

## **Indice**

<b>Introduzione</b> .....	2
<b>Materiali e metodi</b> .....	3
<b>Parte 1:</b>	
1.1 Anatomia.....	5
1.1.1 Patologia dei disturbi nervosi .....	6
1.2 Biomeccanica.....	7
1.2.1 Lancio nel baseball .....	9
1.2.2 Schiacciata nella pallavolo .....	10
1.3 Epidemiologia.....	12
1.4 Eziologia .....	13
1.4.1 Neuropatia soprascapolare data da contrazione eccentrica dell'infraspinato a livello dell'incisura spinoglenoidea.....	14
1.4.2 Neuropatia soprascapolare a livello dell'incisura Soprascapolare.....	15
1.4.3 Attività dei muscoli nelle diverse posizioni della palla durante la schiacciata nella pallavolo .....	16
<b>Parte 2:</b>	
2.1 Valutazione clinica.....	18
2.2 Valutazione strumentale.....	22
<b>Discussione</b> .....	24
<b>Conclusioni</b> .....	27
<b>Bibliografia</b> .....	28

## **Introduzione**

Data la sempre più crescente attenzione verso l'eziologia e la specificità della diagnosi, oggigiorno la ricerca scientifica è sempre più attenta ai particolari e alle molteplici presentazioni cliniche delle diverse patologie, che possono presentarsi nell'ambito dei disordini muscoloscheletrici. L'ambito sportivo è forse quello in cui si pone più attenzione verso la prevenzione e la diagnosi, vista la necessità di rendere l'atleta il più longevo e performante possibile, e allo stesso tempo, quella di ridurre al minimo i costi e i giorni di assenza dovuti alla malattia. Da qui è nata l'esigenza di uno studio dei fattori di rischio, di una individuazione precoce dei sintomi e di una reattività nel saperli riconoscere e gestire al meglio.

Questa revisione della letteratura vuole concentrare la sua attenzione su una particolare patologia dell'arto superiore, la neuropatia del nervo soprascapolare, la quale rappresenta una piccola percentuale all'interno dei disturbi dell'apparato muscoloscheletrico.

Questa condizione clinica è sempre più riconosciuta come possibile causa di disturbi soprattutto in atleti "overhead" come pallavolisti e giocatori di baseball: gli intensi allenamenti e il loro volume che ormai scandiscono la vita degli atleti professionisti, ma anche amatori, pongono un notevole stress sulle strutture anatomiche che va gestito e controllato dalle varie figure specializzate che se ne occupano.

Per questo sarà necessario studiare i vari meccanismi patologici e/o sport specifici che possono portare al verificarsi di questa condizione, nonché la presentazione clinica dei sintomi se ci troviamo già in una fase più avanzata dove si deve fare diagnosi differenziale.

## **Materiali e metodi**

### **Scopo della ricerca**

Lo scopo di questa revisione della letteratura è quello di indagare sull'eziologia e sulle presentazioni cliniche della neuropatia del nervo soprascapolare negli sportivi e di individuare le migliori metodiche diagnostiche per questa patologia.

Si vogliono ricercare i fattori che possono permettere di effettuare una prevenzione primaria, ovvero il mantenimento dello stato di benessere dell'individuo evitando la comparsa di malattie, e gli elementi che ci possono aiutare nella prevenzione secondaria dove un riconoscimento precoce della condizione seguito da un intervento efficace può interromperne o rallentarne il decorso.

### **Criteri di eleggibilità degli studi**

La ricerca degli studi è stata effettuata sulla base di specifici criteri di inclusione ed esclusione.

Sono stati inclusi nello studio tutti gli articoli che:

- hanno come popolazione di riferimento atleti di sport overhead affetti da neuropatia del nervo soprascapolare
- indagano l'eziologia della suddetta patologia
- presentano all'interno una valutazione clinica, funzionale e/o strumentale
- sono stati pubblicati in lingua inglese.

I criteri di esclusione sono stati:

- popolazione di riferimento rappresentata da soggetti non atleti
- focus dell'articolo esclusivo sul trattamento della patologia
- pubblicazione in lingua differente da quella inglese

### **Strategie di ricerca della letteratura e selezione degli studi**

La ricerca è stata condotta nella finestra temporale che va da maggio 2020 ad agosto 2020, è stata condotta da 2 studenti indipendentemente cercando su database quali Medline e ScienceDirect. Le parole chiave cercate sono state "Suprascapular Neuropathy", "overhead athletes", "athletes" e "infraspinatus atrophy". Queste parole sono state combinate attraverso l'uso dell'operatore booleano AND nei database consultati.

La ricerca iniziale ha fornito un totale di 439 articoli (189 Pubmed e 250 Sciencedirect).

Dopo aver escluso i duplicati, gli articoli sono stati revisionati da due studenti valutando titolo, abstract e, dove necessario, anche il full-text. In caso di discrepanze si è discusso sull'argomento valutando il caso e giungendo ad un accordo.

Il processo di inclusione degli studi è riportato anche nel diagramma di flusso (figura 1) creato seguendo le indicazioni del “preferred reporting for systematic reviews and Meta-analyses” (PRISMA).

In conclusione sono stati selezionati 26 articoli che soddisfano i criteri di eleggibilità.

## Definizioni

Si definiscono come “sport overhead” tutte quelle attività dove l’atleta, attraverso dei movimenti con mano e avambraccio sopra la testa, deve compiere il gesto di colpire o lanciare una palla o un altro oggetto.

Tra questi si identificano sport come: pallavolo, baseball, tennis, pallanuoto, pallamano, lancio del peso o del giavellotto.

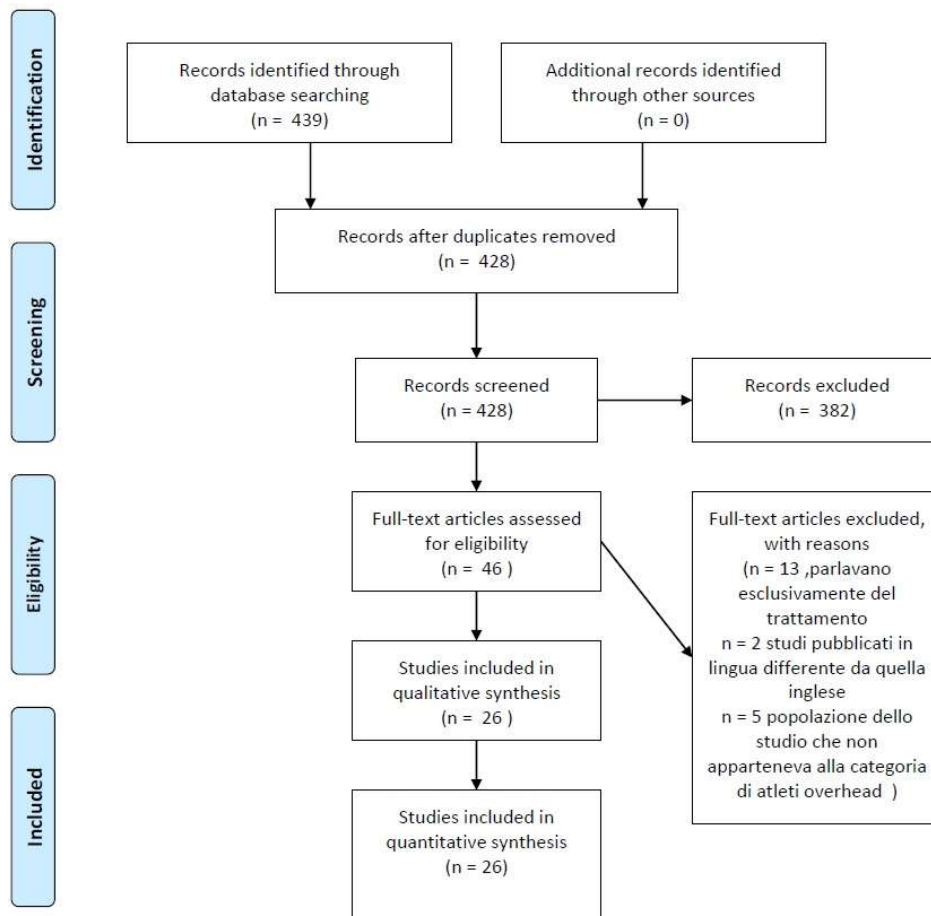


Figura 1. Diagramma di flusso per la selezione degli studi creato secondo le indicazioni PRISMA.

# Parte 1

## 1.1 Anatomia

L'articolazione glomerale o scapolomeroale è un'artrosi che permette movimenti lungo tutti gli assi dello spazio, questa articolazione si stabilisce tra la testa dell'omero e la cavità glenoidea della scapola. Altre articolazioni però collaborano e fanno parte del complesso articolare della spalla, e sono l'articolazione acromioclavicolare, l'articolazione sternoclavicolare e l'articolazione funzionale scapolotoracica. Quest'ultima assume una grande importanza in tutti i movimenti dell'arto superiore e nella stabilità dell'articolazione glomerale.

Il nervo soprascapolare origina dal tronco superiore del plesso brachiale e riceve fibre dalle radici dei nervi di C5 e C6. Si occupa dell'innervazione sensitiva della parte postero-superiore della spalla, delle articolazioni gleno-omeroale e acromio-clavicolare, dei legamenti coraco-omeroale e coraco-acromiale, della borsa sotto-acromiale, e dell'innervazione motoria dei muscoli soprascapolo ed infrascapolo.

Dopo aver passato il muscolo trapezio ed omoioideo, il nervo soprascapolare attraversa il forame soprascapolare formato dall'incisura e dal legamento trasverso superiore o soprascapolare, mentre l'arteria e la vena soprascapolare passano al di sopra del legamento.

Dopo aver attraversato il forame, il nervo prosegue infero-lateralmente e segue la spina della scapola fino a raggiungere l'incisura spinoglenoidea. Durante questo percorso invia fibre motorie al muscolo soprascapolo e riceve fibre sensitive dalle varie strutture sopra descritte. A questo punto per raggiungere la fossa sottospinata il nervo soprascapolare curva medialmente a livello dell'incisura spinoglenoidea, la quale può trasformarsi in forame spinoglenoideo quando è presente il legamento trasverso inferiore o spinoglenoideo. Questo legamento è infatti inconsistente e viene riportato essere presente in percentuali variabili da diversi autori, connette la base dell'acromion al margine posteriore della cavità glenoidea e la capsula posteriore dell'articolazione glomerale. Questa sua relazione con la capsula posteriore fa sì che il legamento venga messo in tensione durante i movimenti di adduzione ed intrarotazione del braccio (Bozzi et al. 2020). Nella fossa infrascapolo il nervo soprascapolare invia fibre motorie per

l'innervazione del muscolo infraspinato. (fig. 2)

E' interessante notare che il nervo soprascapolare una volta raggiunta l'incisura spinolenoidea ed essere entrato nella fossa infraspinata porta con sé solamente fibre motrici.

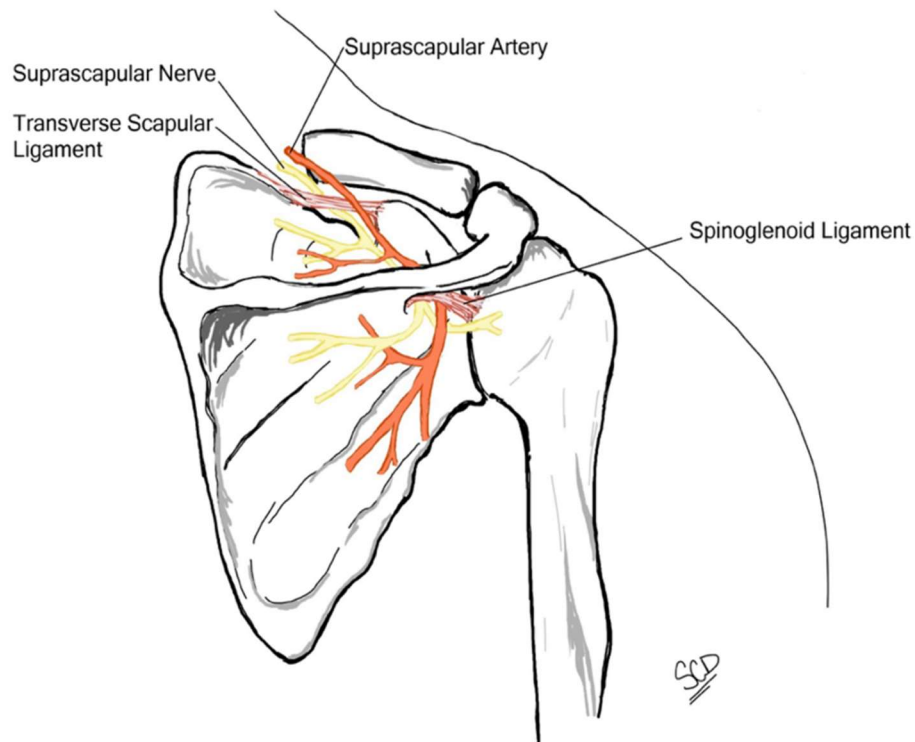


Figura 2. Ohanian et al. (2019)

### 1.1.1 Patologia dei disturbi nervosi

Le lesioni nervose possono verificarsi a seguito di diverse condizioni, che possono essere locali o sistemiche. A livello locale i fattori che possono provocare una lesione del nervo sono i traumi, la trazione ripetuta nel tempo, una lacerazione dovuta ad eccessivo allungamento, il freddo o gli agenti chimici. Mentre a livello sistemico fattori eziologici sono l'infiammazione autoimmune, il diabete mellito, le vasculiti o patologie indotte da farmaci che generalmente coinvolgono più di un nervo anche bilateralmente (Chhabra et al. 2014).

I fattori principali che indicano una sofferenza nervosa a livello elettroencefalografico sono la riduzione di ampiezza dei potenziali ed il rallentamento della velocità di conduzione.

La classificazione dei disturbi nervosi è basata sulla severità della lesione e la sua possibile reversibilità.

Le classificazioni più usate per descrivere i diversi gradi di lesione nervosa sono due: la classificazione di Seddon, più semplice e divisa in 3 gradi, e quella di Sunderland più dettagliata e divisa in 5 gradi.

Il grado minore della classificazione di Seddon è rappresentato dalla neuroaprassia, un'alterazione della mielina a livello dei nodi di Ranvier causata da ischemia, compressione meccanica o squilibrio elettrolitico che porta ad una perdita temporanea di conduzione.

Il secondo grado è rappresentato dall'assonotmesi, ovvero la lesione di un assone che però non interrompe la continuità del nervo e non compromette le altre strutture endoneurali. Nonostante la struttura di sostegno sia più o meno conservata si possono osservare processi come la degenerazione walleriana.

Il grado più severo è rappresentato dalla neurotmesi, ossia la sezione completa di un tronco nervoso e delle sue strutture di supporto che ne impedisce il recupero funzionale, senza potenziale di ricrescita delle fibre.

Nella classificazione di Sunderland i primi due gradi sono uguali a quella precedente ma il terzo, il quarto e il quinto descrivono lesioni a carico rispettivamente dell'endonevrio, perinevrio ed epinevrio. Quest classificazione aiuta il chirurgo a decidere come e dove intervenire in base alle strutture lesionate (Bencardino & Rosenberg 2006, 466; Loeb & Favale, 2003, 356; Chhabra et al. 2014).

## **1.2 Biomeccanica**

Negli ultimi due decenni sono stati fatti dei grandi passi avanti nello studio e nella comprensione della biomeccanica della spalla. Grazie alle nuove tecnologie e agli studi svolti sull'argomento sono aumentate le conoscenze riguardo la patofisiologia delle lesioni. Le nuove ricerche, che hanno messo in evidenza le diverse forze che entrano in gioco durante il movimento di lancio, hanno inoltre permesso lo sviluppo di protocolli per la prevenzione ed il trattamento delle lesioni più comuni.

I gesti atletici degli sport overhead pongono un grande stress sulle strutture statiche e dinamiche dell'articolazione glenomerale e scapolotoracica, per cui, mantenere un

equilibrio tra le forze che vengono sviluppate è essenziale al fine di evitare delle lesioni. Il funzionamento ottimale del cingolo scapolare è dato dalla sincronia delle singole parti anatomiche che interagiscono tra di loro e che producono il movimento noto come ritmo scapolo-omerale. Questa sincronia è data dall'attività coordinata dei muscoli della spalla (deltoide, soprascapolo, infrascapolo, sottoscapolo e piccolo rotondo) e dei muscoli scapolo-toracici (trapezio, romboidi, dentato anteriore, piccolo pettorale e elevatore della scapola).

Il corretto svolgimento di questo pattern motorio è essenziale per tutti quei movimenti che coinvolgono l'arto in azioni sopra il livello della spalla ("overhead"), come capita nel caso di tutti gli sport che richiedono gesti tecnici con la spalla a più di 90° di abduzione. L'attività di muscoli quali l'infrascapolo, il piccolo rotondo e il sottoscapolo è fondamentale, in quanto questi grazie alle loro linee di forza esercitano una trazione infero-mediale sulla testa omerale durante il movimento di abduzione che permette di mantenere un adeguato spazio sub-acromiale e di avere un miglior rapporto tra le superfici dell'articolazione gleno-omerale.

In questo spazio risiedono strutture come i tendini del muscolo soprascapolo e del capo lungo del bicipite, ma anche la borsa sotto-acromiale. Quest'azione coordinata è funzionale a contrastare la traslazione superiore della testa dell'omero esercitata dal deltoide, che altrimenti causerebbe un impingement sub-acromiale.

L'infrascapolo e il grande rotondo hanno anche il compito di ruotare esternamente l'omero così da evitare il conflitto tra il trochite omerale e l'acromion.

Un altro pattern motorio fondamentale al corretto svolgimento dei movimenti di abduzione della spalla è la corretta attivazione dei muscoli che agiscono sulla scapola: il trapezio superiore, medio e inferiore e il dentato anteriore. Questi hanno il compito di stabilizzare la scapola sul piano toracico e di produrre una rotazione verso l'alto, fondamentale per tre diverse funzioni: per prima cosa orienta la fossa glenoidea verso l'alto, fornendo una base stabile per la massima abduzione/elevazione dell'arto superiore. Successivamente, questo movimento della scapola permette di mantenere i muscoli scapolo-omerale in una posizione ottimale tra allungamento e contrazione in modo tale da poter sviluppare la forza necessaria ai vari movimenti. Infine aiuta a mantenere un adeguato spazio sub-acromiale durante l'abduzione del braccio (Contemori S. et al. 2019).



### 1.2.1 Lancio nel baseball

La tecnica del lancio nel baseball è un movimento particolarmente gravoso per le strutture dell'articolazione della spalla, infatti durante il lancio questa deve sopportare forze di taglio di circa 400N e forze compressive anche più grandi fino a 650N (Craig A Cummins et al 2009, 175), tutto questo in aggiunta ad una velocità di rotazione che può raggiungere i 7000 gradi/sec nella fase di accelerazione e circa 6180 gradi/sec nella fase di decelerazione. Vengono esercitate anche importanti forze in valgo a livello del gomito, punto cardine del trasferimento dell'energia tra l'articolazione gleno-omeroale e la mano che tiene la palla.

La sequenza del lancio è stata divisa in 6 fasi distinte (Cummins et al 2009, 175-177) (figura 2):

- 1 La prima (wind-up) inizia unendo le mani per poi sollevarle leggermente portandole a livello del torace, nel frattempo la gamba rivolta verso casa base viene flessa a livello dell'anca e del ginocchio;
- 2 La seconda (early cocking) inizia quando la palla lascia il guanto della mano non dominante e finisce quando la gamba che precedentemente era stata sollevata tocca il terreno;
- 3 Nella terza fase (late cocking) il lanciatore porta la spalla nella posizione di massima rotazione esterna, che può essere anche di 170/180°, e si apre a livello del torace ruotando in direzione del battitore. In questa fase anche il gomito si porta ad una flessione di 90/120° e l'avanbraccio viene pronato fino a 90°;
- 4 La quarta fase (acceleration phase) è la fase dell'accelerazione in cui l'energia cinetica generata dalle prime fasi e l'azione dei muscoli intrarotatori viene combinata nel movimento di lancio per imprimere maggior velocità alla palla;
- 5 La quinta fase (deceleration phase) inizia nel momento in cui la palla non è più in contatto con la mano ed è qui che inizia la dissipazione dell'energia prodotta nelle prime quattro fasi e si ha una contrazione eccentrica di tutta la muscolatura posteriore;
- 6 La sesta e ultima fase (follow-through) comporta un movimento verso l'avanti di tutto il corpo che accompagna quello dell'arto superiore nella sua discesa. L'intero svolgimento del lancio avviene in meno di 2 secondi.

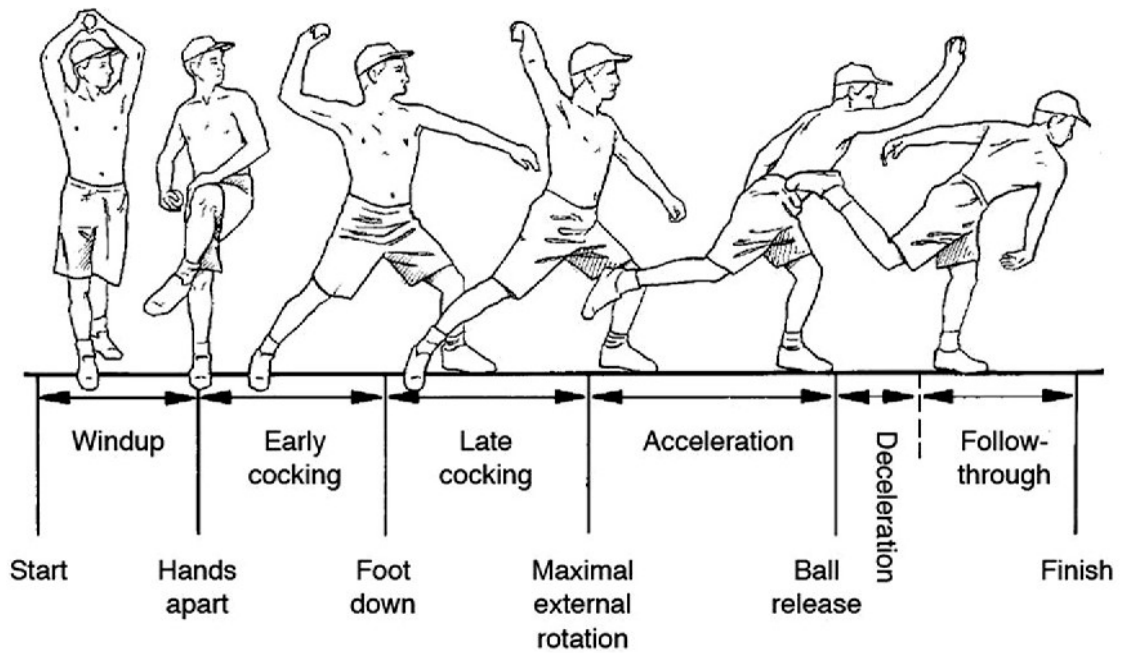


Figura 2. Sequenza di lancio nel baseball (Moyer 2016, 751).

### 1.2.2 Schiacciata nella pallavolo

Come nel baseball, anche nella pallavolo le forze che entrano in gioco in questi gesti atletici sono importanti e possono portare a traumi acuti o lesioni da sovrautilizzo dovute alla ripetizione del gesto nei contesti di allenamento e partita. Anche qui si possono raggiungere velocità angolari che vanno fino ai 4000-7000°/s.

Il gesto dell'arto superiore che ha il compito di colpire la palla con quanta più forza possibile può avvenire durante il servizio o la schiacciata ma in quest'ultima bisogna tenere conto anche della meccanica del salto che aggiunge rischi a carico dell'arto inferiore, che non sono oggetto del presente studio.

La National Collegiate Athletic Association (NCAA), tramite il suo sistema di sorveglianza delle lesioni (Injury Surveillance System), ha rilevato dopo sedici anni di studio che gli infortuni alla spalla sono tra le prime cause di perdita di tempo di allenamento e competizione tra le pallavoliste, con una incidenza che varia tra l'8% e il 25% tra tutte le lesioni correlate allo sport della pallavolo.

Il movimento della schiacciata è diviso in 5 fasi figura 3):

- 1 Il wind-up, fase preparatoria che inizia con l'abduzione e l'estensione della spalla e finisce quando inizia l'extrarotazione di quest'ultima;

- 2 la fase di caricamento (cocking phase) che comprende tutto il movimento di extrarotazione del braccio fino al suo limite;
- 3 la fase di accelerazione (acceleration phase) che inizia con l'intrarotazione e finisce quando la mano colpisce la palla;
- 4 la fase di decelerazione (deceleration phase) dove le contrazioni eccentriche dei muscoli posteriori cercano di dissipare l'energia precedentemente creata dai muscoli anteriori, questa fase finisce quando il braccio si trova perpendicolare al tronco;
- 5 la fase di follow-through dove si ha un piccolo movimento del tronco che accompagna l'arto nella sua discesa fino a ritornare in posizione parallelo al tronco.



Figura 3. Le 5 fasi della schiacciata della pallavolo: (1) wind-up, (2) caricamento, (3) accelerazione, (4) decelerazione, (5) follow-through.

### 1.3 Epidemiologia

In Italia, uno studio del 2017 del CONI<sup>1</sup> ha rilevato che le Federazioni Sportive nazionali contano complessivamente 4.443.458 atleti, tra cui 331.843 praticanti la pallavolo, 372.964 il tennis, 80.526 il badminton, 33.021 la pallamano e 16.717 il baseball, solo per citare alcuni sport che comprendono attività overhead. Questi dati ovviamente si riferiscono a quelli che sono riconosciuti come atleti e non prendono in considerazione tutti gli amatori e le persone che giocano a livello non agonistico.

Questi dati ci fanno capire come delle patologie e condizioni cliniche derivanti da questo tipo di attività possano essere rilevanti non solo all'interno dell'ambiente sportivo ma anche a livello della popolazione generale, visto che i numeri riportano una percentuale significativa di praticanti sport overhead anche in confronto a tutta la popolazione.

L'incidenza dell'atrofia dell'infraspinato negli atleti di pallavolo professionisti sembra essere compresa tra il 12,5% e il 34%, facendo riferimento ai dati trovati da Ferretti et al., (1987), Holzgraefe et al. (1994), Witvrouw et al. (2000), Lajtai et al. (2012), anche se uno studio di Mazza et al (2020) ne ha rivelato una lieve diminuzione.

Young et al. (2015) riportano un'incidenza del 52% in un gruppo di atlete professioniste di tennis, mentre Cummins et al. (2004) trovano che il 4,4% dei lanciatori appartenenti alla Major League del baseball sono affetti da atrofia dell'infraspinato, contro lo 0,2% che svolge gli altri ruoli. Questi ultimi hanno anche registrato dei dati significativi che mettono in evidenza come i lanciatori affetti abbiano partecipato a più inning e abbiano giocato più anni in una lega professionistica rispetto ai giocatori sani.

In questa tipologia di sport gli infortuni dell'arto superiore sono stati attribuiti alla particolare condizione dell'articolazione della spalla, la quale per adattarsi alle richieste funzionali di una grande mobilità ha sacrificato gran parte della sua stabilità (Ringel et al. 1990, 80). Questa caratteristica, insieme alla peculiare anatomia del distretto, aumenta significativamente le probabilità di sviluppare un qualsiasi tipo di disturbo, sia esso prevalentemente di interesse ortopedico o neurologico.

Questa condizione non è frequentemente riconosciuta dagli atleti per cui nella popolazione sportiva molti casi potrebbero non essere rilevati proprio a causa dell'anonima manifestazione di questa patologia.

---

<sup>1</sup> CONI Servizi S.p.A., Centro Studi e Osservatori Statistici per lo Sport. [www.coni.it/it/coni/i-numeri-dello-sport.html](http://www.coni.it/it/coni/i-numeri-dello-sport.html)

## 1.4 Eziologia

Il nervo soprascapolare lungo il suo decorso deve attraversare due forami, costituiti da un'incisura e da un legamento. Questi passaggi risultano essere di piccole dimensioni già in condizioni normali e perciò predispongono il nervo a neuropatia da intrappolamento. Variazioni dinamiche di questi forami possono avvenire durante la ripetizione di gesti atletici e possono produrre un'ulteriore compressione del nervo anche a seguito di un'esigua variazione anatomica (Bencardino & Rosenberg 2006, 465).

La compressione del nervo a livello dell'incisura soprascapolare è accentuata da movimenti di depressione, retrazione e abduzione della spalla tipici di sport come pallavolo, tennis o baseball (Bozzi et al. 2020). Proprio durante questi movimenti il nervo, che nell'attraversare il forame soprascapolare si trova vicino al legamento trasverso superiore, può venire in contatto con il margine inferiore di questo legamento producendo quello che viene chiamato lo "sling effect" (effetto fionda). Il nervo dunque subisce un allungamento e viene spinto contro il legamento.

A livello dell'incisura spinoglenoidea può accadere la stessa cosa ma con movimenti diversi, in questo caso sono l'adduzione e l'intrarotazione dell'articolazione gleno-omerale che mettono in tensione il legamento spinoglenoideo e lo tirano lateralmente diminuendo il diametro del forame (Yao & Yew 2016, 40).

Le attività overhead che impiegano una ampia attività scapolare, elevate velocità angolari e un grande sviluppo di forza come nel caso di questa tipologia di sport possono indurre un rapido stretching o una compressione del nervo soprascapolare e delle sue fibre, ma anche dei vasi che lo accompagnano come l'arteria soprascapolare.

Questo rapido allungamento indotto dal gesto atletico potrebbe danneggiare l'assone (assonotmesi) anche se non si è in presenza di un completo intrappolamento del nervo.

Anche l'arteria può essere soggetta a lesione durante questi movimenti, infatti si potrebbero formare dei microtrombi in associazione al danneggiamento della tonaca intima dell'arteria ascellare e soprascapolare, che potrebbero produrre un'ischemia se i microemboli della lesione precedente finissero nei vasa nervorum (Ringel et al. 1990, 80).

Le neuropatie da intrappolamento possono essere prodotte anche da altre patologie al di fuori delle varianti anatomiche o da particolari movimenti, infatti tra le possibili cause possiamo trovare: tumori, cisti gangliari o processi infiammatori; o ancora cause traumatiche come fratture e post-traumatiche quali ematomi, miosite ossificante, cicatrici

e calcificazione del legamento trasverso superiore e inferiore.

Altre cause di compressione possono essere associate con alterazioni ormonali, malattie sistemiche, diabete mellito e ipotiroidismo (Bencardino & Rosenberg 2006, 465-466).

#### **1.4.1 Neuropatia soprascapolare data da contrazione eccentrica dell'infraspinato a livello dell'incisura spinoglenoidea**

Uno dei primi studi che indagò sulla correlazione tra neuropatia soprascapolare e attività sportiva fu quello di Ferretti et al. (1987). Gli autori hanno condotto uno studio su 96 giocatori di pallavolo di alto livello ed hanno rilevato un'atrofia del muscolo infraspinato nel 12,5% della popolazione di studio. È stato ipotizzato che il sito di intrappolamento del nervo fosse distale all'incisura spinoglenoidea, proprio dove il nervo soprascapolare entra nella fossa sottospinosa e curva verso il basso per poi andare ad innervare l'omonimo muscolo. Sono arrivati a questa conclusione poiché dall'analisi clinica non si è rilevato un interessamento del muscolo sopraspinato.

Gli autori hanno proposto come probabile gesto lesivo la battuta float, gesto specifico della pallavolo, dove al contatto della mano con la palla durante la fase di accelerazione segue una repentina fase di arresto ottenuta grazie ad una massima contrazione della muscolatura posteriore.

Alla base di questa supposizione si trova una logica spiegazione biomeccanica che ormai è stata validata, infatti durante l'extrarotazione e l'abduzione del braccio il nervo e le sue branche terminali che innervano l'infraspinato vengono messe in tensione medialmente dalla contrazione muscolare, facendo entrare in contatto le fibre nervose con il margine laterale della spina della scapola (Mazza et al 2020; Ferretti et al. 1987, 262).

Lo stress maggiore posto sul tronco nervoso è però presente nell'ultima fase del movimento, laddove la scapola allontanandosi dalla linea mediana nella sua massima posizione di abduzione e rotazione permette al braccio la sua massima proiezione verso l'esterno. La massima contrazione eccentrica dell'infraspinato e del sopraspinato nella fase di decelerazione incrementa la distanza tra il punto di origine e di fine delle fibre nervose provocandone un allungamento (Ferretti et al. 1987, 262).

Nel 2020 Mazza et al. hanno condotto uno studio che conferma le supposizioni fatte da Ferretti et al. (1987) riguardo alla battuta float nella pallavolo. Gli autori di questo articolo hanno studiato la correlazione tra incidenza di neuropatia soprascapolare e utilizzo della

battuta float tra gli atleti. Sono stati identificati tre tipi differenti di battuta: battuta float, battuta float con salto e battuta in salto topspin. Storicamente la battuta float è stata associata alla più alta incidenza di neuropatia soprascapolare nei pallavolisti confrontata con altri sport.

Gli autori hanno eseguito una valutazione clinica su 82 pallavolisti di serie A1 (49 donne e 33 uomini) e la battuta float è risultata essere eseguita dal 4% delle donne e dall'1% degli uomini, mentre la battuta float con salto dal 47% delle donne e dal 22% degli uomini.

All'esame fisico sono stati trovati sei casi di atrofia dell'infraspinato nelle donne (12%) e tre casi negli uomini (9%).

L'obiettivo principale del loro studio era quello di dimostrare che il calo dell'utilizzo della battuta float ha fatto diminuire l'incidenza di neuropatia soprascapolare negli ultimi due decenni. I dati che sono emersi confermano queste ipotesi, infatti, gli studi di Ferretti et al. (1987), Holzgraefe et al. (1994), Witvrouw et al. (2000), Lajtai et al. (2009) attestavano un'incidenza che variava dal 13% al 33% contro il 9% e 12% riportati in questo articolo.

#### **1.4.2 Neuropatia soprascapolare a livello dell'incisura soprascapolare**

In un articolo del 1994 Holzgraefe et al. hanno studiato l'incidenza della neuropatia soprascapolare latente e manifesta su una popolazione composta da pallavolisti professionisti.

Sono stati effettuati esami clinici ed elettromiografici nel tentativo di ottenere una visione più chiara sul possibile sito di intrappolamento del nervo soprascapolare. In totale sono stati esaminati 66 atleti, 30 sono stati sottoposti sia a esame clinico che elettromiografico mentre i restanti 36 solo ad esame clinico.

In totale sono stati trovati 22 giocatori affetti da neuropatia del nervo soprascapolare, 14 dei quali avevano un'atrofia severa dell'infraspinato e una marcata debolezza nel movimento di extrarotazione.

Dei giocatori che sono stati sottoposti ad elettromiografia 4 hanno mostrato segni di una completa denervazione del muscolo infraspinato e dei potenziali prolungati e polifasici del sopraspinato, in altri 8 giocatori è stata rilevata una parziale denervazione di entrambi i muscoli nonostante una valutazione clinica apparentemente asintomatica.

A seguito dei risultati ottenuti, Holzgraefe et al. (1994) suggeriscono che l'incisura

soprascapolare sia il sito più probabile di intrappolamento per il nervo soprascapolare, visto che sia il sopraspinato che l'infraspinato erano ugualmente affetti da fenomeni di denervazione. Viene anche ipotizzato che un fattore di rischio determinante possano essere le numerose ore di allenamento che negli atleti professionisti possono essere superiori alle venti ore settimanali.

### **1.4.3 Attività dei muscoli nelle diverse posizioni della palla durante la schiacciata nella pallavolo**

Miura et al. (2020), hanno studiato i diversi pattern di attivazione dei muscoli del cingolo scapolare in relazione alla posizione della palla nel momento dell'impatto durante una schiacciata. L'attività muscolare è stata registrata utilizzando l'elettromiografia di superficie in 10 differenti muscoli del cingolo scapolare.

Gli autori hanno studiato i pattern di reclutamento dei muscoli gleno-omerali e scapolari in 11 giocatori di pallavolo in quattro differenti posizioni della palla: standard, posteriore, mediale e laterale. Hanno ipotizzato che questi schemi di reclutamento potessero predisporre gli atleti ad infortunio ed incrementare il rischio per alcune specifiche lesioni come patologie della cuffia dei rotatori e patologie del labbro glenoideo (SLAP) dovute ad impingement interno e eccessiva extrarotazione della spalla.

Dai risultati ottenuti dall'elettromiografia gli autori hanno visto che:

- uno spostamento posteriore della palla durante la schiacciata, rispetto alla posizione standard, è associata ad una maggiore attività del deltoide anteriore ed a una diminuzione di quella del gran pettorale durante la fase di accelerazione. Questo potrebbe essere spiegato dalla necessità di mantenere la spalla in una posizione di massima elevazione ed extrarotazione il che pone il gran pettorale in una posizione di allungamento e richiede che il deltoide sia in continua contrazione. Hanno registrato anche un decremento dell'attivazione dell'infraspinato durante la fase di decelerazione, che potrebbe essere data dal fatto che a causa della posizione spostata posteriormente, l'atleta non riesce a colpire la palla con tanta forza come quanta ne impiegherebbe nella posizione standard.
- Uno spostamento mediale ha messo in rilevanza soltanto una diminuzione dell'attivazione del grande rotondo rispetto alla posizione standard, anche questo



probabilmente dovuto alla posizione in allungamento del muscolo.

- Nella posizione laterale si è riscontrato un significativo incremento dell'attività del deltoide posteriore e medio, sempre rispetto alla posizione standard, sia nella fase di accelerazione che in quella di decelerazione. Una diminuzione dell'attività si è vista invece nel dentato anteriore e nel deltoide anteriore durante la fase di wind-up e nell'infraspinato durante il follow-through.

Dai risultati ottenuti, gli autori hanno concluso che uno spostamento laterale o posteriore nella posizione di impatto della palla durante una schiacciata aumenta l'attività del deltoide, portando ad un decremento della forza centripeta della testa omerale nelle fasi di accelerazione e decelerazione (Miura et al. 2020, 307-308).

## Parte 2

### 2.1 Valutazione funzionale

All'esame clinico i pazienti affetti da neuropatia soprascapolare riportano variabili gradi di ipotrofia/atrofia del muscolo infraspinato con conseguente perdita di forza rispetto al lato controlaterale sano (figura 4). Può essere interessato dall'atrofia anche il muscolo sopraspinato ma visivamente è più difficile da identificare perché è coperto dal muscolo trapezio (Corò et al. 2005).

Dagli articoli di Mazza et al. (2020), Witvrouw et al. (2000), Holzgraefe et al. (1994) risulta che gli atleti non percepiscono nessuna perdita di funzione o una ridotta efficienza durante il gioco e, nei casi di intrappolamento a livello dell'incisura spinoglenoidea, non viene avvertito neanche il dolore visto che il nervo dopo quel punto non presenta fibre sensitive.

Questa è una delle cause per cui molte volte la neuropatia soprascapolare passa inosservata e viene diagnosticata in ritardo, mostrando poi una completa ed irreversibile denervazione del muscolo infraspinato. Nei casi di intrappolamento a livello dell'incisura soprascapolare può essere presente un dolore diffuso soprattutto nella parte superiore, posteriore e laterale della spalla.



Figura 4. Vista posteriore delle spalle di una tennista che mostra una severa atrofia del muscolo infraspinato di destra (Plancher 2015, 289)

Witvrouw et al. (2000) hanno studiato un gruppo di pallavolisti della squadra nazionale belga esaminandoli clinicamente ed elettromiograficamente. Tramite l'EMG hanno rilevato che quattro giocatori presentavano una completa denervazione dell'infraspinato e in seguito a questi risultati gli autori hanno voluto studiare le differenze che c'erano tra il gruppo degli affetti e in non affetti riguardo il ROM (range of motion) e la forza.

I giocatori affetti hanno mostrato un ROM significativamente maggiore rispetto ai non affetti nell'extrarotazione dell'arto dominante a 90° di abduzione di spalla, nell'extrarotazione dell'arto *non* dominante a 0°, 30° e 90° di abduzione di spalla e nella flessione di entrambi gli arti.

Per quanto concerne la mobilità del cingolo scapolare i giocatori affetti hanno mostrato una significativa maggior protrazione sia dell'arto dominante che di quello non dominante, mentre per la retrazione non ci sono state particolari variazioni.

Successivamente è stata valutata la forza isocinetica dei rotatori interni ed esterni sia dell'arto dominante che non.

Risultati significativi sono stati ottenuti tra gli affetti e i non affetti riguardo la rotazione interna, dimostrando valori maggiori per i giocatori affetti per entrambi i lati in entrambe le velocità 60°/s e 180°/s.

Nella rotazione esterna risultati significativi sono stati ottenuti nell'arto *non* dominante mostrando valori maggiori, a 60°/s, nei giocatori affetti. Un confronto invece tra l'arto dominante e *non* dominante dei giocatori affetti ha mostrato una significativa perdita di forza dell'arto leso (Witvrouw et al. 2000, 177-178).

I pattern errati di reclutamento muscolare e le differenze di forza che potrebbero crearsi fra i diversi muscoli dell'articolazione gleno-omeroale e scapolo-toracica possono portare ad una disfunzione del complesso della spalla che potrebbe risultare in patologie come impingement sub-acromiale o patologie di cuffia (Challoumas et al. 2017, 14).

Al fine di comprendere questi pattern di attivazione, la latenza di risposta muscolare ad uno stimolo e le relazioni che i muscoli del cingolo scapolare hanno tra di loro, Contemori & Biscarini (2019) hanno condotto uno studio su 24 atleti professionisti di pallavolo, 12 con diagnosi di atrofia dell'infraspinato e 12 soggetti sani.

Dallo studio è emerso che ci sono alcune differenze fra i pattern di attivazione muscolare nella spalla di un soggetto affetto da atrofia dell'infraspinato data da neuropatia soprascapolare e un soggetto sano. Gli autori hanno rilevato infatti un incremento

dell'attività elettromiografica del deltoide nel movimento di abduzione, rispetto all'arto controlaterale sano ed al gruppo di controllo.

L'aumentata attività del deltoide potrebbe essere data dal sistema nervoso centrale che, per sopperire alla mancata funzione dell'infraspinato, utilizza più unità motorie del deltoide per completare il movimento. Quest'attività maggiore del deltoide induce una traslazione superiore della testa omerale che, in questi soggetti, non è controbilanciata dall'azione deprimente del muscolo infraspinato nei confronti della testa omerale durante il movimento di abduzione. Gli autori affermano che la presenza di questa patologia potrebbe incrementare il rischio di impingement sub-acromiale.

Proseguendo lo studio Contemori & Biscarini (2019) hanno verificato che le alterazioni non si fermavano soltanto ai muscoli scapolo-omerale ma interessavano anche i muscoli scapolo-toracici come tutti i fasci del trapezio, superiore medio e inferiore, e il dentato anteriore. Delle differenze significative sono state riscontrate nelle spalle patologiche dei giocatori affetti in confronto a quelle sane soprattutto per quanto riguarda il trapezio superiore che ha mostrato un incremento della sua attività ed il dentato, che invece l'ha diminuita.

È stata registrata anche una minore latenza di attivazione nel trapezio superiore delle spalle patologiche rispetto alle controlaterali e al gruppo di controllo, ma anche rispetto ai fasci medi ed inferiori dello stesso muscolo. Secondo gli autori, il sistema nervoso centrale mette in atto questo come meccanismo di compensazione per produrre il movimento di abduzione e indurre una rotazione verso l'alto della scapola.

Per quanto riguarda il dentato anteriore è stato rilevato che la sua attivazione risultava posticipata rispetto al gruppo di controllo (Contemori & Biscarini 2019).

Gli stessi autori nell'anno precedente (2018) hanno condotto un altro studio che valutava la propriocezione della spalla nei giocatori affetti da neuropatia soprascapolare. Sempre su una popolazione di 24 pallavolisti professionisti con 12 affetti da neuropatia soprascapolare e 12 sani, gli autori hanno valutato il sistema sensoriale di questi atleti tramite un test di riposizionamento da bendati. L'esatta posizione dell'arto è stata ottenuta tramite un sistema optoelettronico con 6 camere e 16 marker posizionati direttamente sulla cute. Sono stati testati tre movimenti: abduzione, flessione e un movimento combinato di abduzione e rotazione esterna con gomito a 90°.

Confrontando i dati degli atleti affetti da atrofia dell'infraspinato dovuta a neuropatia

soprascapolare con quelli dei soggetti sani, è emerso che i primi dimostrano una ridotta capacità propriocettiva dell'arto dominante rispetto al controlaterale e al gruppo di controllo. Questo dato, secondo gli autori, suggerisce che l'alterazione del sistema di controllo del movimento potrebbe essere dato da una ridotta afferenza di informazioni sensitive (Contemori & Biscarini 2018).

Se si presenta un'interruzione della continuità nervosa si perdono le informazioni sensitive provenienti dai meccanoceetori muscolotendinei, (fusi neuromuscolari e organi tendinei di golgi) e dai meccanoceetori capsulolegamentosi. Così come si ha anche la perdita di quei comandi che dal sistema nervoso centrale erano diretti al muscolo infraspinato.

Lajtai et al (2012) hanno valutato un gruppo di giocatori di beach volley e hanno registrato una significativa diminuzione della forza degli extrarotatori nei giocatori affetti da atrofia dell'infraspinato rispetto ai giocatori sani. L'EMG ha mostrato una significativa differenza nell'attivazione dell'infraspinato durante la rotazione esterna, risultando minore nei soggetti con atrofia. Per quanto riguarda il trapezio medio, invece, si sono trovati valori maggiori nei soggetti con moderata e severa atrofia rispetto ai soggetti sani nell'arto dominante.

Gli studi sulla velocità di conduzione del nervo hanno evidenziato una significativa differenza tra l'arto dominante ed il controlaterale, riportando una minore ampiezza ed una latenza maggiore, sia in tutta la popolazione di studio (soggetti con e senza atrofia) che nel solo gruppo con atrofia, ma non nel gruppo di soli soggetti sani. Negli studi della velocità di conduzione del nervo un aumento della latenza suggerisce una demielinizzazione mentre una riduzione dell'ampiezza una lesione dell'assone.

Gli autori inoltre non hanno rilevato un'associazione tra il numero di ore di allenamento, l'età, il BMI e l'insorgenza di questa patologia.

In uno studio del 2019, Miura et al. esaminando una popolazione di 22 pallavolisti appartenenti ad una squadra universitaria hanno notato la presenza di un GIRD patologico (glenohumeral internal rotation deficit) nel 18,2% e una significativa perdita di forza nel rapporto tra extra ed intrarotatori tra la spalla dominante e la controlaterale in tutti gli atleti. Il deficit di forza muscolare e il GIRD sono correlati ad un maggiore rischio di lesione e a una possibile alterazione del movimento della testa dell'omero durante i movimenti overhead (Wilk et al. 2015, citato da Miura et al. 2019). Inoltre, è stato notato

che lesioni dei nervi periferici, inclusa la neuropatia soprascapolare, sono presenti nel 28% delle lesioni massive della cuffia dei rotatori (Bencardino & Rosenberg 2006, 465-466).

## **2.2 Valutazione strumentale**

La maggior parte degli studi riguardanti l'argomento affermano che il gold standard per quanto riguarda la valutazione strumentale della patologia rimangono l'elettromiografia e gli studi della conduzione del nervo. Queste metodiche permettono di valutare la perdita assonale causata da una lesione attraverso l'attività elettrica del nervo. Infatti, se è presente una neuropatia si potrà osservare una spontanea attività del nervo, fibrillazioni, un minor reclutamento delle unità motorie e un ritardo nella conduzione dell'impulso. Questi cambiamenti tendono a presentarsi a circa 2/3 settimane dalla lesione.

La presenza di ampi potenziali polifasici suggerisce invece un inizio del processo di reinnervazione senza altri fenomeni di denervazione (Cummins et al 2009, 180-181).

Gli esami elettrodiagnostici sono importanti anche per la localizzazione della lesione e per escludere altre patologie come la radicolopatia cervicale e la plessopatia brachiale.

Per quanto riguarda le neuropatie da intrappolamento un'altra metodica estremamente utile è la risonanza magnetica nucleare (RMN) che, nel contesto di una lesione del nervo soprascapolare, può differenziare una lesione prossimale da una più distale e può confermare o meno la presenza di una neuropatia da compressione/intrappolamento mostrando cisti gangliari o altri corpi che meccanicamente possono ostruire il passaggio del nervo. La RMN può dunque mostrarci segni diretti dell'interessamento nervoso come la sua posizione e decorso, e indiretti come i segni dovuti alla denervazione del muscolo. I tre fattori che si devono sempre ricercare in una RMN sono edema, atrofia e infiltrazioni adipose dei muscoli.

L'edema si può presentare qualche giorno dopo un trauma o all'insorgenza delle modificazioni dell'EMG, e può aumentare fino a 2-4 settimane per poi ridursi gradualmente. L'atrofia del muscolo progredisce velocemente dopo una lesione del nervo mentre l'infiltrazione adiposa insorge più tardivamente (Bozzi et al. 2020).

Il fattore più importante è la possibilità di fare diagnosi differenziale poiché può escludere la presenza di altre lesioni come una patologia della cuffia dei rotatori, che clinicamente

potrebbe presentarsi simile alla neuropatia del soprascapolare e rivelare lesioni intra-articolari o anomalie ossee come osteofiti e frammenti di fratture (Cummins et al. 2009, 180-181; Bencardino & Rosenberg 2006, 465-466).

Igielska-Bela et al. (2020) hanno condotto uno studio per verificare se gli ultrasuoni potessero rilevare segni di neuropatia soprascapolare in atleti professionisti di pallavolo, pallamano e rugby. Essendo uno strumento relativamente facile da utilizzare, privo di rischi ed economico, gli ultrasuoni potevano rivelarsi utile nello screening e nella diagnosi. Dopo aver esaminato un totale di 67 atleti che praticavano il loro sport da più di 10 anni gli autori non hanno trovato alcun caso di neuropatia soprascapolare, per cui a seguito dell'investigazione di un campione abbastanza significativo di atleti, gli autori sconsigliano l'utilizzo degli ultrasuoni come strumento di screening per la neuropatia soprascapolare.

Altre metodiche come la convenzionale radiografia e la tomografia computerizzata (TC) possono individuare esostosi, osteofiti, fratture e varianti anatomiche riguardanti le ossa ma generalmente non vengono utilizzate per indagare questa patologia.

## **Discussione**

Dagli studi che sono stati analizzati emerge che la neuropatia soprascapolare non compromette la performance dell'atleta e nella maggioranza dei casi è assente anche il dolore, anche se le modificazioni che ne possono derivare sono associate ad un maggiore rischio di infortunio e di sviluppo di patologie della spalla.

Alcuni autori come Miura et al (2020) e Contemori & Biscarini (2019) hanno studiato rispettivamente i pattern di attivazione dei muscoli scapolomerari durante la schiacciata e in caso di atrofia dell'infraspinato (AI). Da questi studi emerge che l'attivazione muscolare durante i movimenti di abduzione in presenza di AI sia molto simile a quella durante la schiacciata con la palla in posizione laterale e posteriore. In entrambi si ha un aumento dell'attività del deltoide, del trapezio superiore e una minor attivazione del dentato anteriore.

Negli studi di Contemori & Biscarini (2018) viene inoltre evidenziato che, in caso di neuropatia soprascapolare, si ha un'alterazione della propriocezione della spalla, necessaria a controllare e regolare i movimenti dell'arto superiore. Questa alterazione potrebbe anche essere una causa del diverso reclutamento muscolare rilevato nei soggetti affetti da neuropatia soprascapolare: dal disturbo della capacità propriocettiva, infatti, può derivare un'alterazione del sistema di controllo neuromuscolare della spalla, essenziale per la stabilità funzionale dell'articolazione (Biscarini et al. 2014, citato da Contemori & Biscarini, 2018).

Tutti gli autori presi in considerazione concordano sul fatto che da questa patologia derivi una perdita di forza in extrarotazione. Questo deficit di forza unito all'alterazione della biomeccanica della spalla risulta essere potenzialmente dannoso per l'articolazione.

Tuttavia, si rileva una discordanza riguardo la correlazione tra ore di allenamento ed incidenza della patologia. Secondo Lajtai et al (2012) non ci sarebbe una correlazione tra ore di allenamento e insorgenza di neuropatia soprascapolare, mentre Cummins et al. (2004) hanno evidenziato come i giocatori affetti abbiano giocato più partite rispetto ai giocatori sani.

Questi dati non possono essere direttamente comparati tra di loro poiché dobbiamo considerare che questi due autori si riferiscono a due sport differenti, il primo al beach volley mentre il secondo al baseball. Inoltre, bisogna tenere in considerazione che la popolazione di studio di Lajtai et al (2012) contava solamente 35 giocatori, per cui le



percentuali riportate potrebbero non risultare totalmente affidabili.

Riguardo la pallavolo Miura et al. (2019) hanno evidenziato un'incidenza di neuropatia soprascapolare pari al 13% della loro popolazione di studio. La minore percentuale riportata in confronto a quella descritta in altri studi come ad esempio quelli di Lajtai et al (2012), Holzgraefe et al. (1994) e Witvrouw et al. (2000), potrebbe essere data dal minor livello di competizione e dal minor volume di allenamento a cui i soggetti sono sottoposti (10 ore di allenamento a settimana contro le 20 di un atleta professionista).

Tuttavia, anche Mazza et al. (2020) riportano una riduzione dell'incidenza rispetto agli autori sopracitati, rispettivamente del 9% tra gli uomini e 12% nelle donne.

Pieber et al. (2014) invece non hanno trovato nessun caso di neuropatia in 18 giocatori di beach volley. La dimensione del campione non rende il dato particolarmente significativo ma gli autori ipotizzano che la giovane età del campione (media di 18,7 anni) di studio abbia influito sul risultato.

Lo studio di Witvrouw et al. (2000) ha mostrato come negli atleti affetti da questa patologia il ROM della spalla e del cingolo scapolare sia maggiore che nei soggetti sani. Le posizioni al limite del ROM sono quelle che sottopongono di più il nervo a stress meccanici e che sono ritenute dagli autori essere più pericolose per lo sviluppo di una lesione.

La proposta eziologica maggiormente condivisa dagli autori è il ripetitivo stretching a cui è sottoposto il nervo durante i vari movimenti. Esso è messo in tensione dalla contrazione dei muscoli soprascapolare ed infrascapolare e dai movimenti della scapola in abduzione ed extrarotazione. Nei casi di neuropatia soprascapolare dovuti a stretching del nervo, l'unico segno rilevabile è l'atrofia del muscolo infrascapolare (Ferretti et al. 1998, 762), poiché la lesione si trova a livello dell'incisura spinoglenoidea.

Nei casi in cui si hanno presenza di una cisti gangliare, diversa conformazione anatomica del distretto, patologie concomitanti o altre tipologie di fattori predisponenti, la presentazione clinica della patologia può cambiare in base al sito in cui si verifica la lesione.

Il secondo sito più suscettibile per la lesione del nervo è l'incisura soprascapolare. A questo livello i segni che si possono presentare includono, oltre all'AI, anche il possibile interessamento del soprascapolare e un dolore diffuso nella parte posteriore superiore e laterale della spalla. Un'atrofia del soprascapolare è difficile da identificare visivamente per

cui, in questi casi, è necessario utilizzare delle indagini strumentali.

La conferma della diagnosi avviene tramite elettromiografia. Questo esame ci mostra se ci sono i segni di denervazione dovuti alla patologia del nervo come: l'incremento del tempo di conduzione, la diminuzione dell'ampiezza del potenziale, potenziali spontanei e minor reclutamento di unità motorie.

La RMN è utile per comprendere meglio se la neuropatia deriva da una cisti, da un'alterazione anatomica o da un'intrappolamento dinamico. Permette inoltre di valutare lo stato dei muscoli e dei tendini, per identificare atrofie, infiltrazioni adipose o patologie della cuffia.

## **Conclusioni**

La neuropatia soprascapolare negli atleti ha mostrato essere causa di possibili disfunzioni dell'arto superiore e in alcuni casi di essere associata anche a dolore. Questa patologia, dunque, dovrebbe essere considerata nell'ambito di una diagnosi differenziale nei pazienti che mostrano un dolore diffuso, disturbi sensitivi e un'atrofia dei muscoli infraspinato e sopraspinato con risultante perdita di forza nei movimenti di extrarotazione e abduzione.

L'incidenza di questa condizione clinica, che può arrivare ad interessare un'ampia percentuale di atleti, risulta di rilevante importanza all'interno della categoria dei disturbi muscoloscheletrici. La più alta incidenza registrata nella pallavolo e nel tennis potrebbe far pensare che l'impatto con la palla favorisca la comparsa della condizione, ma gli attuali studi ancora non ci permettono di fare queste affermazioni con grande confidenza. Ad oggi l'eziologia della lesione rimane ancora non del tutto chiara, anche se diversi autori propongono come causa lesiva lo stretching del nervo dovuto agli ampi e ripetitivi movimenti effettuati durante l'attività sportiva.

Altre cause come la presenza di corpi che ostruiscono il passaggio del nervo o alterazioni anatomiche possono dar luogo a questa condizione, ma esse sono anche ben riconoscibili all'esame strumentale.

Il consenso generale tra gli autori è che l'elettromiografia risulta essere l'esame d'elezione nell'indagine di questa patologia, tuttavia la risonanza magnetica si sta rivelando sempre più efficace poiché ci permette di analizzare tutte le strutture che potrebbero essere coinvolte: nervo, muscolo, ossa e legamenti.

I limiti di questa revisione della letteratura sono costituiti da un'analisi parziale della letteratura stessa, in quanto sono stati tralasciati alcuni database e gli articoli scritti in lingua diversa da quella inglese. Considerando lo scopo di questa dissertazione e la natura stessa della presente revisione, non si è ritenuto necessario procedere alla valutazione qualitativa degli articoli selezionati.

In futuro saranno necessari ulteriori studi che comprendano una popolazione rappresentativa per ogni sport, che indaghino l'incidenza di questa patologia negli atleti moderni e che ci permettano di capire meglio le relazioni che ci sono tra la biomeccanica e questa patologia.

## **Bibliografia**

- Bencardino, J.T., & Rosenberg, Z.S. (2006). Entrapment neuropathies of the shoulder and elbow in the athlete. *Clin Sports Med*, Jul; 25(3): 465-87, vi-vii.
- Bozzi, F., Alabau-Rodriguez, S., Barrera-Ochoa, S., Ateschrang, A., Schreiner, A.J., Monllau, J.C., & Perelli, S. (2020). Suprascapular Neuropathy around the Shoulder: A Current Concept Review. *J Clin Med*. Jul 22; 9(8): 2331.
- Challoumas, D., & Dimitrakakis, G. (2017). Insights into the epidemiology, aetiology and associations of infraspinatus atrophy in overhead athletes: a systematic review. *Sports Biomech*, Sep; 16(3): 325-341.
- Chhabra, A., Ahlawat, S., Belzberg, A., & Andreseik, G. (2014). Peripheral nerve injury grading simplified on MR neurography As referenced to Seddon and Sunderland classifications. *Indian J Radiol imaging*: 217-224.
- Contemori, S., & Biscarini, A. (2019). Isolated Infraspinatus Atrophy Secondary to Suprascapular Nerve Neuropathy Results in Altered Shoulder Muscles Activity. *J Sport Rehabil*, Mar 1; 28(3): 219-228.
- Contemori, S., & Biscarini, A. (2018). Shoulder position sense in volleyball players with infraspinatus atrophy secondary to suprascapular nerve neuropathy. *Scand J Med Sci Sports*. Jan; 28(1): 267-275.
- Corò, L., Azuelos, A., & Alexandre, A. (2005). Suprascapular nerve entrapment. *Acta Neurochir Suppl*. 92: 33-4.
- Cummins, C.A., & Schneider, D.S. (2009). Peripheral nerve injuries in baseball players. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. Feb; 20(1): 175-193, x.
- Cummins, C.A., Messer, T.M., & Schafer, M.F. (2004). Infraspinatus muscle atrophy in professional baseball players. *Am J Sports Med*. Jan-Feb; 32(1): 116-120.
- Ferretti, A., De Carli, A., & Fontana, M. (1998). Injury of the suprascapular nerve at the spinoglenoid notch. The natural history of infraspinatus atrophy in volleyball

- players. *Am J Sports Med.* Nov-Dec; 26(6): 759-763.
- Ferretti, A., Cerullo, G., & Russo, G. (1987). Suprascapular neuropathy in volleyball players. *J Bone Joint Surg Am.* Feb; 69(2): 260-263.
- Holzgraefe, M., Kukowski, B., & Eggert, S. (1994). Prevalence of latent and manifest suprascapular neuropathy in high-performance volleyball players. *Br J Sports Med.* Sep; 28(3): 177-179.
- Igielska-Bela, B., Baczkowski, B., & Flisikowski, K. (2020). Shoulder Ultrasound in the Diagnosis of the Suprascapular Neuropathy in Athletes. *Open Med (Wars).* Mar 6; 15: 147-151.
- Lajtai, G., Wieser, K., Ofner, M., Raimann, G., Aitzetmüller, G., & Jost, B. (2012). Electromyography and nerve conduction velocity for the evaluation of the infraspinatus muscle and the suprascapular nerve in professional beach volleyball players. *Am J Sports Med.* Oct; 40(10): 2303-2308.
- Loeb C., E. Favale (2003). *Neurologia* (4° ed.) Roma: Universo.
- Mazza, D., Iorio, R., Drogo, P., Gaj, E., Viglietta, E., Rossi, G., Monaco, E., & Ferretti, A. (2020). Did the prevalence of suprascapular neuropathy in professional volleyball players decrease with the changes occurred in serving technique? *Phys Sportsmed.* May 27: 1-7.
- Miura, K., Tsuda, E., Kogawa, M., & Ishibashi, Y. (2020). The effects of ball impact position on shoulder muscle activation during spiking in male volleyball players, *JSES International*, Volume 4, Issue 2, 302-309.
- Miura, K., Tsuda, E., & Ishibashi, Y. (2019). Glenohumeral Rotational Deficit and Suprascapular Neuropathy in the Hitting Shoulder in Male Collegiate Volleyball Players. *Prog Rehabil Med.* Jan 12; 4: 20190002.
- Moyer, J. E., & Brey, J. M. (2016). *Shoulder Injuries in Pediatric Athletes. Orthopedic Clinics of North America*, Volume 47, Issue 4, 749-762.

- Ohanisian, L., Brown, N., White, S. D., Rubay, D., Schwartz, P.M. (2019). Persistent Shoulder Pain Due to a Suprascapular Nerve Injury in the Setting of Trauma. *Cureus* 11(3).
- Pieber, K., Herceg, M., Fialka, C., Oberleitner, G., Gruther, W., & Paternostro-Sluga, T. (2014). Is suprascapular neuropathy common in high-performance beach volleyball players? A retrospective analysis. *Wien Klin Wochenschr.* Oct; 126(19-20): 655-658.
- Plancher, K.D., Petterson, S.C. (2016). Distal Suprascapular Nerve Compression: Spinoglenoid Ligament Release. In: Kelly IV J. (eds). *Elite Techniques in Shoulder Arthroscopy*. Springer: Cham.
- Ringel, S.P., Treihaft, M., Carry, M., Fisher, R., & Jacobs, P. (1990). Suprascapular neuropathy in pitchers. *Am J Sports Med.* Jan-Feb; 18(1): 80-86.
- Witvrouw, E., Cools, A., Lysens, R., Cambier, D., Vanderstraeten, G., Victor, J., Sneyers, C., & Walravens, M. (2000). Suprascapular neuropathy in volleyball players. *Br J Sports Med.* Jun; 34(3): 174-180.
- Yao, K., & Yew, WP. (2016) Suprascapular nerve injury: A cause to consider in shoulder pain and dysfunction. *J Back Musculoskelet Rehabil.* May 13.
- Young, S.W., Dakic, J., Stroia, K., Nguyen, M.L., Harris, A.H., & Safran, M.R. (2015) High Incidence of Infraspinatus Muscle Atrophy in Elite Professional Female Tennis Players. *Am J Sports Med.* Aug; 43(8): 1989-1993.