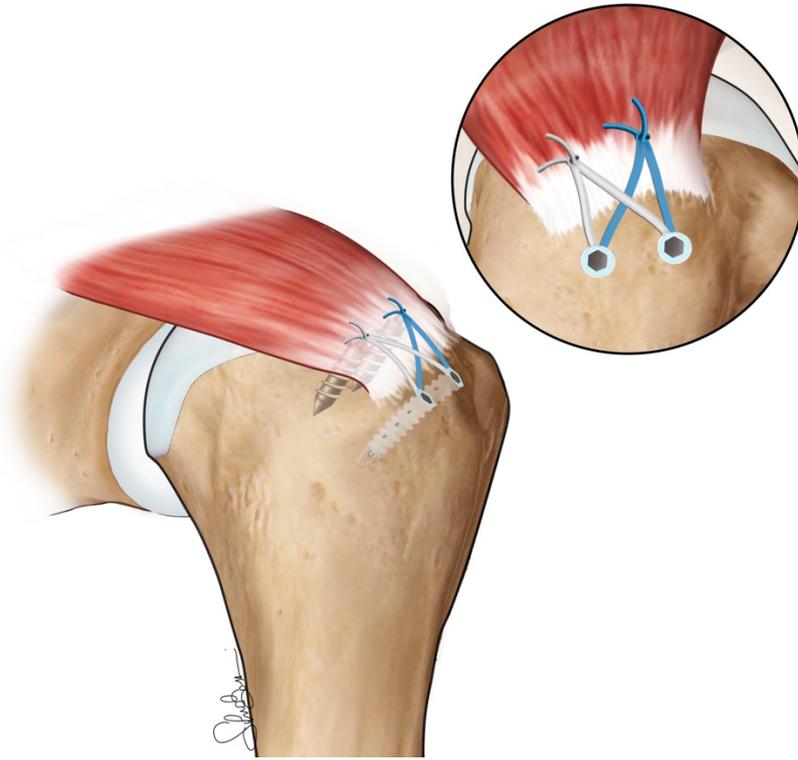


Figura 40 : Tecnica di sutura a doppia fila di ancore (Double row suture bridge)

### 3.4 Follow-up

#### 3.4.1 Valutazione clinica e della forza

La valutazione funzionale è stata effettuata utilizzando test clinici specifici post chirurgia della spalla come il Constant-Murley score [27], ASES score [108] e l' UCLA score [86], ad un follow-up minimo di 24 mesi. La valutazione clinica è stata eseguita in tutti i casi da un chirurgo della spalla, mentre un secondo ricercatore ha eseguito i test di forza. La valutazione della forza è stata effettuata utilizzando due dinamometri (Meilen, MS003Y-g) tenuti dal paziente in ciascuna mano e bloccati sotto i piedi del paziente stesso (Figura 41) durante l'esecuzione del test di Jobe [64]. Il paziente era

in piedi con la schiena aderente a una parete e le braccia posizionate in una posizione di partenza a 90° di abduzione, 30° di flessione in avanti, e con il gomito esteso sul piano scapolare. È stato chiesto al paziente di eseguire il test di Jobe per 3 volte, e la migliore alzata è stata registrata per entrambi i lati, operato e non operato. La massima forza (espressa in Kg) e la differenza di forza (forza lato non operato – forza lato operato) sono stati riportati nella nostra raccolta dati.



Figura 41 : Valutazione della forza durante il test di Jobe utilizzando i dinamometri: il paziente blocca le resistenze sotto i piedi , le braccia sono mantenute sul piano scapolare e si chiede al paziente di sollevare entrambi gli arti superiori per 3 volte consecutive mentre l'osservatore valuta la forza quantitativa, leggendo i risultati sul display.

### 3.4.2 Risonanza Magnetica e valutazione dell'integrità della cuffia dei rotatori

La risonanza magnetica è stata eseguita prima e almeno 2 anni dopo l'intervento chirurgico, utilizzando uno scanner RMN da 3T (Discovery MR750w GEM, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) (Figura 42). Il protocollo RMN includeva sequenze oblique coronali T2w, sagittali oblique T2w, e assiali T2w, sia preoperatoriamente che postoperatoriamente. Due radiologi muscoloscheletrici, con rispettivamente più di 15 e 25 anni di esperienza, hanno valutato tutti gli esami di RMN (Figure 43-44), in cieco rispetto al contesto chirurgico e ai risultati clinici. Per valutare l'affidabilità inter-osservatore, è stato calcolato il Coefficiente di Correlazione Intraclasse (ICC) per confrontare i risultati tra i due osservatori. Prima dell'intervento, è stata fornita una valutazione strutturale e qualitativa della cuffia dei rotatori, e la classificazione di Goutallier [50] e Patte [111] è stata determinata per ogni paziente. Post-operatoriamente, l'integrità della cuffia dei rotatori è stata valutata secondo la classificazione di Sugaya [132] (Tabella 2).



Figura 42 : Scanner RM 3-Tesla (Discovery MR750w GEM, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA).

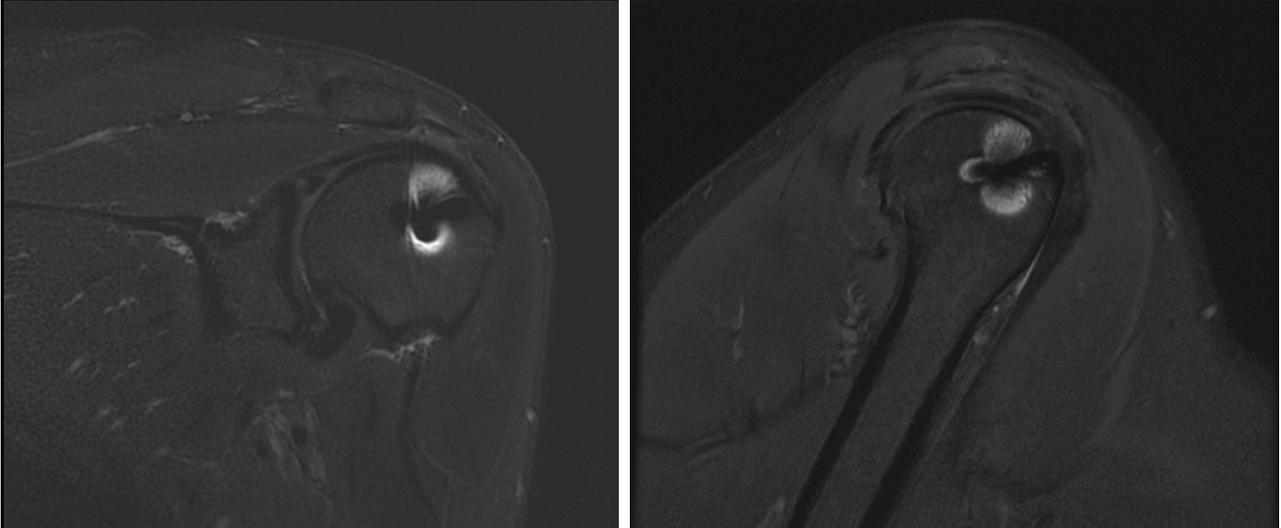


Figura 43 : Tecnica a singola fila a un follow-up minimo di 24 mesi. Le immagini di risonanza magnetica a 3 Tesla mostrano il tendine sovraspinato reinserito al footprint utilizzando un'ancora metallica Corkscrew da 5,5 mm precaricata con fili di sutura ad alta resistenza Fiberwire n. 2 (Arthrex, Naples, FL, USA). Il tendine appare continuo e ben integrato.

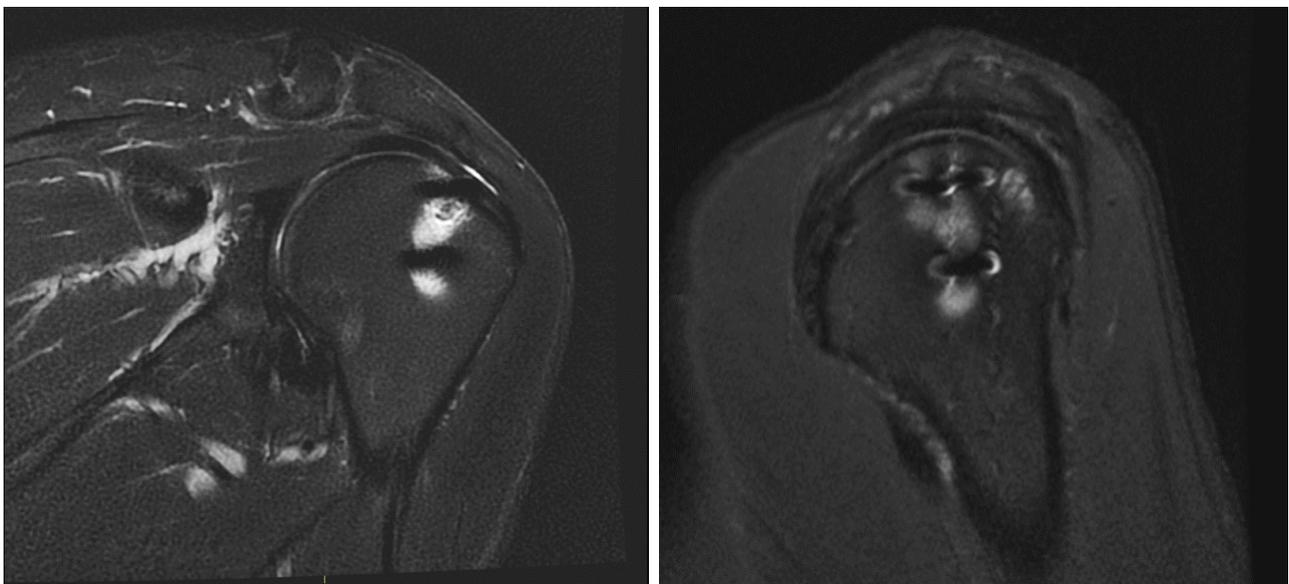


Figura 44 : Tecnica Double-Row Suture Bridge a un follow-up minimo di 24 mesi. Le immagini di risonanza magnetica a 3 Tesla mostrano il tendine sovraspinato reinserito al footprint utilizzando due ancore metalliche Corkscrew da 5,5 mm precaricate con fili di sutura ad alta resistenza

Fiberwire n. 2 (Arthrex, Naples, FL, USA) e due ancore knotless (SwiveLock SP 4,75 mm, Arthrex, Naples, FL, USA). Il tendine appare continuo e ben integrato

Type 1	Repaired cuff with sufficient thickness compared with normal cuff, and homogenously low signal intensity on each image.
Type 2	Repaired cuff with sufficient thickness compared with normal cuff, associated with partial high signal intensity area.
Type 3	Repaired cuff with insufficient thickness with less than half the thickness when compared with normal cuff, but without discontinuity, suggesting a partial-thickness delaminated tear.
Type 4	Presence of a minor discontinuity in only 1 or 2 slices on both oblique coronal and sagittal images, suggesting a small full-thickness tear.
Type 5	Presence of a major discontinuity observed in more than 2 slices on both oblique coronal and sagittal images, suggesting a medium or large full-thickness tear.

Tabella 2: Score di Sugaya per la valutazione dell'integrità del tendine riparato

### 3.5 Analisi Statistica

L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando il software SPSS 11.0. La distribuzione dei dati è stata verificata tramite il test di Shapiro-Wilk. I dati distribuiti normalmente sono stati presentati come media  $\pm$  deviazione standard, mentre i dati non normalmente distribuiti e categoriali sono stati presentati come mediana  $\pm$  intervallo interquartile (IQR) e percentuale sul totale. È stato utilizzato il test t per confrontare i punteggi Constant preoperatori e postoperatori tra i due gruppi. Sono state eseguite analisi di regressione multipla, considerando Patte, Goutallier, età e tecnica chirurgica come variabili indipendenti e ASES, UCLA e Constant come variabili dipendenti. Sono state inoltre eseguite analisi di regressione logistica multinomiale utilizzando le stesse variabili indipendenti con Sugaya, Delta della forza e Constant con i rispettivi cut-off (SUGAYA >2, DELTA >0, CONSTANT >85) come variabili dipendenti. Sono stati riportati  $R^2$  aggiustato, coefficienti standardizzati e non standardizzati, e valori di p per le tre regressioni lineari. Cox  $R^2$ , Odds ratio e valori di p sono stati riportati come risultati per le regressioni logistiche. Le differenze sono state considerate statisticamente significative per  $p < 0,05$ . Tutte le analisi sono state eseguite con SPSS. Per garantire la robustezza statistica del nostro studio, è stata effettuata un'analisi della potenza utilizzando il software G-power (versione X), mirata specificamente a una potenza di 0,80, un livello alfa di 0,05 e una dimensione dell'effetto basata sulla letteratura precedente nel settore

## 4 RISULTATI

Il follow-up medio è stato di  $56 \pm 10$  mesi. Cinquanta pazienti (divisi in 2 gruppi da 25 pazienti ciascuno) con lesione isolata a tutto spessore del tendine sovraspinato sono stati sottoposti ad intervento di riparazione artroscopica utilizzando tecnica a singola o a doppia fila di ancore.

Secondo la classificazione di Patte il grado medio di lesione preoperatoria era 1.84, e il grado di Goutallier era 0.5. Le caratteristiche demografiche della popolazione oggetto di studio sono mostrate nella Tabella 3. Non è stata trovata alcuna differenza statisticamente significativa tra i due gruppi.

I risultati clinici sono mostrati nella Tabella 3. Il gruppo SR ha ottenuto un valore medio postoperatorio per i punteggi ASES, UCLA e Constant Murley di 84 (range 37-100, dev. st. 17.61), 27.6 (range 12-35, dev. st. 7.44) e 93.64 (range 76-100, dev. st. 6.20) rispettivamente al follow-up finale. La forza assoluta valutata tramite dinamometro al test di Jobe è risultata essere di 5.74 Kg (range 2.04-8.84 Kg, dev. st. 1.58), e la differenza media di forza con il lato non operato era di -1.72 Kg (range -7.44 – 4.59 Kg, dev. st. 3.10). Per quanto riguarda il gruppo DRSB, il valore medio postoperatorio di ASES è stato di 89.72 (range 57-100, dev. st. 13.01), il valore UCLA medio di 29.76 (range 18-35, dev. st. 5.64), e quello di Constant Murley medio di 92.28 (range 70-100, dev. st. 6.79). La forza misurata con dinamometro nel test di Jobe è stata di 6.66 kg (range 1.67 – 14.93 kg, dev. st. 2.93) con una differenza media rispetto al lato non operato di -1.81 Kg (range -7.7 – 5 Kg). Tre spalle sono state escluse dalla valutazione della differenza con il lato controlaterale per la presenza di una lesione diagnosticata alla cuffia dei rotatori sulla spalla non operata.

I risultati radiologici del punteggio di Sugaya al follow-up finale, utilizzando RMN a 3 Tesla, hanno mostrato un valore medio di 1.92 (range 1-4, dev. st. 0.91) per il gruppo SR e 2.16 (range 1-5, dev. st. 0.90) per il gruppo DRSB; i gradi di Goutallier erano rispettivamente 0.88 (range 0-3, dev. st. 0.93) per il gruppo SR e 1.2 (range 0-3, dev. st. 0.82) per il gruppo DRSB. I risultati dell'ICC hanno

dimostrato un alto grado di concordanza tra i due osservatori, con un valore ICC di 0.92 (IC 95%: 0.88-0.96), indicando valutazioni coerenti e comparabili.

Nella Tabella 4 è riassunta l'analisi della correlazione del nostro studio. Non è stata trovata alcuna correlazione statisticamente significativa tra la tecnica chirurgica e punteggi postoperatori più alti di Constant-Murley, ASES o UCLA, né con la forza comparativa al test di Jobe o il tasso di re-rottura di Sugaya. La popolazione è stata anche suddivisa in base ai valori preoperatori di Patte, Goutallier e all'età. È stato analizzato se vi fosse una correlazione statisticamente significativa tra i nostri risultati clinici e radiologici. La serie ha mostrato che i gradi di Patte e Goutallier preoperatori >1 erano correlati statisticamente a un punteggio clinico Constant-Murley inferiore secondo un modello di regressione lineare (Tabella 5).

	<b>OVERALL</b>	<b>SR</b>	<b>DRSB</b>
<b>NUMERO DI PAZIENTI</b>	50	25	25
<b>ETÀ</b>	58.06 (27-74) ± 9.75	54.6 (27-71) ± 10.90	61.52 (43-74) ± 7.08
<b>SESSO</b>	32 M / 18 F	15 M / 10 F	17 M / 8 F
<b>GRADO PATTE</b>	1.84 (1-4) ± 0.79	1.72 (1-4) ± 0.84	1.96 (1-3) ± 0.73
<b>GRADO GOUTALLIER</b>	0.5 (0-2) ± 0.54	0.36 (0-1) ± 0.49	0.64 (0-2) ± 0.57

TABELLA 3: Demografia e caratteristiche dei pazienti.

**SR:** Tecnica di riparazione a fila singola;

**DRSB:** Tecnica di riparazione Double Row Suture Bridge;

**Età:** riportata in anni (intervallo) ± dev. standard;

**M:** maschi;

**W:** donne;

**Patte:** retrazione media preoperatoria del tendine secondo la classificazione di Patte (intervallo)  $\pm$  dev. standard;

**Goutallier:** infiltrazione grassa media preoperatoria secondo la classificazione di Goutallier (intervallo)  $\pm$  dev. standard.

	<b>OVERALL</b>	<b>SR</b>	<b>DRSB</b>
<b>ASES</b>	86.82(37-100) $\pm$ 15.60	84(37-100) $\pm$ 17.60	89.72(57-100) $\pm$ 13.01
<b>UCLA</b>	28.68(12-35) $\pm$ 6.62	27.6(12-35) $\pm$ 7.44	29.76(18-35) $\pm$ 5.64
<b>CM</b>	92.96(70-100) $\pm$ 6.47	93.64(76-100) $\pm$ 6.20	92.28(70-100) $\pm$ 6.79
<b>FORZA AL JOBE TEST</b>	6.20(1.67-14.93) $\pm$ 2.38	5.74(2.04-8.84) $\pm$ 1.58	6.66(1.67-14.93) $\pm$ 2.93
<b><math>\Delta</math> FORZA</b>	-1.77(-7.7-5) $\pm$ 2.88	-1.72(-7.44-4.59) $\pm$ 3.10	-1.81(-7.7-5) $\pm$ 2.68
<b>SUGAYA SCORE</b>	2.04(1-5) $\pm$ 0.90	1.92(1-4) $\pm$ 0.91	2.16(1-5) $\pm$ 0.90
<b>GRADO GOUTALLIER</b>	1.04(0-3) $\pm$ 0.88	0.88(0-3) $\pm$ 0.93	1.2(0-3) $\pm$ 0.82

Tabella 4: Risultati clinici e radiologici delle diverse tecniche chirurgiche.

**SR:** Tecnica di riparazione a fila singola;

**DRSB:** Tecnica di riparazione Double Row Suture Bridge;

**ASES:** Punteggio dell'American Shoulder and Elbow Surgeons: media (intervallo)  $\pm$  dev. standard;

**UCLA:** Punteggio della spalla secondo l'Università della California, Los Angeles: media (intervallo)  $\pm$  dev. standard;

**CM:** Punteggio della spalla Constant-Murley: media (intervallo)  $\pm$  dev. standard;

**Forza al Jobe:** Forza misurata con dinamometro al test di Jobe, espressa in Kg: media (intervallo)  $\pm$

dev. standard;

**Forza:** differenza di forza tra il lato operato e non operato espressa in Kg: media (intervallo)  $\pm$  dev. standard;

**Sugaya:** Tasso di re-rottura alla risonanza magnetica al follow-up finale secondo la classificazione di Sugaya: media (intervallo)  $\pm$  dev. standard;

**Goutallier:** infiltrazione media postoperatoria del grasso tendineo secondo la classificazione di Goutallier (intervallo)  $\pm$  dev. standard.

	<b>ASES</b>	<b>UCLA</b>	<b>CM</b>	<b>SUGAYA&gt;2</b>	<b>STRENGHT &gt;0</b>
<b>AGE</b>	0.265	0.348	0.75	0.59	0.974
<b>PATTE &gt; 1</b>	0.38	0.418	<i>0.217*</i>	0.069	0.598
<b>GOUTALLIER &gt; 0</b>	0.442	0.424	<i>0.027*</i>	0.245	0.306
<b>SURG.TECH(SR)</b>	0.152	0.234	0.77	0.616	0.479

Tabella 5: un punteggio di Constant-Murley inferiore secondo un modello di regressione lineare e gradi di Patte e Goutallier preoperatori >1 sono risultati correlati statisticamente correlati.

## 5 DISCUSSIONE

Il risultato principale del nostro studio evidenzia che, a un follow-up minimo di 24 mesi, non sono state osservate differenze statisticamente significative nella popolazione studiata tra le tecniche SR e DRSB in termini di risultati clinici, forza misurata tramite dinamometro al test di Jobe, e valutazione con RMN 3-T in pazienti trattati per lesione della cuffia dei rotatori.

Oltre ai risultati ottenuti, è importante contestualizzare i dati all'interno del corpo più ampio della letteratura inerente alle tecniche di riparazione della cuffia dei rotatori. Numerosi studi hanno confrontato l'efficacia delle tecniche SR e DRSB, giungendo a risultati eterogenei.

Nel nostro studio, la mancanza di differenze significative nei risultati clinici suggerisce che entrambe le tecniche SR e DRSB sono efficaci nel trattare le lesioni della cuffia dei rotatori di piccole e medie dimensioni (con estensione  $\leq 2$  cm) in pazienti di età superiore ai 55 anni. Questo risultato è in linea con studi precedenti che non sono riusciti a dimostrare la superiorità di una tecnica rispetto all'altra in popolazioni di pazienti simili [22, 45, 52, 60, 74, 90, 91, 109, 131, 138]. Ad esempio, una recente meta-analisi di Lapner et al. [73] ha concluso che non vi sono differenze significative nei risultati clinici tra le riparazioni SR e DR per lesioni della cuffia dei rotatori di piccole e medie dimensioni.

Inoltre, anche altri autori hanno dimostrato la non superiorità in termini di risultati clinici di una tecnica rispetto all'altra. In particolare, Mihata et al. [90], Grasso et al. [52] e Charousset et al. [22] hanno fornito ulteriori prove a supporto della mancanza di differenze significative nei risultati clinici tra le tecniche SR e DR quando utilizzate per la riparazione della cuffia dei rotatori.

Al contrario, i risultati di una recente revisione sistematica di 13 studi randomizzati hanno evidenziato i vantaggi della tecnica DRSB nella riparazione della cuffia dei rotatori. In particolare, sono stati osservati punteggi UCLA superiori, tassi di guarigione del tendine migliori e ridotti tassi di ri-rottura tendinea, confermando l'efficacia di questo approccio. Tuttavia, gli stessi autori non

hanno trovato differenze cliniche rilevabili né nel punteggio Constant-Murley né nell'ASES score [103].

Questa conclusione “sfumata” non conferma le ipotesi dello studio e mette in luce la complessità della valutazione dei risultati in seguito a riparazione della cuffia dei rotatori.

Inoltre, nel nostro studio, la valutazione della forza utilizzando dinamometri al test di Jobe ha mostrato risultati sovrapponibili tra le due tecniche, rivelando la mancanza di superiorità di una tecnica rispetto all'altra in termini di forza misurata. Questo suggerisce che entrambi gli approcci possono ripristinare in modo simile la funzione muscolare e la forza in seguito a riparazione artroscopica della lesione della cuffia dei rotatori in pazienti a bassa richiesta funzionale (età > 55 anni) con lesioni di piccole e medie dimensioni.

Questi risultati sono in contrasto con studi precedenti che hanno investigato la forza muscolare dopo la riparazione della cuffia dei rotatori utilizzando diverse tecniche di sutura. In particolare, Milano et al. [91] hanno condotto uno studio biomeccanico in vitro confrontando la forza tra le tecniche SR e DRSB, trovando differenze significative tra i due gruppi. Inoltre, un altro studio biomeccanico di Wall et al. [139] mostra conclusioni simili, evidenziando la superiorità della tecnica DRSB.

Questi risultati discordanti possono essere attribuiti al fatto che questi studi, risalenti a circa 15 anni fa, sono stati condotti utilizzando tecniche e soprattutto materiali obsoleti. Nella nostra coorte di pazienti, sono state utilizzate ancora moderne combinate a tecniche di sutura all'avanguardia.

Inoltre, attualmente, nessun autore in letteratura ha riportato i risultati di test di forza in studi in vivo, correlandoli a test clinici e valutazione alla RMN ad alto campo.

A nostro avviso è necessario che la forza muscolare sia valutata sui pazienti e non su preparati anatomici data la complessa struttura muscolo-tendinea e la complicata biomeccanica dell'articolazione della spalla.

Per quanto è a conoscenza degli autori, questo è il primo studio che correla in vivo la forza tramite dinamometri ai risultati clinici e radiologici in seguito a riparazione della cuffia dei rotatori a un follow-up minimo di 24 mesi. Radiologicamente, la nostra valutazione utilizzando RMN 3-Tesla e

il punteggio di Sugaya non ha rivelato alcuna superiorità significativa tra le due tecniche. Questo suggerisce che entrambe le tecniche permettono una soddisfacente integrazione strutturale e guarigione del tendine riparato. I suddetti risultati sono in accordo con quelli di una revisione sistematica di Hein et al. [60], che non ha riscontrato differenze significative negli esiti strutturali tra le riparazioni SR e DRSB.

Anche i risultati di Koh et al. [70] sono in linea con quanto sopra menzionato, suggerendo che i risultati radiologici e i tassi di ri-rottura della riparazione DRSB non erano significativamente diversi da quelli delle riparazioni SR nei pazienti con lesioni della cuffia dei rotatori di dimensioni medie o piccole. Al contrario, Ning et al. hanno dimostrato una guarigione significativamente superiore con la tecnica DRSB rispetto alla tecnica a singola fila di ancore, ad un follow-up di 12 mesi, valutando pazienti affetti da lesioni moderate della cuffia dei rotatori tramite RM a 1,5 T ed utilizzando la classificazione di Sugaya [132].

È importante sottolineare che, attualmente, nessun autore ha valutato l'integrità della riparazione della cuffia dei rotatori con risonanza magnetica a 3T, rendendo così il nostro studio unico ed innovativo in questo campo.

## **5.1 Limitazioni dello studio**

Le limitazioni di questo studio includono il disegno retrospettivo, che introduce intrinsecamente potenziali bias e vincoli nella raccolta e analisi dei dati. Inoltre, la mancanza di un'assegnazione randomizzata dei pazienti ai gruppi di riparazione a fila singola e doppia potrebbe aver portato a bias di selezione e variabili confondenti che potrebbero influenzare i risultati dello studio. In aggiunta, la dimensione del campione dello studio di cinquanta pazienti potrebbe non essere sufficiente a rilevare piccole ma clinicamente significative differenze tra le due tecniche di riparazione, in particolare nelle analisi dei sottogruppi.

Un'altra limitazione potrebbe essere l'utilizzo di strumenti di valutazione clinica soggettivi, come il Constant-Murley score, l'ASES score e il punteggio UCLA, che possono esporre a variabilità dei risultati clinici.

Infine, il nostro studio non ha valutato gli esiti a lungo termine oltre il periodo minimo di follow-up di 24 mesi, il che potrebbe non evidenziare complicazioni tardive.

## 6 CONCLUSIONI

In conclusione, questo studio contribuisce alla discussione in corso riguardo l'approccio chirurgico ottimale per il trattamento delle lesioni della cuffia dei rotatori. Nonostante le limitazioni delineate, i nostri risultati suggeriscono che entrambe le tecniche di riparazione SR e DRSB mostrano risultati clinici e tassi di guarigione del tendine sovrapponibile in seguito a riparazione della cuffia dei rotatori. Questi risultati sono in linea con la letteratura precedente, evidenziando la mancanza di differenze significative tra le due tecniche quando utilizzate in popolazioni di pazienti simili.

In un SSN sempre più sotto pressione ed in continua difficoltà economica questi risultati possono indurre i chirurghi ortopedici ad optare per una più economica riparazione a singola fila di ancore invece di prediligere la più costosa, in termini di materiali e tempi chirurgici, tecnica DRSB.

Tuttavia, è essenziale riconoscere il panorama in evoluzione delle tecniche chirurgiche e dei progressi tecnologici nella riparazione della cuffia dei rotatori. Approcci emergenti, come la fissazione con ancore di sutura senza nodi e le tecniche di riparazione aumentata con scaffold, potrebbero influenzare l'efficacia comparativa delle riparazioni a fila singola rispetto a quelle a doppia fila. Studi futuri dovrebbero valutare queste tecniche innovative e il loro potenziale impatto sugli esiti clinici e sulla guarigione a lungo termine del tendine.

Inoltre, la scelta della tecnica chirurgica ottimale dovrebbe essere individualizzata in base alle caratteristiche del paziente e della lesione, all'esperienza del chirurgo e alle evidenze disponibili.

Sebbene le riparazioni a fila singola e doppia offrano opzioni valide per la sutura della cuffia dei rotatori, è essenziale considerare attentamente i fattori specifici del paziente e gli obiettivi chirurgici per determinare l'approccio più appropriato.

Concludendo, il nostro studio ha dimostrato come la riparazione a singola fila di ancore dimostri la stessa efficacia di quella a doppia fila in pazienti con età superiore a 55 anni ad un follow-up minimo di 24 mesi.

## 7 BIBLIOGRAFIA

1. Abate M, Silbernagel KG, Siljeholm C, Di Iorio A, De Amicis D, Salini V, Werner S, Paganelli R (2009) Pathogenesis of tendinopathies: inflammation or degeneration? *Arthritis Res Ther* 11(3):235
2. Ardebol J, Ghayyad K, Hwang S, Pak T, Menendez ME, Denard PJ (2023) Patient-reported outcome tools and baseline scores vary by country and region for arthroscopic repair of massive rotator cuff tears: a systematic review. *JSES Reviews, Reports, and Techniques* 3(3):312
3. Arnoczky SP, Lavagnino M, Egerbacher M (2007) The mechanobiological aetiopathogenesis of tendinopathy: is it the over-stimulation or the under-stimulation of tendon cells? *Int J Exp Pathol* 88(4):217–226
4. Aström M, Westlin N (1994) Blood flow in the human Achilles tendon assessed by laser Doppler flowmetry. *J Orthop Res* 12(2):246–252
5. Aydin N, Kocaoglu B, Guven O (2010) Single-row versus double-row arthroscopic rotator cuff repair in small- to medium-sized tears. *J Shoulder Elbow Surg* 19(5):722–725
6. Azzoni R, Cabitza P, Parrini M (2004) Sonographic evaluation of subacromial space. *Ultrasonics* 42(1–9):683–687
7. Baettig SJ, Wieser K, Gerber C (2017) Determinants of patient satisfaction following reconstructive shoulder surgery. *BMC Musculoskelet Disord* 18(1):458
8. Banas MP, Miller RJ, Totterman S (1995) Relationship between the lateral acromion angle and rotator cuff disease. *J Shoulder Elbow Surg* 4(6):454–461
9. Barth JRH, Burkhart SS, De Beer JF (2006) The bear-hug test: a new and sensitive test for diagnosing a subscapularis tear. *Arthroscopy* 22(10):1076–1084
10. Benjamin M, Evans EJ (1990) Fibrocartilage. *J Anat* 171:1–15
11. Benjamin M, Evans EJ, Copp L (1986) The histology of tendon attachments to bone in man. *J Anat* 149:89–100
12. Berenson MC, Blevins FT, Plaas AH, Vogel KG (1996) Proteoglycans of human rotator cuff tendons. *J Orthop Res* 14(4):518–525
13. Bigliani LU, Ticker JB, Flatow EL, Soslowky LJ, Mow VC (1991) The relationship of acromial architecture to rotator cuff disease. *Clin Sports Med* 10(4):823–838
14. Boileau P, Brassart N, Watkinson DJ, Carles M, Hatzidakis AM, Krishnan SG (2005) Arthroscopic repair of full-thickness tears of the supraspinatus: does the tendon really heal? *J Bone Joint Surg Am* 87(6):1229–1240
15. Bright AS, Torpey B, Magid D, Codd T, McFarland EG (1997) Reliability of radiographic evaluation for acromial morphology. *Skeletal Radiol* 26(12):718–721
16. Burkhart SS, Esch JC, Jolson RS (1993) The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's "suspension bridge." *Arthroscopy* 9(6):611–616
17. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB (2003) The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy* 19(6):641–661
18. Carr AJ, Norris SH (1989) The blood supply of the calcaneal tendon. *J Bone Joint Surg Br* 71(1):100–101
19. Chamblor AFW, Pitsillides AA, Emery RJH (2003) Acromial spur formation in patients with rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 12(4):314–321

20. Chang E, Moses D, Babb J, Schweitzer M (2006) Shoulder Impingement: Objective 3D Shape Analysis of Acromial Morphologic Features 1. *Radiology* 239:497–505
21. Chansky HA, Iannotti JP (1991) The vascularity of the rotator cuff. *Clin Sports Med* 10(4):807–822
22. Charousset C, Grimberg J, Duranthon LD, Bellaiche L, Petrover D (2007) Can a double-row anchorage technique improve tendon healing in arthroscopic rotator cuff repair?: A prospective, nonrandomized, comparative study of double-row and single-row anchorage techniques with computed tomographic arthrography tendon healing assessment. *Am J Sports Med* 35(8):1247–1253
23. Cho C-H, Bae K-C, Kim D-H (2021) Biomaterials Used for Suture Anchors in Orthopedic Surgery. *Clin Orthop Surg* 13(3):287–292
24. Cholewinski JJ, Kusz DJ, Wojciechowski P, Cielinski LS, Zoladz MP (2008) Ultrasound measurement of rotator cuff thickness and acromio-humeral distance in the diagnosis of subacromial impingement syndrome of the shoulder. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16(4):408–414
25. Clark JM, Harryman DT (1992) Tendons, ligaments, and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy. *J Bone Joint Surg Am* 74(5):713–725
26. Cofield RH (1982) Subscapular muscle transposition for repair of chronic rotator cuff tears. *Surg Gynecol Obstet* 154(5):667–672
27. Constant CR, Murley AH (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*
28. Cools A, Witvrouw E, Declercq G, Vanderstraeten G, Cambier D (2004) Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms. *British Journal of Sports Medicine* 38(1):64
29. Dang A, Davies M (2018) Rotator Cuff Disease: Treatment Options and Considerations. *Sports Med Arthrosc Rev* 26(3):129–133
30. Davidson PA, Elattrache NS, Jobe CM, Jobe FW (1995) Rotator cuff and posterior-superior glenoid labrum injury associated with increased glenohumeral motion: a new site of impingement. *J Shoulder Elbow Surg* 4(5):384–390
31. DeFranco MJ, Cole BJ (2009) Current perspectives on rotator cuff anatomy. *Arthroscopy* 25(3):305–320
32. Desmeules F, Minville L, Riederer B, Côté CH, Frémont P (2004) Acromio-humeral distance variation measured by ultrasonography and its association with the outcome of rehabilitation for shoulder impingement syndrome. *Clin J Sport Med* 14(4):197–205
33. Determe D, Rongièrès M, Kany J, Glasson JM, Bellumore Y, Mansat M, Becue J (1996) Anatomic study of the tendinous rotator cuff of the shoulder. *Surg Radiol Anat* 18(3):195–200
34. Edelson G, Teitz C (2000) Internal impingement in the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 9(4):308–315
35. Edelson JG (1995) The “hooked” acromion revisited. *J Bone Joint Surg Br* 77(2):284–287
36. Ellman H (1990) Diagnosis and treatment of incomplete rotator cuff tears. *Clin Orthop Relat Res*
37. Ellman H, Hanker G, Bayer M (1986) Repair of the rotator cuff. End-result study of factors influencing reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 68(8):1136–1144
38. Ellman H, Kay SP, Wirth M (1993) Arthroscopic treatment of full-thickness rotator cuff tears: 2- to 7-year follow-up study. *Arthroscopy* 9(2):195–200

39. Epstein RE, Schweitzer ME, Frieman BG, Fenlin JM, Mitchell DG (1993) Hooked acromion: prevalence on MR images of painful shoulders. *Radiology* 187(2):479–481
40. Fackler NP, Ehlers CB, Callan KT, Amirhekmat A, Smith EJ, Parisien RL, Wang D (2022) Statistical Fragility of Single-Row Versus Double-Row Anchoring for Rotator Cuff Repair: A Systematic Review of Comparative Studies. *Orthop J Sports Med* 10(5):23259671221093391
41. Fallon J, Blevins FT, Vogel K, Trotter J (2002) Functional morphology of the supraspinatus tendon. *J Orthop Res* 20(5):920–926
42. Farley TE, Neumann CH, Steinbach LS, Petersen SA (1994) The coracoacromial arch: MR evaluation and correlation with rotator cuff pathology. *Skeletal Radiol* 23(8):641–645
43. Fehringier EV, Sun J, VanOeveren LS, Keller BK, Matsen FA (2008) Full-thickness rotator cuff tear prevalence and correlation with function and co-morbidities in patients sixty-five years and older. *J Shoulder Elbow Surg* 17(6):881–885
44. Flynn RK, Pedersen CL, Birmingham TB, Kirkley A, Jackowski D, Fowler PJ (2005) The familial predisposition toward tearing the anterior cruciate ligament: a case control study. *Am J Sports Med* 33(1):23–28
45. Franceschi F, Papalia R, Franceschetti E, Palumbo A, Del Buono A, Paciotti M, Maffulli N, Denaro V (2016) Double-Row Repair Lowers the Retear Risk After Accelerated Rehabilitation. *Am J Sports Med* 44(4):948–956
46. Franchi M, Trirè A, Quaranta M, Orsini E, Ottani V (2007) Collagen structure of tendon relates to function. *ScientificWorldJournal* 7:404–420
47. Fukuda H (2003) The management of partial-thickness tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br* 85(1):3–11
48. Gerber C, Fuchs B, Hodler J (2000) The results of repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 82(4):505–515
49. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC (1994) Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res*
50. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC (1995) Fatty infiltration of disrupted rotator cuff muscles. *Rev Rhum Engl Ed* 62(6):415–422
51. Graichen H, Bonel H, Stammberger T, Haubner M, Rohrer H, Englmeier KH, Reiser M, Eckstein F (1999) Three-dimensional analysis of the width of the subacromial space in healthy subjects and patients with impingement syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 172(4):1081–1086
52. Grasso A, Milano G, Salvatore M, Falcone G, Deriu L, Fabbriciani C (2009) Single-row versus double-row arthroscopic rotator cuff repair: a prospective randomized clinical study. *Arthroscopy* 25(1):4–12
53. Greis PE, Kuhn JE, Schultheis J, Hintermeister R, Hawkins R (1996) Validation of the lift-off test and analysis of subscapularis activity during maximal internal rotation. *Am J Sports Med* 24(5):589–593
54. Gumina S, Di Giorgio G, Postacchini F, Postacchini R (2008) Subacromial space in adult patients with thoracic hyperkyphosis and in healthy volunteers. *Chir Organi Mov* 91(2):93–96
55. Hallström E, Kärrholm J (2006) Shoulder kinematics in 25 patients with impingement and 12 controls. *Clin Orthop Relat Res* 448:22–27
56. Hantes ME, Ono Y, Raoulis VA, Doxariotis N, Venouziou A, Zibis A, Vlychou M (2018) Arthroscopic Single-Row Versus Double-Row Suture Bridge Technique for Rotator Cuff Tears in Patients Younger Than 55 Years: A Prospective Comparative Study. *Am J Sports Med* 46(1):116–121

57. Harvie P, Ostlere SJ, Teh J, McNally EG, Clipsham K, Burston BJ, Pollard TCB, Carr AJ (2004) Genetic influences in the aetiology of tears of the rotator cuff. Sibling risk of a full-thickness tear. *J Bone Joint Surg Br* 86(5):696–700
58. Hébert LJ, Moffet H, Dufour M, Moisan C (2003) Acromiohumeral distance in a seated position in persons with impingement syndrome. *J Magn Reson Imaging* 18(1):72–79
59. Hegedus EJ, Cook C, Brennan M, Wyland D, Garrison JC, Driesner D (2010) Vascularity and tendon pathology in the rotator cuff: a review of literature and implications for rehabilitation and surgery. *Br J Sports Med* 44(12):838–847
60. Hein J, Reilly JM, Chae J, Maerz T, Anderson K (2015) Retear Rates After Arthroscopic Single-Row, Double-Row, and Suture Bridge Rotator Cuff Repair at a Minimum of 1 Year of Imaging Follow-up: A Systematic Review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 31(11):2274–2281
61. Hertel R, Ballmer FT, Lombert SM, Gerber C (1996) Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture. *J Shoulder Elbow Surg* 5(4):307–313
62. Hsu J, Keener JD (2015) Natural History of Rotator Cuff Disease and Implications on Management. *Oper Tech Orthop* 25(1):2–9
63. Itoi E, Kido T, Sano A, Urayama M, Sato K (1999) Which is more useful, the “full can test” or the “empty can test,” in detecting the torn supraspinatus tendon? *Am J Sports Med* 27(1):65–68
64. Jobe FW, Moynes DR (1982) Delineation of diagnostic criteria and a rehabilitation program for rotator cuff injuries. *Am J Sports Med* 10(6):336–339
65. Kannus P, Järvinen TLN, Järvinen TAH, Järvinen M, Parkkari J, Khan K (2004) Painful Achilles tendon and its treatment. *Scand J Med Sci Sports* 14(2):69–71
66. Khan KM, Cook JL, Bonar F, Harcourt P, Astrom M (1999) Histopathology of common tendinopathies. Update and implications for clinical management. *Sports Med* 27(6):393–408
67. Kibler WB (1998) The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med* 26(2):325–337
68. Killian ML, Cavinatto L, Galatz LM, Thomopoulos S (2012) The role of mechanobiology in tendon healing. *J Shoulder Elbow Surg* 21(2):228–237
69. Kitay GS, Iannotti JP, Williams GR, Haygood T, Kneeland BJ, Berlin J (1995) Roentgenographic assessment of acromial morphologic condition in rotator cuff impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg* 4(6):441–448
70. Koh KH, Kang KC, Lim TK, Shon MS, Yoo JC (2011) Prospective randomized clinical trial of single- versus double-row suture anchor repair in 2- to 4-cm rotator cuff tears: clinical and magnetic resonance imaging results. *Arthroscopy* 27(4):453–462
71. Kumagai J, Sarkar K, Uhthoff HK (1994) The collagen types in the attachment zone of rotator cuff tendons in the elderly: an immunohistochemical study. *J Rheumatol* 21(11):2096–2100
72. Langberg H, Olesen J, Skovgaard D, Kjaer M (2001) Age related blood flow around the Achilles tendon during exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 84(3):246–248
73. Lapner P, Henry P, Athwal GS, Moktar J, McNeil D, MacDonald P, Canadian Shoulder and Elbow Society (2022) Treatment of rotator cuff tears: a systematic review and meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 31(3):e120–e129
74. Lapner P, Li A, Pollock JW, Zhang T, McIlquham K, McRae S, MacDonald P (2021) A Multicenter Randomized Controlled Trial Comparing Single-Row With Double-Row Fixation in Arthroscopic Rotator Cuff Repair: Long-Term Follow-up. *Am J Sports Med* 49(11):3021–3029

75. Lei L, Zhang C, Sun F-H, Xie Y, Liang B, Wang L, Pang G, Chen R, Jiang W, Ou X, Miyamoto A, Wang J (2021) Research Trends on the Rotator Cuff Tendon: A Bibliometric Analysis of the Past 2 Decades. *Orthop J Sports Med* 9(1):2325967120973688
76. Leversedge FJ, Ditsios K, Goldfarb CA, Silva MJ, Gelberman RH, Boyer MI (2002) Vascular anatomy of the human flexor digitorum profundus tendon insertion. *J Hand Surg Am* 27(5):806–812
77. Levy O, Relwani J, Zaman T, Even T, Venkateswaran B, Copeland S (2008) Measurement of blood flow in the rotator cuff using laser Doppler flowmetry. *J Bone Joint Surg Br* 90(7):893–898
78. Lewis JS (2009) Rotator cuff tendinopathy. *Br J Sports Med* 43(4):236–241
79. Ling SC, Chen CF, Wan RX (1990) A study on the vascular supply of the supraspinatus tendon. *Surg Radiol Anat* 12(3):161–165
80. Lohr JF, Uthoff HK (1990) The microvascular pattern of the supraspinatus tendon. *Clin Orthop Relat Res*
81. Longo UG, Franceschi F, Ruzzini L, Rabitti C, Morini S, Maffulli N, Denaro V (2008) Histopathology of the supraspinatus tendon in rotator cuff tears. *Am J Sports Med* 36(3):533–538
82. Ludewig PM, Cook TM (2002) Translations of the humerus in persons with shoulder impingement symptoms. *J Orthop Sports Phys Ther* 32(6):248–259
83. Luo ZP, Hsu HC, Grabowski JJ, Morrey BF, An KN (1998) Mechanical environment associated with rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 7(6):616–620
84. MacGillivray JD, Fealy S, Potter HG, O'Brien SJ (1998) Multiplanar analysis of acromion morphology. *Am J Sports Med* 26(6):836–840
85. Magra M, Maffulli N (2005) Matrix metalloproteases: a role in overuse tendinopathies. *Br J Sports Med* 39(11):789–791
86. Marchese C Italian cross-cultural adaptation and validation of three different scales for the evaluation of shoulder pain and dysfunction after neck dissection: University of California - Los Angeles (UCLA) Shoulder Scale, Shoulder Pain and Disability Index (SPADI).
87. Matsen FA (2008) Clinical practice. Rotator-cuff failure. *N Engl J Med* 358(20):2138–2147
88. Matthews TJW, Hand GC, Rees JL, Athanasou NA, Carr AJ (2006) Pathology of the torn rotator cuff tendon. Reduction in potential for repair as tear size increases. *J Bone Joint Surg Br* 88(4):489–495
89. Michener LA, McClure PW, Sennett BJ (2002) American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Assessment Form, patient self-report section: Reliability, validity, and responsiveness. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 11(6):587–594
90. Mihata T, Watanabe C, Fukunishi K, Ohue M, Tsujimura T, Fujiwara K, Kinoshita M (2011) Functional and structural outcomes of single-row versus double-row versus combined double-row and suture-bridge repair for rotator cuff tears. *Am J Sports Med* 39(10):2091–2098
91. Milano G, Grasso A, Zarelli D, Deriu L, Cillo M, Fabbriani C (2008) Comparison between single-row and double-row rotator cuff repair: a biomechanical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16(1):75–80
92. Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, van Holsbeeck M (1995) Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender. *J Bone Joint Surg Br* 77(2):296–298
93. Miller CA, Forrester GA, Lewis JS (2008) The validity of the lag signs in diagnosing full-thickness tears of the rotator cuff: a preliminary investigation. *Arch Phys Med Rehabil* 89(6):1162–1168

94. Minagawa H, Itoi E, Konno N, Kido T, Sano A, Urayama M, Sato K (1998) Humeral attachment of the supraspinatus and infraspinatus tendons: an anatomic study. *Arthroscopy* 14(3):302–306
95. Mokone GG, Gajjar M, September AV, Schweltnus MP, Greenberg J, Noakes TD, Collins M (2005) The guanine-thymine dinucleotide repeat polymorphism within the tenascin-C gene is associated with achilles tendon injuries. *Am J Sports Med* 33(7):1016–1021
96. Mokone GG, Schweltnus MP, Noakes TD, Collins M (2006) The COL5A1 gene and Achilles tendon pathology. *Scand J Med Sci Sports* 16(1):19–26
97. Moseley HF, Goldie I (1963) THE ARTERIAL PATTERN OF THE ROTATOR CUFF OF THE SHOULDER. *J Bone Joint Surg Br* 45(4):780–789
98. Moulton SG, Greenspoon JA, Millett PJ, Petri M (2016) Risk Factors, Pathobiomechanics and Physical Examination of Rotator Cuff Tears. *Open Orthop J* 10:277–285
99. Neer CS (1983) Impingement lesions. *Clin Orthop Relat Res*
100. Nicholson GP, Goodman DA, Flatow EL, Bigliani LU (1996) The acromion: morphologic condition and age-related changes. A study of 420 scapulas. *J Shoulder Elbow Surg* 5(1):1–11
101. Norwood LA, Barrack R, Jacobson KE (1989) Clinical presentation of complete tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 71(4):499–505
102. Nové-Josserand L, Edwards TB, O'Connor DP, Walch G (2005) The acromiohumeral and coracohumeral intervals are abnormal in rotator cuff tears with muscular fatty degeneration. *Clin Orthop Relat Res* DOI: 10.1097/01.blo.0000151441.05180.0e
103. Núñez JH, Montenegro JD, Surroca M, Ocrospoma-Flores B, Guerra-Farfán E, Mendez-Sanchez G, Fraguas A, Gómez O (2023) Arthroscopic rotator cuff repair using a single or double row technique: A meta-analysis of randomized clinical trial. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* DOI: 10.1016/j.recot.2023.11.023
104. Nyffeler RW, Werner CML, Sukthankar A, Schmid MR, Gerber C (2006) Association of a large lateral extension of the acromion with rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 88(4):800–805
105. Ogata S, Uhthoff HK (1990) Acromial enthesopathy and rotator cuff tear. A radiologic and histologic postmortem investigation of the coracoacromial arch. *Clin Orthop Relat Res*
106. Oh JH, Kim SH, Shin SH, Chung SW, Kim JY, Kim SH, Kim SJ (2011) Outcome of rotator cuff repair in large-to-massive tear with pseudoparalysis: a comparative study with propensity score matching. *Am J Sports Med* 39(7):1413–1420
107. Olthof MGL, Flück M, Borbas P, Valdivieso P, Toigo M, Egli F, Joshy J, Filli L, Snedeker JG, Gerber C, Wieser K (2023) Structural Musculotendinous Parameters That Predict Failed Tendon Healing After Rotator Cuff Repair. *Orthop J Sports Med* 11(9):23259671231196875
108. Padua R, Padua L, Ceccarelli E, Bondi R, Alviti F, Castagna A (2010) Italian version of ASES questionnaire for shoulder assessment: cross-cultural adaptation and validation. *Musculoskelet Surg* 94 Suppl 1:S85-90
109. Pandey V, C J J, Mathai NJ, Madi S, Karegowda LH, Willems J (2021) Five Year Follow up of Retrospective Cohort Comparing Structural and Functional Outcome of Arthroscopic Single-row versus Double-row Suture Bridge Repair of Large Posterosuperior Rotator Cuff Tear in Patients Less than or Equal to 70 Years. *Arch Bone Jt Surg* 9(4):391–398
110. Park I, Kang J-S, Lee H-A, Jo Y-G, Shin S-J (2020) A Novel Reparability Assessment Scoring System for Full-Thickness Rotator Cuff Tears. *Orthop J Sports Med* 8(8):2325967120940979
111. Patte D (1990) Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop Relat Res*
112. Peh WC, Farmer TH, Totty WG (1995) Acromial arch shape: assessment with MR imaging. *Radiology* 195(2):501–505

113. Petersson CJ, Redlund-Johnell I (1984) The subacromial space in normal shoulder radiographs. *Acta Orthop Scand* 55(1):57–58
114. Plachel F, Siegert P, Rüttershoff K, Thiele K, Akgün D, Moroder P, Scheibel M, Gerhardt C (2020) Long-term Results of Arthroscopic Rotator Cuff Repair: A Follow-up Study Comparing Single-Row Versus Double-Row Fixation Techniques. *Am J Sports Med* 48(7):1568–1574
115. Rathbun JB, Macnab I (1970) The microvascular pattern of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br* 52(3):540–553
116. Reeves ND (2006) Adaptation of the tendon to mechanical usage. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 6(2):174–180
117. Riley GP, Harrall RL, Constant CR, Chard MD, Cawston TE, Hazleman BL (1994) Glycosaminoglycans of human rotator cuff tendons: changes with age and in chronic rotator cuff tendinitis. *Ann Rheum Dis* 53(6):367–376
118. Roh MS, Wang VM, April EW, Pollock RG, Bigliani LU, Flatow EL (2000) Anterior and posterior musculotendinous anatomy of the supraspinatus. *J Shoulder Elbow Surg* 9(5):436–440
119. Rothman RH, Parke WW (1965) The vascular anatomy of the rotator cuff. *Clin Orthop Relat Res* 41:176–186
120. Royer PJ, Kane EJ, Parks KE, Morrow JC, Moravec RR, Christie DS, Teyhen DS (2009) Fluoroscopic assessment of rotator cuff fatigue on glenohumeral arthrokinematics in shoulder impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg* 18(6):968–975
121. Sambandam SN, Khanna V, Gul A, Mounasamy V (2015) Rotator cuff tears: An evidence based approach. *World J Orthop* 6(11):902–918
122. Saridakis P, Jones G (2010) Outcomes of single-row and double-row arthroscopic rotator cuff repair: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am* 92(3):732–742
123. Saupe N, Pfirrmann CWA, Schmid MR, Jost B, Werner CML, Zanetti M (2006) Association between rotator cuff abnormalities and reduced acromiohumeral distance. *AJR Am J Roentgenol* 187(2):376–382
124. Scheibel M, Magosch P, Pritsch M, Lichtenberg S, Habermeyer P (2005) The belly-off sign: a new clinical diagnostic sign for subscapularis lesions. *Arthroscopy* 21(10):1229–1235
125. Schmidt CC, Morrey BF (2015) Management of full-thickness rotator cuff tears: appropriate use criteria. *J Shoulder Elbow Surg* 24(12):1860–1867
126. Shah NN, Bayliss NC, Malcolm A (2001) Shape of the acromion: congenital or acquired—a macroscopic, radiographic, and microscopic study of acromion. *J Shoulder Elbow Surg* 10(4):309–316
127. Sharma P, Maffulli N (2005) Basic biology of tendon injury and healing. *Surgeon* 3(5):309–316
128. Sher JS, Uribe JW, Posada A, Murphy BJ, Zlatkin MB (1995) Abnormal findings on magnetic resonance images of asymptomatic shoulders. *J Bone Joint Surg Am* 77(1):10–15
129. Silvestri E, Biggi E, Molfetta L, Avanzino C, La Paglia E, Garlaschi G (2003) Power Doppler analysis of tendon vascularization. *Int J Tissue React* 25(4):149–158
130. Snyder SJ, Pachelli AF, Del Pizzo W, Friedman MJ, Ferkel RD, Pattee G (1991) Partial thickness rotator cuff tears: results of arthroscopic treatment. *Arthroscopy* 7(1):1–7
131. Sobhy MH, Khater AH, Hassan MR, El Shazly O (2018) Do functional outcomes and cuff integrity correlate after single- versus double-row rotator cuff repair? A systematic review and meta-analysis study. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 28(4):593–605
132. Sugaya H, Maeda K, Matsuki K, Moriishi J (2005) Functional and structural outcome after arthroscopic full-thickness rotator cuff repair: single-row versus dual-row fixation. *Arthroscopy* 21(11):1307–1316

133. Takeda Y, Fujii K, Miyatake K, Kawasaki Y, Nakayama T, Sugiura K (2016) Diagnostic Value of the Supine Napoleon Test for Subscapularis Tendon Lesions. *Arthroscopy* 32(12):2459–2465
134. Tempelhof S, Rupp S, Seil R (1999) Age-related prevalence of rotator cuff tears in asymptomatic shoulders. *J Shoulder Elbow Surg* 8(4):296–299
135. Thamyongkit S, Wanitchanont T, Chulsomlee K, Tuntiyatorn P, Vasaruchapong S, Vijittrakarnrung C, Saengpetch N (2022) The University of California-Los Angeles (UCLA) shoulder scale: translation, reliability and validation of a Thai version of UCLA shoulder scale in rotator cuff tear patients. *BMC Musculoskelet Disord* 23:65
136. Tokish JM, Decker MJ, Ellis HB, Torry MR, Hawkins RJ (2003) The belly-press test for the physical examination of the subscapularis muscle: electromyographic validation and comparison to the lift-off test. *J Shoulder Elbow Surg* 12(5):427–430
137. Vailas AC, Tipton CM, Laughlin HL, Tcheng TK, Matthes RD (1978) Physical activity and hypophysectomy on the aerobic capacity of ligaments and tendons. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 44(4):542–546
138. Vecchini E, Ricci M, Elena N, Gasperotti L, Cochetti A, Magnan B (2022) Rotator cuff repair with single row technique provides satisfying clinical results despite consistent MRI retear rate. *J Orthop Traumatol* 23(1):23
139. Wall LB, Keener JD, Brophy RH (2009) Double-row vs single-row rotator cuff repair: a review of the biomechanical evidence. *J Shoulder Elbow Surg* 18(6):933–941
140. Wang JC, Shapiro MS (1997) Changes in acromial morphology with age. *J Shoulder Elbow Surg* 6(1):55–59
141. Weiner DS, Macnab I (1970) Superior migration of the humeral head. A radiological aid in the diagnosis of tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br* 52(3):524–527
142. Yamaguchi K, Ditsios K, Middleton WD, Hildebolt CF, Galatz LM, Teefey SA (2006) The demographic and morphological features of rotator cuff disease. A comparison of asymptomatic and symptomatic shoulders. *J Bone Joint Surg Am* 88(8):1699–1704
143. Yamamoto A, Takagishi K, Osawa T, Yanagawa T, Nakajima D, Shitara H, Kobayashi T (2010) Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population. *J Shoulder Elbow Surg* 19(1):116–120
144. Ying Z, Lin T, Yan S (2014) Arthroscopic single-row versus double-row technique for repairing rotator cuff tears: a systematic review and meta-analysis. *Orthop Surg* 6(4):300–312
145. Zuckerman JD, Kummer FJ, Cuomo F, Greller M (1997) Interobserver reliability of acromial morphology classification: an anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg* 6(3):286–287
146. The shoulder : rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa / E.A. Codman. Wellcome Collection