

Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA
PRESIDENTE: *Ch.mo Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

Il ruolo della core stability nella prevenzione degli infortuni e nella performance degli atleti overhead

The role of core stability in injury prevention and performance of overhead athletes

RELATORE: Dott. Mag. Giovanni Volpe

LAUREANDO: Lorenzo Stefani

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

INDICE	
RIASSUNTO	
ABSTRACT	
INTRODUZIONE	
CAPITOLO 1: LA CORE	1
1.1 Il concetto di Core	1
1.2 Anatomia della Core	2
1.3 Neurofisiologia della Core	11
CAPITOLO 2: LA SPALLA	16
2.1 Anatomia della spalla	16
2.2 Rapporto tra stabilità e postura	19
2.3 Relazione spalla-core	20
CAPITOLO 3: MATERIALI E METODI	22
3.1 Strategia di ricerca	22
3.2 Criteri di inclusione	24
3.3 Criteri di esclusione	25
3.4 Valutazione qualità metodologica degli studi	25
CAPITOLO 4: RISULTATI	26
CAPITOLO 5: DISCUSSIONE	32
CONCLUSIONI	
BIBLIOGRAGIA	
ALLEGATI	

RIASSUNTO

Il concetto di “Core” è stato al centro di numerose pubblicazioni, soprattutto nell’ultimo decennio. La definizione anatomica di questo distretto la rappresenta come l’insieme dei muscoli del tronco e della pelvi responsabili del mantenimento della stabilità del rachide e del complesso coxo-lombo-pelvico, che aiuta nella generazione e nel trasferimento di energia dal centro del corpo verso le estremità, permettendo di ridurre le forze applicate alle articolazioni.

Le più recenti pubblicazioni la definiscono come un insieme di diversi muscoli che lavorano in sinergia, in condizioni di stabilità, ma anche di mobilità. Per questo motivo, la core stability è diventata una tendenza nel mondo del fitness e dello sport.

In particolare, nell’ambito degli sport overhead, ossia quegli sport in cui sono richiesti movimenti ripetuti e ad alte velocità degli arti superiori al di sopra del capo, il trasferimento di energia verso le estremità è fondamentale per una buona performance, e la riduzione delle forze agenti sulle articolazioni è importante per ridurre lo stress articolare.

Scopo della revisione è stato indagare il ruolo del controllo lombopelvico, o core stability, sulla performance e sugli infortuni degli atleti overhead, secondo le più recenti pubblicazioni.

La ricerca condotta nei database PubMed e Scopus ha prodotto 109 risultati. Sono stati selezionati 11 articoli sulla base dei criteri di inclusione ed esclusione, nonché sulla qualità metodologica degli studi.

Questa revisione della letteratura ha portato a concludere che è probabile che un miglior controllo lombopelvico possa migliorare la performance e ridurre il rischio di infortuni. Tuttavia, non è presente omogeneità nei risultati degli studi e non è possibile determinare se il deficit di core stability sia un fattore causale degli infortuni.

Per questo motivo sono necessari studi futuri, che si concentrino sulla valutazione oggettiva della core stability, facendo maggior chiarezza sull’argomento.

ABSTRACT

The concept of 'Core' has been at the heart of numerous publications, especially in the last decade. The anatomical definition of this district represents it as the set of trunk and pelvic muscles responsible for maintaining the stability of the spine and the coxo-lombo-pelvic complex, which helps in the generation and transfer of energy from the center of the body to the extremities, allowing to reduce the forces applied to the joints.

The most recent publications define it as a set of different muscles that work in synergy, in conditions of stability, but also of mobility. For this reason, core stability has become a trend in the world of fitness and sports.

In overhead sports, the transfer of energy to the extremities is critical for good performance, and the reduction of forces acting on the joints is important to reduce joint stress.

The purpose of the review was to investigate the effects of lumbopelvic control, or core stability, on the performance and injuries of overhead athletes, according to the most recent publications.

Research conducted in the PubMed and Scopus databases revealed 109 results. 11 articles were selected based on the inclusion and exclusion criteria, as well as the methodological quality of the studies.

This literature review led to the conclusion that better lumbopelvic control is likely to improve performance and reduce injuries. However, there is no homogeneity in the results of the studies, and it is not possible to determine whether the core stability deficit is a causative factor of injuries.

For this reason, future studies are needed, focusing on the objective evaluation of core stability, giving greater clarity on the subject.

INTRODUZIONE

La “core stability” è diventata una ben nota tendenza del fitness che ha iniziato a trascendere nel mondo della medicina dello sport.

La “core” è costituita dall’insieme dei muscoli del tronco e dell’anca che circondano il rachide, i visceri addominali e l’articolazione dell’anca. Questi muscoli sono essenziali per un corretto equilibrio di carichi a livello della colonna e della pelvi. Proteggono la colonna vertebrale dai carichi eccessivi, consentono il trasferimento di forze tra gli arti superiori e inferiori e, grazie al controllo neuromuscolare, sono fondamentali per l’inizio dei movimenti funzionali degli arti. Questi aspetti sono richiesti in tutti gli sport, ed è per questo che i professionisti in ambito sportivo utilizzano tecniche di rafforzamento del core (spesso chiamate di “stabilizzazione lombare”) per migliorare la performance e ridurre il tasso di infortuni¹.

Uno sport viene definito “*overhead*” quando l’atleta deve utilizzare il suo arto superiore in un arco di movimento che comprende l’area al di sopra della sua testa, per lanciare un oggetto.

Gli infortuni negli sport overhead hanno cause multifattoriali e possono causare deficit di “*range of motion*” (ROM), squilibri muscolari e discinesie scapolari per le quali la miglior prevenzione, si rivela essere l’allenamento.²

I movimenti overhead sono complessi, soprattutto quando eseguiti ad alte velocità. Questo comporta che la spalla debba avere un’adeguata mobilità e forza muscolare, e che ci sia una buona coordinazione e controllo neuromuscolare durante il gesto.

Le richieste sono comunque elevate e fanno sì che il complesso della spalla sia uno dei siti a più alto tasso di infortuni del nostro corpo, soprattutto se parliamo di atleti professionisti.³

L’articolazione gleno-omeroale ha una grande mobilità, che consente importanti gesti atletici, ma la minor stabilità rispetto ad altre articolazioni si traduce in una richiesta talvolta eccessiva di lavoro da parte degli stabilizzatori statici e dinamici.⁴

Negli sport overhead, la prevalenza in percentuale di atleti con dolore alla spalla è compresa tra il 23 e il 36%. La percentuale si alza nel caso questi atleti siano adolescenti; infatti, la ripetizione del gesto combinata con una

maturità non completa del tessuto osseo e lo sviluppo muscolare contribuiscono all'infortunio.⁵

Il concetto di core è ampiamente trattato nella letteratura scientifica e, nell'ambito sportivo, è stato associato a una riduzione del tasso di infortuni e a un miglioramento della performance¹. Tuttavia, non è stata indagata in modo approfondito la relazione tra “core stability” e articolazione della spalla, e come l'allenamento della core stability possa influire sulla performance e il rischio di infortuni negli atleti.

Pertanto, lo scopo di questa tesi è indagare la relazione tra core stability e spalla, descrivendo dal punto di vista anatomico e biomeccanico entrambe le strutture per individuare la relazione tra queste e il rischio di infortuni negli atleti, in un'ottica valutativa, riabilitativa e di miglioramento della performance, secondo i più recenti studi e le più recenti evidenze.

1. LA CORE

1.1 IL CONCETTO DI CORE

“There’s so much mythology out there about the core. The idea has reached trainers and through them the public that the core means only the abs. There’s no science behind that” - McGill, 2009

Sono state proposte molte definizioni per una descrizione della “core”. Tuttavia, non ne esiste una univoca; la definizione comunemente accettata descrive la “core” come l’insieme del sistema scheletrico, ligamentoso e muscolare del rachide toracolombare, della pelvi, delle anche, e della regione prossimale degli arti inferiori.⁹

Akuthota et al (2008), la definiscono come un “box”, formato dai muscoli addominali anteriormente, dai paraspinali e i glutei posteriormente, dal diaframma superiormente e dai muscoli del pavimento pelvico e dell’anca inferiormente.¹

Secondo questi autori la “core” è la responsabile del mantenimento della stabilità della colonna vertebrale e della pelvi, e aiuta nella generazione e nel trasferimento di energia dal nucleo del corpo verso gli arti superiori o inferiori, formando una vera e propria catena cinetica.

Possiamo quindi affermare che la muscolatura della “core” è fondamentale per eseguire azioni funzionali e performance atletiche e, grazie alla stabilità del tronco (prossimale), garantisce mobilità agli arti (distale). Ha anche un ruolo nel miglioramento dell’equilibrio, della propriocezione e della forza, sia globale che dei singoli segmenti del tronco.

Dunque, la “core” agisce da base anatomica per il movimento dei segmenti distali. Questa funzione può essere riassunta come “stabilità prossimale per mobilità distale” durante le attività di lancio, calcio o corsa.⁷

Affinchè la catena cinetica possa lavorare in modo ottimale, è necessario un elevato livello di controllo posturale, e quindi un complesso coxo-lombo-pelvico stabile. Sopra a questo complesso si trova la zona toracica, attraverso cui si ha il passaggio alla zona pettorale e agli arti superiori. Descrivere la “core” in modo globale, e non semplicemente come l’insieme dei muscoli

addominali e del tronco, permette di pensare a questa regione come zona di gestione per la stabilizzazione, per il trasferimento di forza e coordinamento degli arti inferiori e superiori.¹⁰

Infatti, in una visione più complessa e globale, vari autori espandono la definizione di “core” includendo nel concetto i muscoli dal cingolo scapolare alla pelvi.⁶

Questa definizione è importante soprattutto quando prendiamo in considerazione gli atleti che svolgono sport “overhead”.

In ogni caso il concetto di stabilità racchiude sia il controllo dinamico che statico, e dunque l’abilità del sistema neuromuscolare di mantenere il tronco in posizione eretta (statico) e il controllo dei suoi movimenti (dinamico). Questa abilità viene eseguita grazie a rapide risposte posturali del sistema neuromuscolare, in risposta sia a perturbazioni interne che a perturbazioni esterne (attese o inattese), con l’integrazione dei sistemi a feed-back e a feed-forward.⁹

Quindi, secondo quanto affermato finora, non si parla solo di stabilizzazione, ma anche di dinamica e controllo del movimento. Questo avviene anche grazie alla relazione e alla regolazione tra i muscoli e la pressione intra-addominale regolata dal sistema nervoso centrale (SNC).

Alcuni autori inseriscono la “core stability” all’interno di un concetto più complesso, la Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS); un approccio che valuta la dipendenza interregionale del sistema neuromuscoloscheletrico durante i movimenti e dà importanza all’allenamento sia della funzione stabilizzatrice che dinamica dei muscoli della catena cinetica.⁸

1.1 ANATOMIA DELLA CORE

CENNI AI MODELLI STORICI

Facendo riferimento al corpo umano, la “core” include i muscoli del tronco e della pelvi responsabili del mantenimento della stabilità del rachide e del complesso coxo-lombo-pelvico, aiutando nella generazione e nel trasferimento di energia dal centro del corpo, verso le estremità.

Il primo modello riconosciuto e accettato dalla comunità scientifica che descrive la stabilità del rachide è ad opera di Panjabi (1992), il quale descrive l'esistenza di tre sottosistemi che generano stabilità:

1. **Attivo**: formato dai muscoli, che non agiscono solo come motore principale o antagonisti del movimento causato dalla gravità durante l'attività dinamica, ma sono importanti stabilizzatori della colonna;
2. **Passivo**: formato dalle articolazioni e dalle strutture inerti connettive come legamenti, dischi e capsule. Vleeming et al. (1990) descrivono come l'articolazione sacro-iliaca e la muscolatura che la circonda, sia di estrema importanza per la stabilità lombopelvica;
3. **Neurale**: formato dal tessuto nervoso che inizia il meccanismo di stabilizzazione grazie all'attivazione del trasverso dell'addome prima dell'effettivo movimento, meccanismo descritto anche da Hodges e Richardson nel 1997. Questo fenomeno neurofisiologico a feed-forward si presenta anche durante il movimento degli arti superiori.

In base a questo modello, i sottosistemi che generano stabilità devono agire in sinergia tra loro per permettere il movimento, secondo un approccio globale.

Quando parliamo di stabilizzazione dinamica è importante considerare la classificazione dei muscoli, in relazione alla loro funzione. Nel 2001, Gibbons e Comerford hanno ampliato la classificazione dei sottosistemi di Panjabi, differenziando i muscoli in tre macro-gruppi, riassunti nella seguente tabella (*Tabella 1*):

STABILIZZATORI LOCALI	STABILIZZATORI GLOBALI	MOBILIZZATORI GLOBALI
Muscolo trasverso dell'addome	Muscoli addominali obliqui	Muscolo retto addominale
Fasci profondi lombari del muscolo multifido	Muscoli spinali	Muscolo ileocostale
Fasci posteriori del muscolo grande psoas	Muscolo medio gluteo	Muscolo piriforme

Tabella 1: classificazione di Gibbons e Comerford (2001)

Secondo questa classificazione, i muscoli stabilizzatori locali sono profondi e lavorano in modo eccentrico su singoli segmenti mantenendo il controllo del movimento. Uno studio condotto nel 1997 da Hodges e Richardson ha dimostrato che l'attività del trasverso dell'addome è continua durante il movimento, indipendentemente dalla direzione di quest'ultimo, suggerendo un'importante funzione di stabilità del muscolo.

I muscoli stabilizzatori globali, invece, producono movimento, controllandone il range; generano quindi movimento mantenendo la stabilità. L'ultimo insieme di muscoli, quello dei mobilizzatori globali, produce movimento con una contrazione concentrica e la loro attività è influenzata dalla direzione.¹⁴

Nel 2006, Kibler definisce il concetto di "core" in relazione alle catene cinetiche, definendola una componente essenziale che migliora l'efficienza del gesto atletico. Questo viene eseguito grazie alla catena cinetica: una sequenza coordinata di attivazione di segmenti corporei che posizionano il segmento distale nella posizione, velocità e tempo ottimali per eseguire una determinata azione. La "core" è importante per fornire stabilità, forza ed equilibrio locale e per ridurre l'insorgenza di infortuni. Infatti, poiché si trova al centro di tutte le catene cinetiche del nostro corpo, il controllo, la forza, e il movimento di questa regione migliorerà la funzione delle catene cinetiche degli arti superiori e inferiori.

Dal punto di vista anatomico sono numerosi i muscoli che possono essere considerati "core muscles". In un articolo del *Lexington Clinic Sport Medicine Center (2006)*, Kibler suddivide i muscoli in base a due pattern di attivazione differenti che verranno approfonditi nella sezione successiva:

- **"Lunghezza-dipendenti"** (*"Length dependent"*): ne fanno parte i muscoli di piccole dimensioni, con bracci di leva corti. Un esempio è il **multifido**, le cui fibre decorrono in direzione craniale e mediale dall'osso sacro all'epistrofeo (C2), originando dal processo trasverso di una vertebra e portandosi al processo spinoso di una vertebra da due a quattro articolazioni intervertebrali in direzione craniale. Le fibre di questo muscolo sono corte, ma con una sezione trasversale relativamente grande; più spessi e sviluppati nella regione lombo-sacrale, sono un progetto architettonico che fornisce un'eccellente stabilità alla base della colonna vertebrale.¹¹ L'attivazione del

muscolo multifido genera una stabilizzazione segmentale che permette ai muscoli mobilizzatori di lavorare più efficientemente. Questa sinergia muscolare aiuta a creare una “zona neutra” di controllo spinale, in cui i legamenti sono sottoposti a minime tensioni.⁷

- **“Forza-dipendenti”** (“*Force dependent*”): ne fanno parte i muscoli di più grandi dimensioni, deputati al movimento integrato di più articolazioni.⁷ Neumann A. Donald (2017) inserisce in questo gruppo i muscoli erettori della colonna. Ne fanno parte i muscoli spinali, lunghissimi e ileocostali. Vengono descritti come capaci di generare movimenti grossolani sullo scheletro assile, adatti a sollevare o trasportare oggetti pesanti, ma si prestano meno al movimento fine e alla stabilizzazione.¹¹

Altri autori suddividono gli stessi muscoli e le associate funzioni in “muscoli a fibre lente” (“*slow-twitch fibers*”) e “muscoli a fibre veloci” (“*fast-twitch fibers*”), dimostrando un’omogeneità della letteratura scientifica riguardo questo concetto nonostante la diversa nomenclatura.¹

Dunque, in una struttura multi-segmentale come il rachide è necessaria un’ottima sinergia e coordinazione di entrambi i tipi di muscoli per generare stabilità e movimento in modo corretto.

Donald A. Neumann (2017), invece, suddivide i muscoli del tronco in due macro-gruppi anatomici: i *muscoli stabilizzatori intrinseci* e i *muscoli stabilizzatori estrinseci*. I primi includono i muscoli relativamente corti, profondi e segmentali, che hanno inserzione principalmente all’interno della regione della colonna vertebrale, ad esempio il multifido e il muscolo semispinale del collo. Questi muscoli agiscono in coppia, bilateralmente, come una serie di tiranti, specificamente allineati per controllare le forze di taglio sulle articolazioni intervertebrali e conferire stabilità segmentale. I secondi, al contrario, includono muscoli relativamente lunghi, che hanno inserzioni in strutture al di fuori della regione della colonna vertebrale, come il cranio, il bacino, le coste e gli arti inferiori.¹⁵

Se i muscoli stabilizzatori intrinseci possono essere comparati ai muscoli stabilizzatori locali del modello di Gibbons e Comerford (2001), quelli estrinseci comprendono gruppi muscolari che si discostano da questa classificazione. Infatti, fanno parte degli stabilizzatori estrinseci muscoli

come il retto addominale, gli erettori della colonna e i muscoli dell'anca che collegano le regioni lombo-pelviche agli arti inferiori.

In questo gruppo troviamo però anche il trasverso dell'addome, i muscoli obliqui, il grande psoas e il quadrato dei lombi che, come anticipato, possiedono un ruolo nella stabilità coxo-lombo-pelvica. Va comunque sottolineato che, sebbene i gruppi di muscoli vengano presentati separatamente, la loro funzione è spesso sovrapponibile e ridondante e, in condizioni di salute, tutti i muscoli sopra citati contribuiscono alla stabilizzazione del tronco in condizioni statiche e dinamiche.

Questa classificazione, seppur semplificata, non si discosta dalle precedenti, permettendo di delineare un quadro più completo dell'anatomia della "core".¹⁵

MODELLO ANATOMICO

Come descritto precedentemente, la "core" può essere interpretata come un "box" in cui anteriormente troviamo i muscoli addominali, posteriormente i paraspinali e i glutei, superiormente il diaframma e inferiormente la muscolatura pelvica e dell'anca.¹

Successivamente vengono descritti i gruppi muscolari sopracitati, con maggior importanza verso i principali stabilizzatori.

Muscoli estensori della colonna vertebrale

Sono lunghi estensori multisegmentali, che iniziano con un grande ventre muscolo-tendineo sopra le vertebre sacrali e lombari inferiori, connettendosi alla fascia toracolombare e aumentandone la tensione durante la contrazione, conferendole una funzione stabilizzante. Ne fanno parte i muscoli spinali, lunghissimi e ileocostali¹⁵.

I muscoli erettori spinali più superficiali agiscono sulla colonna lombare grazie ai loro fascicoli caudali, i quali formano un tessuto tendineo che si inserisce all'ileo e al sacro e viene definito "aponevrosi degli erettori spinali". La contrazione di questi muscoli, quindi, muove il torace posteriormente rispetto alla colonna lombare, causando un'estensione della regione lombare e un aumento del carico compressivo in questa zona. Inoltre, grazie alle inserzioni con l'osso sacro, gli erettori spinali favoriscono il movimento di

nutazione che aumenta la tensione dei principali legamenti dell'articolazione sacroiliaca (sacrotuberoso, sacrospinoso e interosseo), migliorandone la stabilità.

Il multifido, la cui struttura è stata descritta nel sottoparagrafo precedente, presenta un'ampia distribuzione di fibre di tipo I e di fusi neuromuscolari che migliorano la capacità di regolazione fine.¹¹ Anche per questo è considerato il principale stabilizzatore locale della colonna.¹⁶ Inoltre contribuisce, insieme al grande psoas, alla stabilizzazione della colonna lombare grazie all'azione compressiva su questa zona.

Fascia toracolombare (o dorsolombare)

È un sistema fasciale ampio del dorso, formato da vari strati in connessione con la muscolatura; viene definita come una “rete densa” che si estende dal sacro alla parte superiore del torace, fino al collo. Con un suo aumento volumetrico, la fascia viene tesa e funge da sistema propriocettivo, fornendo feedback sulla posizione del tronco nello spazio. La fascia toracolombare viene suddivisa in tre strati. Lo strato anteriore e medio sono così denominati in relazione alla loro posizione rispetto al quadrato dei lombi. Entrambi sono ancorati medialmente ai processi trasversi delle vertebre lombari e, più caudalmente, alle creste iliache. Lo strato posteriore, quello più spesso e che si estende fino al torace, copre la superficie posteriore dei muscoli erettori della colonna e dei multifidi e, più superficialmente, il gran dorsale. Questo strato si inserisce sui processi spinosi di tutte le vertebre lombari e dell'osso sacro e sull'ala iliaca vicino alle spine iliache posteriori-superiori. Gli strati posteriore e medio della fascia toracolombare si fondono formando un rafe laterale, il quale si connette (come affermato in precedenza) con il muscolo trasverso dell'addome e in misura minore con il muscolo obliquo interno.¹² Il rafe laterale ha inoltre connessioni con l'aponeurosi del muscolo gran dorsale, con le fibre provenienti dal muscolo dentato posteroinferiore.¹⁶

Molti autori descrivono la fascia toracolombare come un “corsetto anatomico” che connette gli arti inferiori a quelli superiori garantendo stabilità e permettendo gesti sportivi come il “lancio”.

L'azione biomeccanica della fascia si sviluppa grazie alle forze esercitate dai muscoli alla quale è collegata, generando forze stabilizzanti per la colonna lombare (*Figura 1A*).

Il gran dorsale e il grande gluteo sono collegati alla porzione superolaterale e inferolaterale della fascia toracolombare, rispettivamente. Entrambi possono aumentare la tensione della fascia controlateralmente e ipsilateralmente causando un aumento di stabilità sulle vertebre lombari, sulle quali la fascia si inserisce, minimizzando le traslazioni non desiderate tra le vertebre lombari (DeRosa C. e James A. Porterfield, 2007, Figura 1B).

Un ruolo di estrema importanza è svolto dal grande gluteo, il quale funge da anello di congiunzione tra la fascia toracolombare, dove esso si inserisce, come visto precedentemente, e la fascia lata. Infatti, solo 1/3 di questo muscolo si inserisce sul femore. La sua funzione è quella di connettere due sistemi fasciali complessi, che operano nella tridimensionalità per garantire stabilità alla colonna e alla pelvi.

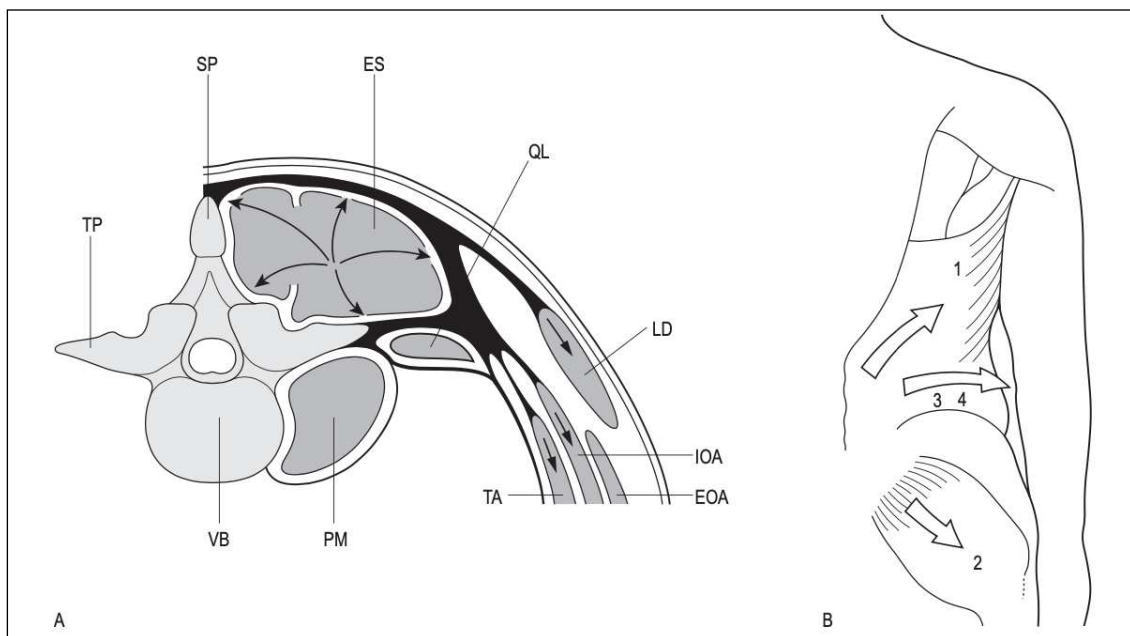


Figura 1: (A) Sezione trasversale che descrive la contrazione muscolare con conseguente aumento della tensione alla fascia toracolombare. EOA, obliquo esterno; ES, erector spinae; IOA, obliquo interno; LD, latissimus dorsi; PM, psoas major; QL, quadratus lumborum; SP, processo spinoso; TA, transversus abdominis; VB, corpo vertebrale; TP, processo trasversale. (B) Vista posteriore della muscolatura con inserzione sulla fascia toracolombare. Si notino le forze che vengono generate sulla fascia dal muscolo latissimus dorsi (1) dall'alto, dal muscolo gluteus maximus (2) dal basso, e dal muscolo addominale obliquo interno (3) e dal muscolo addominale trasversale (4) dalla parte anteriore (Da Porterfield & DeRosa 1998, p. 67).

Muscoli addominali

Il muscolo retto dell'addome (RA), obliquo esterno (EO) e obliquo interno (IO) sono muscoli grandi, globali e multi-segmentali flessori del tronco.

I setti intermuscolari del retto addominale sono le zone di ancoraggio con l'EO e il muscolo trasverso dell'addome. Queste connessioni aumentano sia l'efficacia del retto poiché creano punti per la sua attivazione selettiva, sia

l'efficacia dell'obliquo esterno che ottiene un punto stabile per esprimere la sua azione sulle coste e in relazione al cingolo scapolo-omerale.

La loro connessione permette di introdurre la complessa ma funzionale struttura della fascia addominale. Questa agisce come la fascia toracolombare ed è formata dai muscoli addominali esterni, interni e dal trasverso dell'addome, che vi si connettono con un'aponeurosi. Inoltre, vi sono connessioni tra questa fascia e il gran pettorale, e tra il gran dentato e i muscoli obliqui esterni, il che indica una correlazione tra cingolo scapolare e meccanismo di stabilità del bacino, che verrà approfondito in seguito. La fascia è formata da diversi livelli ed è costituita diversamente nelle regioni sopra e sotto ombelicali, a seconda dell'andamento delle fibre dei muscoli addominali sopra descritti, rispetto al retto dell'addome. Nell'area sopra ombelicale il muscolo obliquo esterno si connette alla guaina del retto dell'addome passando anteriormente a questo, l'obliquo interno passa sia anteriormente che posteriormente, mentre il trasverso dell'addome passa esclusivamente posteriormente al muscolo. Al di sotto della linea ombelicale tutti e tre i muscoli sopra descritti hanno un decorso anteriore rispetto al retto dell'addome. Questa disposizione del tessuto connettivo offre un'ulteriore stabilità alla zona addominale, viscerale e lombare. Infatti, agisce come un supporto "extra" allo stress presente nella regione vertebrale di L4-L5-S1, dove è presente una maggior curva lordotica e un maggior stress (DeRosa C. e James A. Porterfield, 2007, *Figura 2*).

Il muscolo trasverso dell'addome (TrA) è il più profondo e risponde unicamente alle perturbazioni posturali, indipendentemente dalla loro direzione. Agisce attraverso la fascia toracolombare poiché ha inserzione nei suoi strati posteriori e medi; ha inoltre connessioni con le fibre profonde del multifido e inserzione a livello della cresta iliaca, con la superficie interna delle cartilagini delle coste dalla VI alla XII e con il legamento inguinale, inserendosi mediamente sulla linea alba e sulle guaine del muscolo retto dell'addome. L'attività stabilizzante del TrA è anticipatoria rispetto alla perturbazione, durante movimenti delle braccia o delle gambe e avviene prima degli altri muscoli addominali.¹⁶

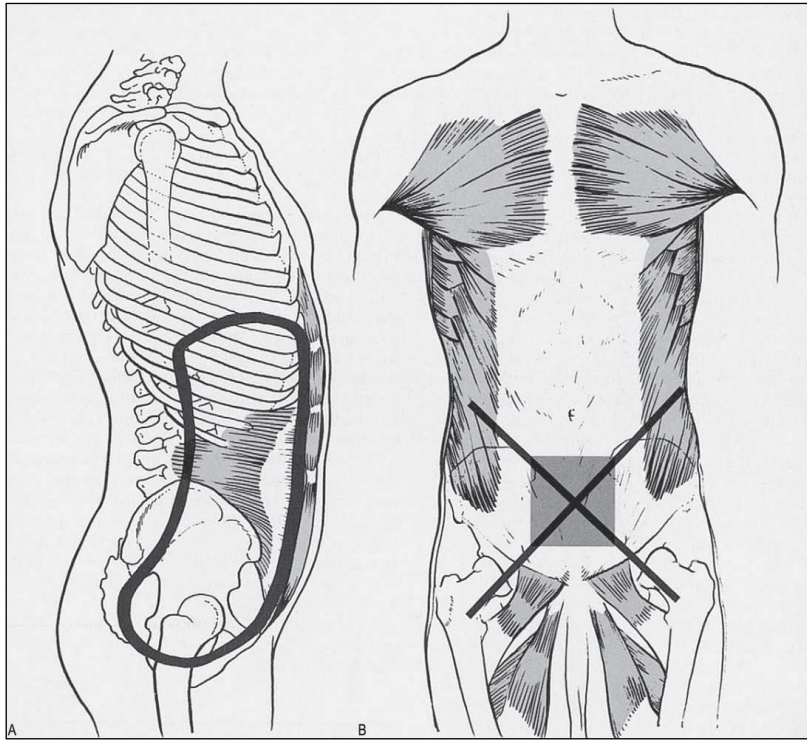


Figura 2: La fascia addominale formata dalle aponeurosi dei muscoli addominali. Si noti il legame tra il muscolo gran pettorale e la fascia (Da Porterfield & DeRosa 2004, p 86).

Inoltre, Kibler descrive come la contrazione del trasverso dell'addome aumenti la pressione intra-addominale e la tensione sulla fascia toracolombare, dimostrando un ruolo cruciale per la stabilizzazione del rachide lombare.⁷ Come affermato in precedenza, il controllo del movimento in questa regione avviene anche grazie alla relazione tra contrazione muscolare e gestione della pressione intra-addominale da parte del SNC.⁸

Muscolo quadrato dei lombi

Originando dall'ultima costa e dai processi trasversi delle vertebre lombari e avendo inserzione sulla cresta iliaca e sul legamento ileolombare, ha una funzione (insieme agli erettori spinali e al grande psoas) di stabilizzazione della regione lombare, agendo non solo come flessore laterale, ma anche come stabilizzatore su tutti i piani di movimento.¹⁶

Diaframma

Costituisce il "tetto" della muscolatura della core, separando la cavità toracica da quella addominopelvica. Origina dalla superficie interna e inferiore delle ultime sei coste (*parte costale*), dal processo xifoideo dello sterno (*parte sternale*) e dai corpi delle prime tre vertebre lombari (*parte crurale*) e ha

inserzione in un tendine centrale. La sua contrazione, in sinergia con i muscoli del pavimento pelvico e le altre strutture muscolari descritte finora, aumenta la pressione intra-addominale, consentendo un maggior supporto e una maggiore stabilità del tronco, soprattutto nella regione lombare (Neumann, 2013). L'attivazione del diaframma avviene indipendentemente dalla fase respiratoria.⁷

Muscoli del pavimento pelvico e dell'anca

Spesso, a causa della loro difficile valutazione, questi muscoli vengono trascurati o ignorati nella riabilitazione muscoloscheletrica. Tuttavia, numerosi studi dimostrano la loro attività sinergica con il muscolo trasverso dell'addome e il multifido, fornendo supporto al tronco e alle strutture della "core". Sono muscoli con un'ampia sezione trasversa e possono generare grandi forze, soprattutto durante le attività atletiche.

Questa zona contribuisce inoltre al 50% dell'energia cinetica e della forza per l'intero movimento del lancio ("*throwing motion*").⁷

La sezione successiva sarà dedicata ai meccanismi alla base del controllo posturale che regolano l'attività della core, in modo da comprenderne appieno il suo funzionamento, per poter poi introdurre la relazione tra questa regione e il cingolo scapolare.

1.2 NEUROFISIOLOGIA DELLA CORE

L'attivazione dei muscoli della core è usata per generare momenti rotazionali attorno al rachide. Numerosi studi che ne hanno valutato l'attivazione muscolare hanno dimostrato che sono presenti diversi "patterns" di attivazione muscolare in base all'intensità e al tempo di attivazione. Questi pattern originano dall'emilato corporeo controlaterale, creando forze rotazionali.

Inoltre, l'attivazione dei muscoli di questa regione, fornisce rigidità ("*stiffness*") alla parte centrale del corpo, creando un cilindro rigido che conferisce un lungo braccio di leva attorno al quale può avvenire la rotazione e contro il quale i muscoli possono essere stabilizzati mentre si contraggono.⁷

Come sopra descritto, l'attivazione della core è regolata secondo specifici "patterns" pre-programmati. Questi hanno tre caratteristiche molto importanti: sono attivati in base all'obiettivo ("task oriented"), specifici per l'attività atletica e migliorano con la ripetizione. Kibler et al (2006), raggruppano i "patterns" in:

- **"Lunghezza-dipendenti"** (*"Length-dependent"*): sono mediati da afferenze gamma e coinvolgono il meccanismo di inibizione reciproca per generare stabilità attorno a una singola articolazione.
- **"Forza-dipendenti"** (*"Force-dependent"*): sono mediati dagli organi tendinei del Golgi e integrano l'attivazione di più muscoli per generare mobilità e forza in più articolazioni.

I due "patterns" sono sinergici e, come riportato in precedenza, le loro funzioni coordinate secondo una catena cinetica con origine controlaterale. È stato dimostrato infatti, che i movimenti rapidi dell'arto superiore (ad esempio negli sport overhead) hanno origine dai muscoli gastrocnemio e soleo controlaterali, per poi propagarsi, seguendo la catena, lungo il tronco, raggiungendo il braccio. Hirashima et al (2002) hanno dimostrato che nel baseball, in tutti i momenti della fase di lancio, c'è un'attivazione muscolare con origine dai muscoli obliqui esterni controlaterali; questi vengono attivati prima degli omonimi ipsilaterali e del retto dell'addome, il quale era l'ultimo gruppo muscolare ad intervenire.⁷

Inoltre, è presente un'attivazione dei muscoli stabilizzatori della scapola che si propaga ai flessori della spalla e in seguito agli estensori di gomito. Questo studio, effettuato tramite superfici elettromiografiche (EMGs), ci indica la presenza di pattern crociati (ossia con origine controlaterale) e prossimo-distali, suggerendoci ancora una volta la funzione primaria della core, ossia quella di generare mobilità distale, creando stabilità prossimale.¹⁷

Questo meccanismo, a livello dei muscoli della cuffia dei rotatori, aumenta la loro massima attivazione del 23-24% poiché la scapola viene stabilizzata dal trapezio e dai romboidi.⁷

Le più moderne evidenze scientifiche riguardanti la neurofisiologia della core, e quindi del controllo posturale, però, sono ad opera di Takakusaki (2017).

Infatti, secondo quanto da lui descritto, il controllo posturale viene mantenuto e adattato da un sistema multisensoriale, formato da organi somatosensitivi, visivi e vestibolari, che agiscono su diverse aree del cervello. Le informazioni cognitive necessarie per mantenere il controllo posturale ed eseguire un'azione finalizzata (ad esempio negli sport) sono prodotte nella corteccia temporoparietale. La programmazione nelle aree corticali e la loro relazione con i gangli basali e il cervelletto permette di eseguire sia azioni automatizzate che movimenti con una finalità grazie alla presenza degli aggiustamenti posturali anticipatori (APA).¹⁸

Tutti i nostri movimenti, sia volontari che non, sono accompagnati da un sistema automatico di controllo posturale, che include modifiche nel sistema di equilibrio e regolazione del tono muscolare, secondo una sequenza di attivazione nel tronco encefalico e nel midollo spinale. Tuttavia, per acquisire nuove competenze motorie, soprattutto in ambienti non familiari, è necessario avere un controllo posturale cognitivo che sia integrato con la localizzazione dello spazio extra-personale. In questo caso il cervelletto regola i processi cognitivi e automatici del controllo posturale, agendo sulla corteccia attraverso la proiezione talamocorticale e sul tronco encefalico. Un ruolo importante viene inoltre rivestito dal sistema a feed-forward cortico-ponto-cerebellare e dal sistema a feedback spino-cerebellare.¹⁸

Il controllo posturale si basa su meccanismi a feedback e a feedforward. Il primo si realizza in risposta a input sensoriali (visivi, vestibolari o somatosensoriali) conseguenti a una perturbazione inattesa. Il secondo è una risposta posturale anticipatoria ad una perturbazione attesa. Entrambi i sistemi sono costantemente integrati nel movimento volontario, in proporzione variabile a seconda del contesto (Panek 2014, Latash 2017).

“L'esecuzione del movimento dipende da due componenti chiave del controllo motorio: le componenti posturali che anticipano e compensano le perturbazioni del movimento e le componenti focali, responsabili della parte

Nella vita quotidiana, “la persona è in gran parte inconsapevole di questo processo che è evocato da attivazioni sequenziali di neuroni nel tronco encefalico e nel midollo spinale”¹⁸. Questi sistemi, regolati da vie ascendenti e discendenti integrate, sono alla base del controllo posturale e del movimento e ci permettono l’allineamento dei segmenti corporei e la stabilità contro gravità, causando un “momentum estensorio” e attivando la muscolatura stabilizzatrice per poi generare movimento.

2. LA SPALLA

Poiché lo scopo della tesi è descrivere la relazione tra il complesso della spalla e la regione della core da un punto di vista anatomico-funzionale, si decide di aggiungere una sezione riguardante la spalla dal punto di vista anatomico e biomeccanico, con alcuni cenni riguardanti la stabilità del cingolo scapolo-omerale. La sua relazione con la regione della core, essendo quest'ultima complessa e di difficile descrizione (come riportato nel paragrafo precedente), è stata poco studiata e descritta nella letteratura, dunque l'ultima parte di questa sezione si occuperà di introdurre le principali evidenze scientifiche alla base di questo concetto che verranno approfondite nelle pagine successive. Inoltre, alcune delle strutture anatomiche descritte nel paragrafo seguente saranno correlate all'ambito di interesse della tesi, ossia gli sport di lancio overhead.

2.1 ANATOMIA DELLA SPALLA

La struttura del complesso della spalla consente all'arto superiore una grande mobilità.

L'esteso arco di movimento permette agli atleti di sviluppare numerose abilità nei vari sport.¹⁹

La meccanica combinata delle tre articolazioni sinoviali e delle due articolazioni funzionali, unita ai muscoli che la compongono, ne garantiscono il controllo e la mobilità. Nell'ambito riabilitativo, è importante considerare l'unicità anatomica e chinesiológica del cingolo per lo sviluppo di un corretto percorso fisioterapico; dunque, in questo paragrafo, verranno trattate le articolazioni facenti parte del complesso della spalla. Queste possono essere suddivise in sinoviali e funzionali. Fanno parte del primo gruppo le articolazioni gleno-omerale, acromion-claveare, sterno-claveare. Il secondo gruppo è composto dalle articolazioni scapolo-toracica e sottodeltoidea.²⁰

Articolazione gleno-omerale: è un'artrosi con capsula articolare lassa. La stabilità statica dell'articolazione è fornita dal rapporto strutturale tra anatomia ossea, dai legamenti, dal labbro glenoideo e dalla pressione

intraarticolare. La superficie concava (cavità glenoidea) ha un tropismo supero-antero-laterale che offre una minima stabilità all'articolazione; infatti, in qualsiasi posizione, solo il 25-30% della testa dell'omero è in contatto con la fossa glenoidea. Il labbro glenoideo aumenta la stabilità rendendo più profonda la concavità glenoidea di 9 mm e 5 mm sull'asse superoinferiore e anteroposteriore rispettivamente. Una perdita di integrità del labbro glenoideo (a causa di un infortunio) causa una riduzione della resistenza alla traslazione del 20%, anche perché questa struttura funge da ancoraggio a numerose strutture capsuloligamentose.¹⁹ Le strutture statiche come i legamenti gleno-omerale (superiore, medio e inferiore) e i legamenti coraco-omerale (trapezoide e conoide) forniscono la maggior parte della stabilità.²⁰ In particolare, il legamento gleno-omerale inferiore, il più importante dei legamenti gleno-omerale, formato da una porzione anteriore e una posteriore, è lo stabilizzatore primario nella traslazione anteriore della testa omerale nel meccanismo del lancio, in cui la posizione del braccio è di abduzione ed extrarotazione. Un ulteriore sostegno è dato dalle strutture dinamiche, composte da muscoli e tendini. I tendini della cuffia dei rotatori si armonizzano con la glenoide ed i legamenti nei loro punti di inserzione, offrendo stabilità di tipo dinamico durante la contrazione muscolare, con una compressione diretta verso il centro della glena. La risposta coordinata e il controllo neuromuscolare forniscono vari gradi di sostegno a seconda della posizione e sono alla base della stabilità dinamica.²⁰ Inoltre, è di particolare interesse uno studio di Basmajian e Bazant, che ha dimostrato che il sistema nervoso recluta i muscoli della cuffia dei rotatori che danno stabilità orizzontale come fonte primaria dopo la stabilità statica, mentre i muscoli che decorrono verticalmente (bicipite brachiale, tricipite brachiale, deltoide) vengono reclutati secondariamente.²¹ Questo studio può rimandare al concetto di muscoli stabilizzatori e mobilizzatori affrontato nel capitolo precedente. Una struttura importante per la stabilità antero-inferiore è il capo lungo del bicipite. Rodsky et al (1994) hanno dimostrato che una contrazione del capo lungo del bicipite durante la fase finale del lancio ("*late cocking phase*"), in cui si raggiunge la massima rotazione esterna, riduce significativamente la traslazione anteriore della testa dell'omero. Tuttavia, circa il 50% delle fibre del capo lungo del bicipite è rappresentato da estensioni dirette del labbro glenoideo superiore e, una ripetuta contrazione

del muscolo durante le attività di lancio (come il baseball), può causare lacerazioni del labbro superiore.²¹ Infortuni a questa struttura e alla porzione superiore del labbro glenoideo possono risultare da un carico eccessivo nel programma di allenamento di lancio e possono generare sintomi, produrre instabilità e perdita di performance.

I meccanismi di stabilità sono riassunti nella tabella seguente (*Tabella 2*).

Meccanismi statici	Meccanismi dinamici
Capsula articolare	Tendini della cuffia dei rotatori
Strutture ligamentose	Capo lungo del bicipite brachiale
Labbro glenoideo	Capo lungo del tricipite brachiale ¹⁹
Struttura ossea e tropismo articolare	Deltoide ¹⁹
Pressione intraarticolare	

Tabella 2: stabilizzatori statici e dinamici dell'articolazione gleno-omeroale

Articolazione acromion-claveare: solitamente abbreviata in AC, è un'articolazione piana triassiale, che può avere o meno un disco articolare. La debole capsula è rinforzata dai legamenti acromion-claveari superiore e inferiore. Le fibre del legamento acromion-claveare superiore sono le più forti, anche perchè si fondono con le fibre dei muscoli trapezio e deltoide; un ulteriore sostegno viene dato dai legamenti trapezoide e conoide, che insieme formano il robusto legamento coraco-clavicolare che mantiene il cingolo scapolare a una distanza media di 13 mm dalla clavicola e conferisce stabilità all'articolazione AC che non possiede stabilizzazione muscolare dinamica.²⁰

Articolazione sterno-claveare: rappresenta l'unica vera articolazione che connette l'arto superiore allo scheletro assile. È un'articolazione a sella, triassiale, con un disco articolare. Quest'ultimo viene stabilizzato dal legamento discale intra-articolare, il quale origina dalla prima costa e si inserisce superiormente e medialmente all'articolazione sterno-claveare, dando stabilità contro le lussazioni mediali di clavicola.¹⁹ Altre strutture ligamentose che la stabilizzano sono i legamenti sterno-clavicolari anteriore e posteriore, il legamento costoclavicolare e quello interclavicolare.²⁰ Sono inoltre presenti legamenti di rinforzo della capsula, più spessi anteriormente per evitare una dislocazione anteriore della clavicola.¹⁹

Articolazione scapolo-toracica: viene spesso definita “articolazione falsa” poiché è rappresentata dallo spazio tra la superficie concava della scapola e quella convessa della gabbia toracica. La presenza di strutture nervose, muscoli e borse, permette una buona mobilità e scorrimento tra scapola e torace, aumentando i gradi di movimento dell’articolazione gleno-omeroale e stabilizzandola, grazie ai muscoli dentato anteriore e trapezio (soprattutto nelle sue fibre inferiori). Nell’ambito riabilitativo degli atleti overhead è di estrema importanza considerare le appena citate strutture muscolari per un’ottimale stabilizzazione della scapola.

Dunque, il movimento della spalla è il risultato di una complessa interazione tra gli stabilizzatori statici e quelli dinamici. Tutte le articolazioni sopra descritte devono avere un libero range di movimento come prerequisito per la mobilità generale della spalla. Una conoscenza completa dell’anatomia del cingolo, soprattutto dell’articolazione gleno-omeroale, permette di comprendere al meglio gli infortuni e le condizioni di instabilità dovute ad alterazioni dei fattori statici o dinamici, migliorando la riabilitazione degli atleti.

2.2 IL RAPPORTO TRA STABILITÀ E POSTURA

La scapola è stabilizzata principalmente per mezzo di un equilibrio di forze, che variano a seconda della sua posizione. Il peso del braccio crea nella scapola una rotazione verso il basso, una protrazione e un momento d’inclinazione in avanti.²⁰ Come affermato prima, la stabilità statica permette alla testa dell’omero di “appoggiarsi” sulla fossa glenoidea e alle strutture capsuloligamentose superiori di tendersi.²¹ Questi momenti di forze vengono bilanciati dall’azione del trapezio, del dentato anteriore, dei romboidi, dei muscoli della cuffia e del gran dorsale, a seconda del movimento effettuato dalla scapola. Questi muscoli lavorano in sinergia durante il movimento volontario del braccio, per controllare la posizione della scapola e permettere un’efficace relazione lunghezza-tensione dei muscoli gleno-omeroali, che stabilizzano e mobilizzano l’omero.

Un'alterazione della postura modifica la cinematica della scapola e, nel caso più comune di aumento della cifosi toracica, si instaurano squilibri della lunghezza e della forza dei muscoli scapolari e gleno-omerali. In questo caso vi è spesso un'inclinazione anteriore della scapola associata a una diminuzione di flessibilità dei muscoli piccolo pettorale, elevatore della scapola e scaleni, con debolezza del gran dentato e del trapezio dovuta all'alterazione del rapporto lunghezza-tensione.²⁰

2.3 LA RELAZIONE SPALLA - CORE

Nella letteratura sono presenti numerosi studi che collegano la core agli arti inferiori; tuttavia è presente anche una relazione tra cingolo scapolare e core. Come affermato nella parte di anatomia del paragrafo 1.1, vi è una correlazione tra il muscolo gran pettorale, obliqui esterni e dentato anteriore. La connessione anatomica e biomeccanica tra questi muscoli, però, è molto più intima. Infatti, alcuni studi dimostrano che la parte più superficiale ed esterna della parete addominale, è formata da connessioni tra i muscoli obliquo esterno, dentato anteriore e gran pettorale, attraverso la fascia addominale. Inoltre, studi più specifici hanno individuato che il gran pettorale ha alcune inserzioni inferiori direttamente con la fascia addominale, e aumentando la tensione durante la sua contrazione, agisce sulla regione della core.

Un'altra connessione anatomica avviene nella zona posteriore della colonna; i muscoli romboidi originando dai processi spinosi delle vertebre toraciche, si inseriscono sul bordo mediale della scapola, nella stessa regione di inserzione del muscolo dentato anteriore. La direzione delle fibre del muscolo obliquo esterno è parallela a quella del muscolo obliquo interno controlaterale e in continuità con quelle del dentato anteriore e romboidi controlaterali, generando un modello continuo.

La stabilizzazione iniziale della regione della core, dunque, non avviene solo ad opera degli stabilizzatori statici e dinamici, ma anche tramite i meccanismi neurofisiologici precedentemente descritti e, tramite connessioni anatomiche e meccaniche, fornisce una base stabile per il movimento degli arti superiori.²²

Il meccanismo anticipatorio di stabilizzazione mantiene allineati i segmenti che contribuiscono ad un corretto trasferimento di energia agli arti superiori. Senza una core stabile, il trasferimento delle forze dal tronco alle estremità non sarebbe ottimale e la ripetizione di un modello neuromuscolare non appropriato può causare riduzione delle performance, dolore cronico o infortuni⁸.

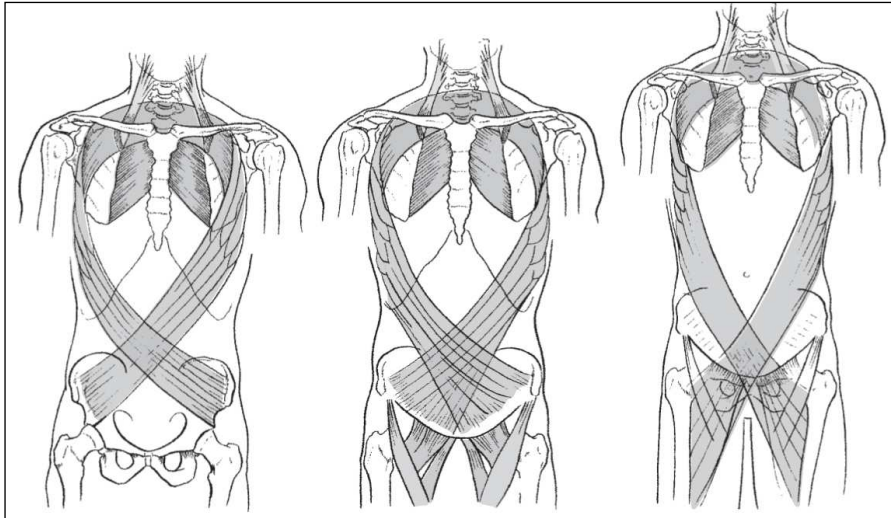


Figura 4: modello crociato formato dalla direzione delle fibre muscolari del cingolo scapolare in continuità con quelle dei muscoli della zona addominale (Da Porterfield & DeRosa 2004, p 63).

3. MATERIALI E METODI

3.1 STRATEGIE DI RICERCA

La ricerca bibliografica, iniziata nel mese di Febbraio 2023 e conclusasi nel mese di Settembre 2023, è stata condotta all'interno delle seguenti banche dati: PubMed, Scopus e Cochrane.

Durante la ricerca sono stati utilizzati i seguenti termini MeSH: “Core Stability”, “Shoulder”, “Rotator” e “Athlete”, combinati con gli opportuni operatori booleani e caratteri tipografici. Il termine “Core Stability” è stato introdotto nel 2022 nel “MeSH Database”, rimpiazzando l'espressione “Postural Balance” (2003-2021); è stato dunque necessario condurre un'ulteriore ricerca con questo termine, anche se non ha portato a risultati soddisfacenti e inseribili nel lavoro.

Nella banca dati PubMed, la ricerca è stata inizialmente effettuata con parola libera, tuttavia molti articoli risultavano poco pertinenti, dunque è stato necessario ricercare con i termini MeSH sopra riportati, aggiungendo inoltre la ricerca secondo titolo e abstract. Questa operazione ha permesso di restringere il campo di ricerca ed individuare i risultati più pertinenti.

La ricerca all'interno della banca dati Cochrane con la stessa strategia non ha portato a risultati utilizzabili nella tesi poiché non inerenti.

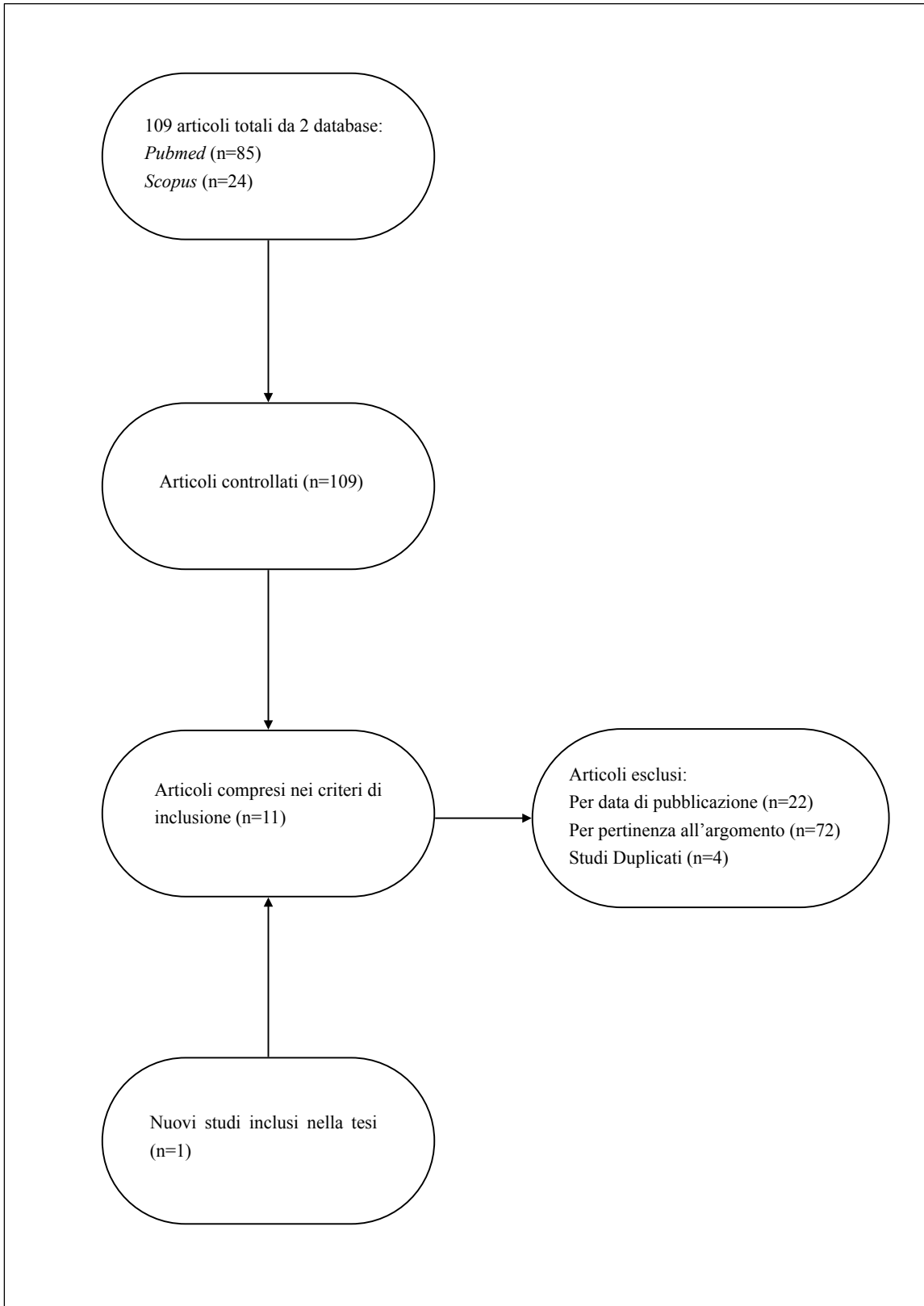
Sono state utilizzate due stringhe di ricerca principali, la prima riguardante la relazione tra core stability e spalla, mentre la seconda riguardante la core stability negli atleti; di seguito viene riassunta la strategia di ricerca e il diagramma flowchart.

Stringa di ricerca	Articoli trovati
"CORE STABILITY"[Title/Abstract] AND (SHOULDER* [TI] OR ROTATOR [TI])	19
("CORE STABILITY"[Title/Abstract] OR "STABILITY CORE"[Title/Abstract]) AND ATHLET* [TI]	66
Totale:	85

Tabella 3: riassunto della strategia di ricerca nella banca dati PubMed.

Stringa di ricerca	Articoli trovati
"CORE STABILITY" AND SHOULDER* AND ATHLET*	24
Totale:	24

Tabella 4: riassunto della strategia di ricerca nella banca dati Scopus.



Flowchart dei risultati

3.2 CRITERI DI INCLUSIONE

Tipo di studi

Poiché lo scopo della tesi è quello di descrivere il ruolo della core, indagando la relazione tra quest'ultima e gli infortuni e le performance dell'articolazione della spalla negli atleti, sono stati selezionati gli studi clinici che valutassero tramite test specifici la muscolatura addominale e/o della spalla. Gli studi presi in considerazione sono stati quelli con testo integrale in lingua inglese, accessibili gratuitamente grazie al proxy dell'Università di Padova, pubblicati negli ultimi 10 anni.

Gli studi inclusi comprendono revisioni sistematiche o della letteratura, trial clinici randomizzati (RCT) e studi osservazionali. Le revisioni sistematiche e gli RCTs sono stati utilizzati quando disponibili e ponderati maggiormente rispetto agli studi osservazionali.

Tipo di partecipanti

Sono stati compresi gli studi che valutassero gli effetti dei trattamenti proposti in atleti di entrambi i sessi, sani, con e senza patologie o disfunzioni all'articolazione della spalla, e che svolgessero uno sport definibile overhead. Gli studi analizzati, inoltre, riportano le ore di attività svolte dagli atleti.

Tipo di intervento

Sono stati inclusi gli studi che prevedessero una valutazione della muscolatura della core, con test specifici o batterie di test e che utilizzassero e descrivessero i test o gli esercizi per la valutazione della performance dell'atleta. I test variano a seconda dello studio preso in considerazione, ma rientrano tutti nella valutazione della core-stability secondo criteri Evidence-Based. Un criterio aggiuntivo utilizzato è la spiegazione dettagliata del test o del programma di esercizi proposti, in termini di intensità, volume e frequenza.

3.3 CRITERI DI ESCLUSIONE

Sono stati esclusi gli studi effettuati su animali, che riguardassero persone con comorbidità o patologie neurodegenerative e quelli che non specificassero il contenuto del protocollo di esercizi in maniera dettagliata. Un ulteriore criterio applicato è stato il contenuto dell'articolo, nella sezione dedicata al trattamento, escludendo gli studi che facessero riferimento a trattamenti di natura medica e non fisioterapica. Sono stati inoltre esclusi gli articoli dei quali non è stato trovato il full text.

3.4 VALUTAZIONE QUALITÀ METODOLOGICA DEGLI STUDI

La qualità metodologica degli studi presenti su PubMed è stata indagata valutando i criteri di inclusione sopra riportati. Inoltre, sono stati inclusi gli studi di grande rilevanza scientifica anche se precedenti alla data di pubblicazione riportata nel paragrafo 3.2, il quale contenuto fosse strettamente inerente all'argomento oggetto di studio.

La presenza dello studio all'interno del motore di ricerca PubMed è stata ritenuta di per sé un valido presupposto di attendibilità degli articoli.

L'unico RCT presente nei risultati [23] è stato valutato tramite la scala Pedro. L'obiettivo di tale scala è di identificare la validità interna (criteri 2-9) e l'interpretabilità dei risultati in base alle informazioni statistiche (criteri 10-11) degli studi clinici randomizzati, tramite un valore conferito allo studio che varia da 0 a 10. Un punteggio pari o superiore a 6/10 indica un'alta qualità dello studio. Le voci della scala con il relativo punteggio sono state riassunte nella seguente tabella.

Voci della scala Pedro	[23]
1) Criteri di eleggibilità	1
2) Assegnazione randomizzata	1
3) Assegnazione nascosta	1
4) Gruppi simili all'inizio dello studio	1
5) Soggetti in cieco	0
6) Terapisti in cieco	0
7) Valutatori in cieco	0
8) Adeguato follow-up	1
9) Analisi per l'“intenzione al trattamento”	0
10) Comparazione statistica tra i gruppi	1
11) Misura dimensione dell'effetto e variabilità	1
Totale	7

Tabella 5: Scala Pedro riguardante l'unico RCT presente nella revisione [23].

4. RISULTATI

La ricerca in letteratura dai database di Scopus e PubMed ha prodotto 109 risultati, dai quali sono stati reperiti 25 articoli inerenti all'argomento. Di questi ne sono stati presi in considerazione 11, selezionati in base ai criteri di esclusione e inclusione (paragrafi 3.2 e 3.3).

Gli studi utilizzati in questa revisione appaiono eterogenei fra loro. Tra quelli presi in considerazione sono presenti 6 studi trasversali [3, 24, 25, 26, 27, 28], 1 revisione della letteratura [9], 1 studio caso-controllo [30], 1 studio di coorte prospettico [31], 1 trial clinico randomizzato [23] e 1 revisione sistematica [32]. Questi ultimi sono di maggior rilevanza scientifica e sono stati ponderati maggiormente nella stesura della tesi rispetto agli altri articoli.

Un totale di 551 partecipanti è stato incluso in questa revisione; 332 di questi è di sesso maschile, 219 di sesso femminile. La dimensione del campione varia da 20 [28] a 100 [26]. Gli sport effettuati dai partecipanti sono vari, tra questi troviamo i principali sport con movimenti definibili overhead: football

[3], basketball [3, 26], baseball [3, 24], nuoto [3], pallanuoto [3], lacrosse [3], softball [3, 24, 31], handball [24, 28] e pallavolo [26, 30].

In alcuni studi sono presenti anche atleti che svolgono uno sport “non-overhead”: futsal [26] e arti marziali [26].

Uno studio [23] non ha specificato il tipo di sport svolto dagli atleti, mentre un altro [25] non ha specificato il tipo di sport ma ha diviso la popolazione in due gruppi: uno costituito da atleti che praticano attività “overhead” e uno da atleti che praticano un’attività “non-overhead”; la suddivisione è avvenuta in fase di valutazione iniziale.

È stato riscontrato un ulteriore studio [27] che ha diviso la popolazione in due gruppi: uno costituito da atleti overhead e uno da atleti che “utilizzano gli arti superiori durante l’attività sportiva”.

Gli studi che si sono focalizzati sugli infortuni di spalla e non solo sulla performance della stessa hanno valutato gli atleti con metodi differenti.

Lo studio [32] include sia atleti sani che infortunati; tuttavia, non specifica il tipo di infortunio, ma si limita a valutare i partecipanti tramite il questionario “*Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Outcome Measure*” (DASH), il “*Penn Shoulder Score*” (PSS), il “*Kerlan-Jobe Orthopaedic Clinic shoulder and elbow score*” (KJOC), il “*Sports and Symptom Survey Form*”, il “*Simple Shoulder Test*” e la “*Visual Analog Scale*” (VAS).

Anche lo studio [3] include atleti (n=14) con un infortunio alla spalla, ma non ne specifica la patologia. In questo caso sono stati utilizzati questionari simili o uguali a quelli dello studio precedente (Quick DASH, KJOC). In questo studio trasversale viene aggiunto un parametro di cut-off nel questionario KJOC pari a 80; per il quale, al di sotto di questo punteggio l’atleta viene considerato con una disfunzione al complesso della spalla.

Un altro studio trasversale [24] che comprende atleti con dolore alla spalla (n=25), si rivela essere più specifico, valutando i partecipanti tramite una batteria composta da tre test: test di Neer, test di Hawkins-Kennedy e test dell’arco doloroso di Jobe. Questo criterio di inclusione permette di essere più specifici nella tipologia di infortunio, andando a “selezionare” gli atleti che presentano sintomi da impingement diagnosticabili clinicamente.

La specificità e selettività dei partecipanti con dolore alla spalla è un fattore che indica una buona qualità dello studio preso in considerazione. Nell'articolo di Zandi et al. (2018) [30], le giocatrici di pallavolo con dolore alla spalla (n=14) sono state valutate tramite test ortopedici come il "*Load and shift test*" e il "*Crank apprehension test*" dopo la somministrazione del questionario DASH (cut-off < 25) e della scala VAS per valutare la presenza di instabilità anteriore di spalla (ASI). Allo stesso modo, le atlete asintomatiche sono state sottoposte a criteri di inclusione che comprendessero: assenza di dolore al momento della valutazione, assenza di lesioni o traumi alla colonna o agli arti superiori negli ultimi 6 mesi e punteggio nella scala DASH > 10.

Altri due studi [25, 27] di ottima qualità effettuati da Pontillo et al., valutano gli atleti infortunati alla spalla, con criteri di inclusione aggiuntivi: l'assenza di trauma diretto al momento dell'infortunio, la limitazione sportiva e l'avvenimento dell'infortunio nei 6 mesi precedenti. Successivamente è stato somministrato il PSS per valutare la disabilità percepita e in seguito è stato effettuato uno screening comprendente le valutazioni del ROM articolare passivo in tutte le direzioni, della forza (flessione, abduzione, adduzione, intra ed extra-rotazione in posizione di abduzione neutra) e dei test provocativi per dolore alla spalla ("*Anterior and posterior apprehension tests*", "*Biceps load I and II*", "*Jerk Test*", "*Empty can test*", "*External rotation lag sign*", e "*Neers test*").

Gli ultimi studi sono dettagliati e completi nel descrivere gli atleti con dolore alla spalla, poiché questi vengono classificati in una delle seguenti categorie: tendinopatia della cuffia dei rotatori, lesione della cuffia dei rotatori, instabilità anteriore, instabilità posteriore, instabilità multidirezionale, e patologia del labbro glenoideo.

La valutazione della core stability è avvenuta tramite metodi molto differenti a seconda dello studio. In alcuni articoli lo stesso test è stato effettuato in modo diverso o con tempistiche diverse. Ciò rende difficile la

standardizzazione e la valutazione specifica della core stability. I test utilizzati sono stati riassunti nella tabella seguente (Tabella 6).

Nome	Tipologia	Descrizione	Studio
Sorensen Test	Statico	Il paziente, in posizione prona, viene sostenuto da delle cinture con il tronco al di fuori del lettino e le braccia incrociate. Il test consiste nel mantenimento di una posizione standard senza perdere contatto con un sensore posto sulla schiena del paziente. È stata indicata come la prova più valida per valutare la resistenza dei muscoli estensori del tronco.	[3, 24, 25, 30]
Side plank/ Side bridge	Statico	Mantenimento della posizione di Side plank, nella quale il paziente si sostiene con il gomito su un lato, mantenendo una corretta simmetria degli altri segmenti corporei.	[3, 30]
Endurance Flexor Test (Mc Gil, 1999)	Statico	La posizione di partenza è seduta, con la parte superiore del corpo contro un cuneo con un angolo di 60°. Le ginocchia e l'anca vengono flesse a 90°, le braccia incrociate sul petto e le dita dei piedi posizionate sotto due cinghie. Durante il test, il paziente deve mantenere la posizione del corpo mentre il cuneo di supporto viene portato indietro di 10 cm. Il test si conclude quando la parte superiore del corpo scende sotto i 60° iniziali.	[24, 25, 30]
Star Excursion Balance Test (SEBT)	Dinamico	Il paziente, correttamente posizionato e in appoggio su un piede, deve completare il circuito raggiungendo la massima distanza con il piede non in appoggio sulla linea segnata a terra. Il test valuta il controllo neuromuscolare dinamico della pelvi.	[24, 26]

Tabella 6: Test di valutazione della core stability

Nome	Tipologia	Descrizione	Studio
Upper Quarter Y Balance Test (UQ-YBT)	Dinamico	La piattaforma utilizzata è la stessa del Y Balance Test. Il paziente è in posizione di “push up” e deve spingere la “scatola” nelle direzioni mediale, superolaterale e inferolaterale, supportandosi con l'altra mano.	[23]
Seated Core Neuromuscular Test	Statico e Dinamico	Il partecipante è seduto con le braccia incrociate e gli arti inferiori avvolti da delle cinture, su una tavola con una superficie emisferica al di sotto. Il centro di pressione (COP) viene mostrato su un display. Il paziente deve mantenere il COP in un punto preciso (equilibrio statico) o spostarlo a seconda del task richiesto (equilibrio dinamico).	[27]
Salto (tramite valgismo di ginocchio)	Dinamico	Gli atleti di pallamano devono correre e saltare, lanciando la palla in una porta posta a 9 metri di distanza. 11 sensori posti in punti diversi del loro corpo monitorano il movimento. L'instabilità del complesso lombopelvico viene valutata tramite il valgismo di ginocchio: l'instabilità lombopelvica è stata definita da un valgismo uguale o superiore a 17° nella fase di atterraggio.	[28]
Single leg Squat	Dinamico	Il partecipante deve sostenersi su una gamba, incrociare le braccia sul petto, flettere il ginocchio senza carico a 90° (estendendo l'arto non in appoggio dietro il corpo) e accovacciarsi il più in basso possibile mantenendo l'equilibrio e risalendo in posizione neutra. L'instabilità lombopelvica è stata considerata con un valgismo del ginocchio maggiore di 15° a 45° di flessione del ginocchio nella fase eccentrica dello squat.	[31]

Tabella 6: Test di valutazione della core stability

Nome	Tipologia	Descrizione	Studio
Single Leg Stance (SLS)	Statico	Con le braccia incrociate sul petto, mantenere un arto inferiore in appoggio mentre il controlaterale viene flesso finché il piede non raggiunge l'altezza della caviglia in appoggio. Il test è stato eseguito anche ad occhi chiusi.	[3, 25, 27]
Double Leg Lowering Test (DLL)	Statico	Il paziente è in posizione supina, con le ginocchia estese e le anche flesse a 90°. Da questa posizione, i soggetti abbassano lentamente le gambe verso il pavimento senza far variare la pressione del sensore della pressione sanguigna sotto la colonna lombare. Quando la pressione cambia di 10 mmHg, l'angolo formato dalle anche viene misurato.	[3, 25]
Y Balance Test	Dinamico	Al paziente viene chiesto di portare con il piede non in appoggio una "scatola" posizionata su un supporto a forma di Y nelle direzioni anteriore, posteromediale e posterolaterale, con le mani sui fianchi e in appoggio su una gamba.	[25, 26]

Tabella 6: Test di valutazione della core stability

Analizzando i risultati, 8 studi su 11 hanno rilevato una correlazione positiva tra core stability e performance o infortuni alla spalla.

L'analisi e la valutazione della performance di spalla più specifica ed adeguata riguarda l'impiego del "*Functional Throwing Performance Index*" (FTPI) [23]. Questo test determina la precisione del tiro dell'atleta. Un quadrato di lato 30,48 cm viene disegnato ad un'altezza di 1,22 m su un muro. L'atleta, posizionatosi a una distanza di 4,57 m dal bersaglio, deve lanciare una palla (di 50,8 cm di circonferenza) nel bersaglio il maggior numero di volte in 30 secondi. Il FTPI viene calcolato dividendo il numero di lanci al bersaglio per il numero totale di lanci. L'indice è stato definito come una misura oggettiva e affidabile (Hussain I, 2011).

Lo studio [26] ha utilizzato un test non specifico per la spalla, ossia la valutazione del “*Functional Movement Screen Patterns*” (FMS), una batteria di test standardizzati impiegati come metodo di valutazione per la performance sportiva.

I risultati di tutti gli studi sono analizzati nella tabella 7 (Allegato).

5. DISCUSSIONE

La natura ripetitiva degli sport overhead e il meccanismo di lancio causano grandi stress all’articolazione della spalla, che si rivela essere un sito comune di disfunzioni e infortuni. Un meccanismo che spiega tale fenomeno può essere il “paradosso del lanciatore” descritto da Wilk, che illustra come la sfida principale nella riabilitazione degli atleti overhead sia bilanciare la mobilità necessaria per una buona performance con la stabilità che consente la prevenzione degli infortuni.²⁹ Un ruolo cruciale viene svolto dal controllo neuromuscolare, dagli stabilizzatori dinamici della spalla e dalla regione della core, che permette di “collegare” il movimento degli arti inferiori con quello degli arti superiori.

Pertanto, lo scopo della revisione è stato indagare il ruolo del controllo lombopelvico, o core stability, sugli infortuni e sulla performance degli atleti overhead. L’eterogeneità degli studi, degli sport e dei partecipanti presenti all’interno di essi, rende però difficile il confronto standardizzato riguardo le modalità di valutazione e gli outcome. Per questo è necessaria una discussione più approfondita in seguito all’esposizione dei risultati.

La revisione ha analizzato 11 articoli che hanno proposto diverse tipologie di valutazione della core stability e della spalla, indagando in questo distretto dolore, infortuni e performance.

8 studi su 11 sono concordi nell’affermare che la core stability è correlata alla performance atletica [23, 28], al movimento funzionale corretto [3, 24, 26, 31] o agli infortuni [24, 30, 32]. Lo studio di Pogetti et al [24] ha evidenziato che gli atleti con dolore alla spalla hanno una minor resistenza dei muscoli laterali della zona della core e un ridotto controllo neuromuscolare rispetto agli atleti asintomatici. La resistenza di questi muscoli è fondamentale per

garantire stabilità, soprattutto durante sport ripetitivi come quelli overhead. Un muscolo molto importante in questo caso è il gran dorsale che, date le sue note connessioni anatomiche con la fascia toracolombare (Capitolo 1), è coinvolto nel fondamentale meccanismo di trasferimento di energia nella catena cinetica.

Il precedente studio si trova in accordo con quelli effettuati da Radwan [3] Zandi [30]. Quest'ultimo ha individuato una diminuzione della resistenza dei muscoli anteriori e laterali della core tra il gruppo con dolore alla spalla e quello asintomatico. È stato inoltre osservata una maggior resistenza dei muscoli laterali dal lato non sintomatico, rispetto a quello sintomatico, nel gruppo con instabilità anteriore di spalla associata a dolore. Questa osservazione è interessante dal punto di vista riabilitativo e necessita di ulteriori approfondimenti.

La revisione sistematica condotta da Cope et al. (2019), comprende 9 studi riguardanti la relazione tra performance del tiro overhead e controllo lombopelvico; 8 studi hanno evidenziato outcome statisticamente significativi nella velocità, nella distanza e nella precisione del tiro. Nella stessa revisione sono stati analizzati 6 studi riguardanti la relazione tra core stability e infortuni. 5 dei 6 studi analizzati hanno dimostrato una correlazione significativa tra incidenza degli infortuni e controllo lombopelvico, concludendo dunque che un maggior controllo lombopelvico ridurrebbe il rischio di infortuni alla spalla.

Negli studi analizzati in questa revisione, la valutazione della core stability è avvenuta con test statici [3, 30], con test dinamici [26, 23, 28, 31], o tramite entrambi [24, 25, 27]. Tutti gli studi che hanno utilizzato test dinamici hanno riscontrato correlazioni tra il complesso lombopelvico e la qualità del movimento o la performance della spalla in atleti overhead. Tra gli studi che hanno valutato sia il controllo statico che dinamico, 2 [25, 27] non riscontrano differenze significative negli atleti con e senza dolore alla spalla nelle misurazioni di stabilità della core.

Come viene evidenziato da Cope (2019), “poiché la performance atletica è dinamica, è più appropriato avvalersi di misurazioni dinamiche del controllo lombopelvico, poiché quelle statiche possono celare alcuni dati se utilizzate in una popolazione atletica”.³²

3 studi su 6 che hanno valutato la core stability e gli infortuni o il dolore [24, 30, 32] sono concordi nell'affermare la presenza di una relazione tra i due. Una revisione narrativa della letteratura [9] che è stata inclusa nella ricerca non supporta completamente tale tesi, affermando la necessità di studi futuri per poter dimostrare una relazione tra controllo lombopelvico e infortuni o dolore alla spalla.

Gli studi di Pontillo [25, 27], al contrario, non riscontrano differenze significative nelle misurazioni della core stability in atleti con e senza dolore alla spalla, utilizzando i test DLLT e YBT. La popolazione studiata è omogenea in termini di età, genere e sport praticato. Tuttavia, la limitazione principale è l'assenza di test che includano il trasferimento di forze e il controllo neuromuscolare, componenti fondamentali della teoria della catena cinetica della core stability (paragrafo 1.1). Un'ulteriore limitazione riscontrata è la tipologia di studio: essendo questa trasversale e non longitudinale, non permette di determinare se il deficit di core stability sia un fattore causale degli infortuni.

Gli articoli con maggior rilevanza scientifica [23, 32] sostengono l'ipotesi iniziale. Il trial clinico randomizzato condotto da Jha P. et al (2022) afferma che un programma di core training migliora la performance nei test specifici di spalla (UQ-YBT e FTPI) e la velocità del servizio del 4,9% nei tennisti junior di livello nazionale. Secondo questo studio, gli esercizi che migliorano la core stability possono influenzare l'abilità dell'atleta di attivare la muscolatura secondo pattern più coordinati, permettendo lo sviluppo e il trasferimento di forze maggiori. Questo potrebbe spiegare i miglioramenti significativi nei test specifici sopra citati dopo cinque settimane di allenamento. Infatti, dopo il programma di allenamento, il gruppo sperimentale ha mostrato un miglioramento del $\approx 19\%$ nel UQ-YBT e un miglioramento del $\approx 35\%$ nel FTPI, mentre il gruppo di controllo non ha mostrato alcun miglioramento statisticamente significativo. La limitazione principale di questo studio, tuttavia, è la scarsa omogeneità dei gruppi sperimentale e di controllo, che presentavano diversi livelli di attività e competenze sportive.

CONCLUSIONI

I risultati raccolti dagli studi non suggeriscono omogeneità. Questo è dovuto da numerosi fattori e caratteristiche degli studi. Le differenze nella popolazione degli studi, in termini di età, sport praticato, ore di allenamento settimanali effettuate influiscono su questo aspetto.

Inoltre, è necessario considerare anche i diversi metodi di valutazione della core stability utilizzati nei diversi articoli (Paragrafo 4) che rendono i risultati più eterogenei e meno comparabili.

Il concetto di core stability (o controllo lombopelvico) è complesso, così come è complessa la neurofisiologia di tale distretto e questo probabilmente influisce sulla difficoltà nell'individuare un insieme di test specifici che la valutino in modo oggettivo.

Quando la valutazione viene effettuata sugli atleti, è importante però, effettuare valutazioni statiche e dinamiche del controllo lombopelvico, poiché la performance e gli infortuni avvengono in modo dinamico, su più piani di movimento.

Nel complesso gli studi con maggior rilevanza indicano che un maggior controllo lombopelvico possa essere correlato a una miglior performance e a una riduzione degli infortuni negli atleti overhead. Questo è importante per gli atleti, gli allenatori e i fisioterapisti che possono intervenire in modo preventivo o riabilitativo negli infortuni degli atleti di queste discipline, migliorandone le performance.

Tuttavia sono necessari ulteriori studi, che possano definire un protocollo di valutazione della core stability in modo da rendere i risultati più oggettivi.

BIBLIOGRAFIA

1. Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current sports medicine reports*, 7(1), 39–44.
2. Segen's Medical Dictionary. March 19, 2023. S.v. "Overhead Sport."
3. Radwan, A., Francis, J., Green, A., Kahl, E., Maciurzynski, D., Quartulli, A., Schultheiss, J., Strang, R., & Weiss, B. (2014). Is there a relation between shoulder dysfunction and core instability?. *International journal of sports physical therapy*, 9(1), 8–13.
4. Murakami AM, Kempel AJ, Engebretsen L, Li X, Forster BB, Crema MD, Hayashi D, Jarraya M, Roemer FW, Guermazi A. The epidemiology of MRI detected shoulder injuries in athletes participating in the Rio de Janeiro 2016 Summer Olympics. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018 Aug 17;19(1):296.
5. Shanley E, Thigpen C. Throwing injuries in the adolescent athlete. *Int J Sports Phys Ther*. 2013 Oct;8(5):630-40.
6. 'The core': Understanding it, and retraining its dysfunction, *Journal of Bodywork & Movement Therapies* (2013).
7. Kibler, W.B., Press, J. & Sciascia, A. The Role of Core Stability in Athletic Function. *Sports Med* 36, 189–198 (2006).
8. Frank, C., Kobesova, A., & Kolar, P. (2013). Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *International journal of sports physical therapy*, 8(1), 62–73.
9. Silfies, S. P., Ebaugh, D., Pontillo, M., & Butowicz, C. M. (2015). Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *Brazilian journal of physical therapy*, 19(5), 360–368.
10. Smith B.E., littlewood c., May S. An update of stabilisation exercises for low back pain: a systematic review with meta-analysis. *BMC, musculoskeletal disorders*, 2014; 15:416.
11. Neumann A. Donald, *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation 3e*. (2017) St. Louis, MO: Mosby. (Page 405-408).
12. Neumann A. Donald, *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation 3e*. (2017) St. Louis, MO: Mosby. (Page 382).
13. Hoffman, J., & Gabel, P. (2013). Expanding Panjabi's stability model to express movement: a theoretical model. *Medical hypotheses*, 80(6), 692–697.
14. Gibbons, Sean. (2001). Strength versus stability Part I; Concept and terms. *Orthopaedic Division Review*. 21-27.
15. Neumann A. Donald, *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation 3e*. (2017) St. Louis, MO: Mosby. (Page 414-416).
16. Kisner, Carol; Colby, Lynn Allen (2019). *Therapeutic Exercise*. F A Davis Company. (Page 450-454)
17. Hirashima, M., Kadota, H., Sakurai, S., Kudo, K., & Ohtsuki, T. (2002). Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. *Journal of sports sciences*, 20(4), 301–310.
18. Takakusaki K. (2017). Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control. *Journal of movement disorders*, 10(1), 1–17.

19. Terry, G. C., & Chopp, T. M. (2000). Functional anatomy of the shoulder. *Journal of athletic training*, 35(3), 248–255.
20. Kisner, Carol; Colby, Lynn Allen (2019). *Therapeutic Exercise*. F A Davis Company. (Page 585-589)
21. Neumann A. Donald, *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation 3e*. (2017) St. Louis, MO: Mosby. (Page 140-141).
22. Kuniki, M., Iwamoto, Y., & Kito, N. (2022). Effects of core stability on shoulder and spine kinematics during upper limb elevation: A sex-specific analysis. *Musculoskeletal science & practice*, 62, 102621.
23. Jha, P., Nuhmani, S., Kapoor, G., Al Muslem, W. H., Joseph, R., Kachanathu, S. J., & Alsaadi, S. M. (2022). Efficacy of core stability training on upper extremity performance in collegiate athletes. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 22(4), 498–503.
24. Pogetti, L. S., Nakagawa, T. H., Conteçote, G. P., & Camargo, P. R. (2018). Core stability, shoulder peak torque and function in throwing athletes with and without shoulder pain. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 34, 36–42.
25. Pontillo, M., Silfies, S., Butowicz, C. M., Thigpen, C., Sennett, B., & Ebaugh, D. (2018). COMPARISON OF CORE STABILITY AND BALANCE IN ATHLETES WITH AND WITHOUT SHOULDER INJURIES. *International journal of sports physical therapy*, 13(6), 1015–1023.
26. Bagherian, S., Ghasempoor, K., Rahnama, N., & Wikstrom, E. A. (2019). The Effect of Core Stability Training on Functional Movement Patterns in College Athletes. *Journal of sport rehabilitation*, 28(5), 444–449.
27. Pontillo, M., Butowicz, C. M., Ebaugh, D., Thigpen, C. A., Sennett, B., & Silfies, S. P. (2020). Comparison of core neuromuscular control and lower extremity postural stability in athletes with and without shoulder injuries. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 71, 196–200.
28. Gilmer, G. G., Gascon, S. S., & Oliver, G. D. (2018). Classification of lumbopelvic-hip complex instability on kinematics amongst female team handball athletes. *Journal of science and medicine in sport*, 21(8), 805–810.
29. Wilk, K. E., Arrigo, C. A., Hooks, T. R., & Andrews, J. R. (2016). Rehabilitation of the Overhead Throwing Athlete: There Is More to It Than Just External Rotation/Internal Rotation Strengthening. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, 8(3 Suppl), S78–S90.
30. Zandi S, Rajabi R, Minoonejad H, Mohseni-Bandpei M. Core muscular endurance in volleyball players with anterior shoulder instability and asymptomatic players. *Med Sport* 2018;71:96-106.
31. Gilmer, G. G., Washington, J. K., Dugas, J. R., Andrews, J. R., & Oliver, G. D. (2019). The Role of Lumbopelvic-Hip Complex Stability in Softball Throwing Mechanics. *Journal of sport rehabilitation*, 28(2), 196–204.
32. Cope, T., Wechter, S., Stucky, M., Thomas, C., & Wilhelm, M. (2019). THE IMPACT OF LUMBOPELVIC CONTROL ON OVERHEAD PERFORMANCE AND SHOULDER INJURY IN OVERHEAD ATHLETES: A SYSTEMATIC REVIEW. *International journal of sports physical therapy*, 14(4), 500–513.

ALLEGATI

Articolo scientifico	Tipologia di Studio	Obiettivo	Materiali e Metodi	Risultati
<p>Gilmer, G. G., Washington, J. K., Dugas, J. R., Andrews, J. R., & Oliver, G. D. (2019). The Role of Lumbopelvic-Hip Complex Stability in Softball Throwing Mechanics. <i>Journal of sport rehabilitation</i>, 28(2), 196–204.</p>				<p>Altre differenze sono state riscontrate tra il gruppo di stabilità bilaterale e il gruppo di instabilità sulla gamba opposta a quella di lancio (NTS) nella flessione del tronco durante il rilascio della palla, nell'abduzione orizzontale della spalla nella fase di contatto del piede (FC), nella rotazione della spalla nella stessa fase e nella flessione del bacino durante la massima rotazione interna (MIR). Generalmente, i gruppi di instabilità mostravano più meccaniche improprie rispetto al gruppo stabile.</p>
<p>Zandi S, Rajabi R, Minoonejad H, Mohseni-Bandpei M. Core muscular endurance in volleyball players with anterior shoulder instability and asymptomatic players. <i>Med Sport</i> 2018;71:96-106.³⁰</p>	<p>Studio Caso-Controllo</p>	<p>L'obiettivo primario dello studio è di investigare la relazione tra resistenza muscolare della core e instabilità anteriore di spalla (ASI), in pallavoliste sintomatiche e asintomatiche</p>	<p>Lo studio comprende due gruppi femminili di 14 atlete (n=28): un gruppo sintomatico e uno non sintomatico. La scala VAS e il questionario DASH sono stati utilizzati per indagare dolore e disabilità percepiti nei due gruppi. Successivamente sono stati effettuati 3 test di resistenza della core stability (flessori di tronco, estensori di tronco e "Side Bridge").</p>	<p>Gli outcome sono risultati migliori nel gruppo "sano" in tutti i test effettuati. Tuttavia, la differenza era significativa solo nel test dei flessori di tronco (92.14±9.469 vs. 114.14±12.990, t=-5.121, P=0.001) e nel "Side Bridge" dal lato dominante (62.07±6.557 vs. 76.29±5.121, t=-6.393, P=0.001).</p>

Tabella 7: tabella sinottica dei risultati

Articolo scientifico	Tipologia di Studio	Obiettivo	Materiali e Metodi	Risultati
<p>Cope, T., Wechter, S., Stucky, M., Thomas, C., & Wilhelm, M. (2019). THE IMPACT OF LUMBOPELVIC CONTROL ON OVERHEAD PERFORMANCE AND SHOULDER INJURY IN OVERHEAD ATHLETES: A SYSTEMATIC REVIEW. <i>International journal of sports physical therapy</i>, 14(4), 500–513.³²</p>	<p>Revisione Sistematica</p>	<p>L'obiettivo primario di questa revisione è quello di valutare il controllo lombopelvico (core stability) e relazionarlo alla performance e agli infortuni di spalla.</p>	<p>È stata condotta una ricerca sistematica utilizzando le banche dati PubMed, CINAHL, ProQuest, Scopus e SPORTDiscus. Gli articoli sono stati inclusi se valutavano la spalla e la “core” con dei test specifici, statici o dinamici. Gli atleti considerati sono overhead e gli outcome riguardano la performance e gli infortuni.</p>	<p>Gli studi inclusi nella revisione sono 15, 9 di questi riguardano le performance e 6 gli infortuni alla spalla. Gli sport presi in considerazione sono diversi: 6 includono il baseball o softball, i rimanenti includono nuoto, pallamano, pallanuoto, lacrosse, basketball e football.</p> <p>La maggior parte degli articoli hanno concluso che gli atleti con un maggior controllo lombopelvico risultano meno a rischio di infortuni alla spalla.</p>
<p>Radwan, A., Francis, J., Green, A., Kahl, E., Maciurzynski, D., Quartulli, A., Schultheiss, J., Strang, R., & Weiss, B. (2014). Is there a relation between shoulder dysfunction and core instability?. <i>International journal of sports physical therapy</i>, 9(1), 8–13.³</p>	<p>Studio Trasversale</p>	<p>Lo scopo di questo studio è analizzare le differenze di stabilità della core negli atleti sani e in quelli con disfunzione della spalla. Lo scopo secondario è esplorare la relazione tra le misure della stabilità della core e le misure della disfunzione della spalla.</p>	<p>61 atleti della Divisione III (28 maschi, 33 femmine) sono stati reclutati per partecipare a questo studio. La loro età media era di $19,3 \pm (1,1)$ anni, il peso medio era di $78,7 \pm (16,7)$ kg. e l'altezza media era di $172,2 \pm (8,9)$ cm. Gli atleti appartenevano a sport overhead differenti. 48 di loro sono risultati sani alla valutazione iniziale e 14 sono risultati con una disfunzione alla spalla.</p>	<p>Il gruppo sperimentale aveva un equilibrio significativamente inferiore nel “Single-Leg Balance Test” rispetto al gruppo di controllo con medie rispettivamente di $10,14 \pm (5,76)$ secondi e $18,98 \pm (15,22)$ secondi. Secondo questo studio, una maggiore disfunzione della spalla è correlata a una maggiore carenza di equilibrio e stabilità.</p>

Tabella 7: tabella sinottica dei risultati

Articolo scientifico	Tipologia di Studio	Obiettivo	Materiali e Metodi	Risultati
<p>Pogetti, L. S., Nakagawa, T. H., Contecote, G. P., & Camargo, P. R. (2018). Core stability, shoulder peak torque and function in throwing athletes with and without shoulder pain. <i>Physical therapy in sport: official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine</i>, 34, 36–42.²⁴</p>	<p>Studio Trasversale</p>	<p>Questo studio compara la core stability, il massimo momento isocinetico della spalla e la sua funzionalità, in atleti lanciatori con e senza dolore alla spalla.</p>	<p>In questo studio sono stati reclutati 25 atleti con dolore alla spalla e 30 senza dolore. Gli atleti sintomatici dovevano presentare i sintomi da impingement, clinicamente testati in fase valutativa tramite il test di Neer, quello di Hawkins-Kennedy e quello di Jobe. Gli atleti asintomatici non dovevano presentare infortuni o storia clinica di dolore alla spalla o al collo. Tutti i 55 atleti che hanno partecipato allo studio sono stati sottoposti a due scale di valutazione: “Athletic Shoulder Outcome Rating Scale (ASORS)” e “Shoulder Pain and Disability Index (SPADI)”.</p>	<p>Gli atleti sintomatici hanno dimostrato un minor tempo di resistenza dei flessori laterali del tronco e dei risultati peggiori durante lo “Star Excursion Balance Test” rispetto agli atleti “sani”. Gli atleti con dolore alla spalla hanno dimostrato una maggior disabilità e minor livello di soddisfazione nell’arto dominante. Non sono state notate differenze nel massimo momento isocinetico e nel ROM della spalla in rotazione esterna e interna nei due gruppi.</p>
<p>Pontillo, M., Silfies, S., Butowicz, C. M., Thigpen, C., Sennett, B., & Ebaugh, D. (2018). COMPARISON OF CORE STABILITY AND BALANCE IN ATHLETES WITH AND WITHOUT SHOULDER INJURIES. <i>International journal of sports physical therapy</i>, 13(6), 1015–1023.²⁵</p>	<p>Studio Trasversale</p>	<p>L’obiettivo dello studio è di comparare le misurazioni cliniche della core stability e l’equilibrio in atleti con e senza infortuni non traumatici di spalla.</p>	<p>80 atleti (54 maschi, età: 21,2 + 3,3 anni) hanno partecipato a questo studio. 40 di questi presentavano un infortunio alla spalla. Gli atleti hanno completato i test clinici per la core, tra cui i test di resistenza, il “Double Leg Lowering Test” e i test di equilibrio “Single Leg Stance” e il “Y Balance Test”. I MANOVA sono stati utilizzati per valutare le differenze di gruppo.</p>	<p>Non sono state riscontrate differenze statisticamente significative nei test per la core stability e nelle misurazioni di equilibrio statiche e dinamiche tra gli atleti con dolore alla spalla e quelli senza dolore.</p>

Tabella 7: tabella sinottica dei risultati

Articolo scientifico	Tipologia di Studio	Obiettivo	Materiali e Metodi	Risultati
<p>Bagherian, S., Ghasemipoor, K., Rahnama, N., & Wikstrom, E. A. (2019). The Effect of Core Stability Training on Functional Movement Patterns in College Athletes. <i>Journal of sport rehabilitation</i>, 28(5), 444-449.²⁶</p>	<p>Studio Trasversale</p>	<p>L'obiettivo primario di questo studio è quello di determinare l'effetto di un programma di esercizi di 8 settimane, incentrato sulla core stability, sui pattern funzionali di movimento degli atleti. Il secondo scopo dello studio è quello di determinare se il programma di allenamento fosse più efficace per gli atleti con una qualità di movimento peggiore.</p>	<p>100 atleti maschi sani tra i 18 e i 22 anni sono stati compresi nello studio, più della metà di questi praticante sport overhead (basketball = 40, pallavolo = 12). Le misure di outcome prevedevano il "Y balance test", il "Functional Movement Screen" e il "Lateral Step Down", eseguiti prima e dopo le 8 settimane di allenamento. I partecipanti sono stati analizzati e divisi in due gruppi, uno di controllo e uno sperimentale.</p>	<p>Il programma di 8 settimane ha portato a miglioramenti nei test precedentemente effettuati nel gruppo sperimentale rispetto a quello di controllo ($p < 0.001$). I punteggi hanno dimostrato un miglioramento maggiore nel risultato del "Functional Movement Screen" negli atleti con minor qualità di movimento.</p>
<p>Jha, P., Nuhmani, S., Kapoor, G., Al Muslem, W. H., Joseph, R., Kachanathu, S. J., & Alsaadi, S. M. (2022). Efficacy of core stability training on upper extremity performance in collegiate athletes. <i>Journal of musculoskeletal & neuronal interactions</i>, 22(4), 498-503.²³</p>	<p>Trial Clinico Controllato Randomizzato (RCT)</p>	<p>Determinare l'efficacia di un programma di allenamento di core stability di 5 settimane sulle performance dell'arto superiore degli atleti</p>	<p>70 atleti collegiali sani sono stati assegnati in modo casuale al gruppo sperimentale ($n=35$) e al gruppo di controllo ($n=35$). Il gruppo sperimentale ha eseguito un protocollo di core stability di 5 settimane (3 giorni/settimana) e un allenamento regolare, mentre il gruppo di controllo ha mantenuto l'allenamento regolare. Il "Y balance test" del quadrante superiore (UQ-YBT) e il "Functional Throwing Performance Index" sono stati valutati prima e dopo l'allenamento.</p>	<p>I risultati di ANOVA mostrano risultati positivi significativi dopo le 5 settimane di allenamento, tra il tempo e le variabili nei test precedentemente citati. (YBT ($p < 0.001$, $\eta = 0.759$) and FTPI ($p < 0.001$, $\eta = 0.411$)). Miglioramenti significativi si possono notare nel gruppo sperimentale nei test YBT e FTPI ma non nel gruppo di controllo (mean change YBT=15.2, $p < 0.00$, mean change FTPI=14.4, $p < 0.001$).</p>

Tabella 7: tabella sinottica dei risultati

Articolo scientifico	Tipologia di Studio	Obiettivo	Materiali e Metodi	Risultati
<p>Silfies, S. P., Ebaugh, D., Pontillo, M., & Butowicz, C. M. (2015). Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. <i>Brazilian journal of physical therapy</i>, 19(5), 360–368.⁹</p>	<p>Revisione Narrativa della Letteratura</p>	<p>Fornire una panoramica sulla definizione e sulle componenti della core stability, descrivere la relazione tra quest'ultima e gli infortuni agli arti superiori e la performance degli atleti.</p>	<p>Sono state effettuate 2 ricerche della letteratura nei database CINHALL, MEDLINE e SPORTDiscus. La prima ricerca è stata effettuata per identificare gli studi che mettersero in relazione la core stability con gli infortuni all'arto superiore. La seconda ricerca ha messo in relazione la core stability con la performance atletica dell'arto superiore.</p>	<p>La limitazione delle evidenze scientifiche non consente di supportare completamente le ipotesi di miglioramento di performance e prevenzione degli infortuni con programmi di core stability per gli atleti. Per questo sono necessari studi futuri.</p>
<p>Pontillo, M., Butowicz, C. M., Ebaugh, D., Thigpen, C. A., Sennett, B., & Silfies, S. P. (2020). Comparison of core neuromuscular control and lower extremity postural stability in athletes with and without shoulder injuries. <i>Clinical biomechanics (Bristol, Avon)</i>, 71, 196–200.²⁷</p>	<p>Studio Trasversale</p>	<p>Lo scopo di questo studio è quello di confrontare le misure biomeccaniche del controllo neuromuscolare e della core e della stabilità posturale degli arti inferiori tra atleti con e senza lesioni alla spalla non traumatiche.</p>	<p>80 atleti (54 maschi, età: 21,2 + 3,3 anni) hanno partecipato a questo studio. 40 di questi presentavano un infortunio alla spalla. Gli atleti sono stati divisi in 2 gruppi: overhead e non overhead. Gli atleti sono stati valutati con il questionario di Baecke e con il "Penn Shoulder Score". Sono stati valutati anche ROM, forza muscolare del distretto in esame e sono stati effettuati i test provocativi per infortuni alla spalla. Successivamente sono stati effettuati test statici e dinamici di core stability.</p>	<p>Non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra gli atleti con e senza infortuni alla spalla nelle misurazioni di stabilità statica ($F(4,75)=0.45$, $P=0.78$, $\eta^2=0.02$) e dinamica ($F(4,75)=0.81$, $P=0.52$, $\eta^2=0.04$).</p>

Tabella 7: tabella sinottica dei risultati

Articolo scientifico	Tipologia di Studio	Obiettivo	Materiali e Metodi	Risultati
<p>Gilmer, G. G., Gascon, S. S., & Oliver, G. D. (2018). Classification of lumbopelvic-hip complex instability on kinematics amongst female team handball athletes. <i>Journal of science and medicine in sport</i>, 21(8), 805–810.²⁸</p>	<p>Studio Trasversale</p>	<p>L'obiettivo dello studio è quello di esaminare come la stabilità del complesso lombopelvico influisce sulla cinematica di un lancio durante un salto, in atleti di pallamano.</p>	<p>20 atlete di pallamano (26,5 ± 4,7 anni; 1,75 ± 0,04 m; 74,4 ± 6,4 kg; livello di esperienza: 4,8 ± 4,1 anni) hanno partecipato allo studio. I dati della meccanica di tiro sono stati raccolti con sistemi elettromagnetici durante 3 salti di 9 metri con tiro, dividendo la popolazione in due gruppi (stabilità del complesso e instabilità). Le variabili considerate erano la cinematica del bacino, del tronco e della spalla; le velocità segmentali del bacino, del busto, dell'omero, dell'avambraccio e la velocità della palla. I dati sono stati analizzati in quattro eventi: contatto con il piede, rotazione esterna massima della spalla, rilascio della palla e rotazione interna massima della spalla.</p>	<p>Sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra i gruppi nelle velocità del bacino, del tronco, dell'omero e dell'avambraccio in tutti i casi ($p \leq 0,05$). In particolare, il gruppo instabile mostrava velocità significativamente più basse.</p>
<p>Gilmer, G. G., Washington, J. K., Dugas, J. R., Andrews, J. R., & Oliver, G. D. (2019). The Role of Lumbopelvic-Hip Complex Stability in Softball Throwing Mechanics. <i>Journal of sport rehabilitation</i>, 28(2), 196–204.³¹</p>	<p>Studio di Coorte Prospettico</p>	<p>Lo scopo dello studio è quello di valutare gli effetti della stabilità del complesso lombo-pelvico, tramite single leg squat (SLS), sulla biomeccanica di tiro degli atleti di softball.</p>	<p>50 atleti di softball hanno eseguito tre lanci overhead (di 18,29 m) e un SLS su ogni gamba. Dopo aver raccolto i dati con 11 sensori elettromagnetici, gli atleti sono stati suddivisi in 4 gruppi a seconda della stabilità degli arti inferiori.</p>	<p>In generale, nella popolazione totale di atleti, le differenze significative sono presenti tra il gruppo di stabilità bilaterale e quello di instabilità sulla gamba di lancio (TS), nei gradi di flessione del tronco durante il rilascio della palla.</p>

Tabella 7: tabella sinottica dei risultati