



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI
GENOVA
FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA
SEDE DI SAVONA**



**MASTER IN RIABILITAZIONE DEI DISORDINI
MUSCOLOSCHIELETRICI IX° ED.
TESI DI MASTER**

Il ruolo dell'esercizio pliometrico sulla performance funzionale e sul rinforzo della muscolatura della cuffia dei rotatori

Relatore:

Dott. Ft OMT Simone Miele

Candidata:

Dott.ssa Ft Carolina Casagrande

ANNO ACCADEMICO 2011/2012

INDICE

1. ABSTRACT	p. 1
2. INTRODUZIONE	p. 3
3. MATERIALI E METODI	p. 7
3.1 Criteri di eleggibilità	p. 8
4. RISULTATI	p. 10
5. DISCUSSIONE	p. 29
5.1 Effetti dell'esercizio pliometrico alla spalla	p. 30
5.1.1 Pliometria e forza muscolare	p. 30
5.1.2 Pliometria e ROM	p. 33
5.1.3 Pliometria e controllo neuromuscolare	p. 33
5.1.4 Pliometria e performance funzionale	p. 35
5.1.5 Gruppi muscolari coinvolti	p. 37
5.1.6 Il concetto di catena cinetica	p. 38
5.2 Definizione di un protocollo di riferimento	p. 39
5.2.1 Training pliometrico della cuffia nella preparazione atletica .	p. 40
5.2.2 Training pliometrico della cuffia nella riabilitazione	
conservativa della spalla	p. 41
5.2.3 Training pliometrico della cuffia nella riabilitazione	
post-chirurgica della spalla.....	p. 42
5.2.4 Controindicazioni all'esercizio pliometrico	p. 43
5.2.5 Struttura del training pliometrico	p. 43
5.2.6 Cadenza settimanale e durata del training pliometrico	p. 44
5.3 Pliometria: quali esercizi per la cuffia dei rotatori	p. 45
5.4 Pliometria, non solo cuffia dei rotatori: l'importanza	
della catena cinetica	p. 51

5.5 Progressione del carico dell'esercizio pliometrico (fase di riabilitazione)	p. 53
5.6 Progressione del carico dell'esercizio pliometrico (fase di allenamento)	p. 54
5.7 Esempio di progressione del trattamento pliometrico di un atleta lanciatore prima del ritorno in campo	p. 59
6. CONCLUSIONI	p. 65
7. BIBLIOGRAFIA	p. 67

1. ABSTRACT

Tipo di studio: revisione della letteratura

Obiettivi: illustrare il razionale dell'esercizio pliometrico, il suo utilizzo nella riabilitazione della spalla e in particolare della cuffia dei rotatori ed impostare un piccolo protocollo proponendo esercizi Evidence Based.

Background: la pliometria rappresenta una modalità di esercizio che prevede l'utilizzo dello Stretch Shortening Cycle (SSC). Questo meccanismo permette di incrementare il lavoro prodotto nella contrazione muscolare, sfruttando le risposte neurofisiologiche originate dai propriocettori del corpo ed inoltre dall'effetto meccanico di ritorno elastico generato nelle componenti elastiche non contrattili del muscolo. La pliometria rappresenta un link tra la fase di rinforzo generale e quella di ritorno all'attività specifica e permette di incrementare la performance funzionale del soggetto.

Materiali e metodi: la ricerca è stata condotta sulle banche dati Medline (attraverso il motore di ricerca Pubmed), Ebsco e PEDro; sono state utilizzate le seguenti parole-chiave: "plyometric", "plyometrics", "stretch shortening cycle" e "shoulder", "rotators". Sono stati presi in considerazione articoli pubblicati in lingua inglese ed inoltre è stata eseguito cross-referensing dalla bibliografia degli articoli analizzati.

Risultati: in questa revisione sono stati inclusi 23 articoli, di cui 6 sono RCT, 1 è un Case Series, 2 sono Case Report e 14 sono Reviews.

Discussione e conclusioni: dall'analisi degli studi inclusi è emerso come l'esercizio pliometrico sia in grado di incrementare la performance funzionale nelle attività che coinvolgono la spalla. Inoltre è stato riscontrato come la pliometria sia importante se applicata sia in programmi di prevenzione, sia di riabilitazione; in questo ultimo caso però la letteratura non riporta studi sperimentali di buona qualità, in grado di confermare quanto riportato dalle

revisioni narrative. È stata infine definita l'importanza dell'utilizzo dell'esercizio pliometrico applicato specificatamente all'intera cuffia dei rotatori, ma anche più in generale alla muscolatura della catena cinetica coinvolta nel gesto funzionale-sportivo specifico.

2. INTRODUZIONE

Nella riabilitazione dell'atleta infortunato e, più in generale, nell'allenamento sportivo il concetto di specificità rappresenta un parametro importante per definire un corretto programma di esercizi. Ciò che viene proposto durante la riabilitazione o l'allenamento, infatti, deve essere coerente con il tipo di necessità funzionale specifica richiesta da una determinata attività sportiva^[11].

L'esercizio pliometrico rappresenta una modalità di allenamento che permette di ottemperare a questo scopo e rappresenta un importante link tra la fase di rinforzo generale e quella di ritorno all'attività specifica.

La parola pliometria deriva dal greco *pleos* (più) e *metros* (misura) e corrisponde a un tipo di attività fisica che consente di incrementare la quantità di lavoro e forza prodotta, sfruttando le proprietà elastiche e reattive del muscolo.

Nella normale funzione muscolare, il muscolo subisce un allungamento prima di contrarsi concentricamente, in un meccanismo definito come stretch shortening cycle (SSC). Questo è il principio alla base dell'esercizio pliometrico e viene spiegato sulla base di due importanti meccanismi: uno di tipo neurofisiologico e uno meccanico.

Da un punto di vista neurofisiologico la pliometria sfrutta le risposte che vengono prodotte dai propriocettori del corpo (fusi neuromuscolari, organi tendinei del Golgi, recettori articolari e legamentosi), determinando facilitazione, inibizione o modulazione tra i muscoli agonisti e antagonisti^[29].

In particolare i fusi neuromuscolari, localizzati tra le fibre intrafusali all'interno di strutture capsulari, rispondono alle variazioni di velocità provocate dal rapido allungamento delle fibre extrafusali del muscolo e determinano un'immediata contrazione dell'agonista e dei sinergisti. Essendo questo meccanismo mediato a livello spinale da un riflesso monosinaptico, più lo stimolo è veloce e forte, più rapida sarà la risposta prodotta.

Anche gli organi tendinei del Golgi, collocati invece in serie con le fibre extrafusali, a livello della giunzione mio-tendinea (sia all'origine, sia all'inserzione del muscolo) sono sensibili alla variazione di tensione, prodotta anch'essa

dall'allungamento muscolare. Il loro effetto però, a differenza dei fusi neuromuscolari, è di tipo inibitorio sul muscolo e sui sinergisti, rappresentando quindi un meccanismo protettivo contro l'ipercontrazione o l'allungamento muscolare. Considerando inoltre che l'organo tendineo del Golgi sviluppa a livello midollare un riflesso di tipo polisinaptico, utilizzando infatti almeno un interneurone nella trasmissione dell'impulso, questa risposta risulta essere più lenta rispetto a quella prodotta dal fuso neuromuscolare.

A questa spiegazione neurofisiologica si aggiunge l'effetto meccanico prodotto dalle proprietà elastiche del muscolo, in particolare la sua componente elastica non contrattile posta in serie. Durante la contrazione eccentrica, infatti, si verifica un accumulo di energia elastica potenziale, che viene poi rilasciata durante la successiva contrazione concentrica. Questa capacità del muscolo di utilizzare l'energia elastica, accumulata nelle componenti di tessuto connettivo, dipende da variabili di tempo, dalla quantità di allungamento, dalla velocità dell'allungamento e dal tipo di fibre muscolari coinvolte. Infatti, anche in questo caso, la quantità di energia elastica sarà tanto maggiore, quanto più breve e veloce sarà il tempo di allungamento e inoltre quanto più piccolo sarà il range di movimento coinvolto.

L'allenamento pliometrico ha quindi lo scopo di ottimizzare al massimo l'azione muscolare, attraverso l'aumento di velocità del riflesso miotattico da stiramento, prodotto in risposta alla stimolazione dei fusi neuromuscolari e, allo stesso tempo, desensibilizzando gli organi tendinei del Golgi, in modo da ridurre la loro azione protettiva, che solitamente sviluppano non appena il muscolo raggiunge una tensione tale da generare un danno potenziale ^[29]. In questo modo è possibile sfruttare, sommandola al lavoro concentrico, anche il meccanismo di rilascio di energia elastica potenziale, accumulata durante la fase di ammortizzazione.

Gli effetti sopra elencati si verificano all'interno delle tre fasi che compongono l'esercizio pliometrico: la fase eccentrica, quella di ammortizzazione e quella concentrica.

La prima ha inizio non appena la persona si prepara mentalmente a eseguire un'attività e finisce quando ha inizio lo stimolo di allungamento. In questo lasso di

tempo vengono stimolati i recettori muscolari allo scopo di preparare il muscolo al successivo carico.

La fase di ammortizzazione, invece, è rappresentata dalla quantità di tempo che intercorre tra la fine della contrazione eccentrica e l'inizio della concentrica; minore sarà la durata di questa fase, più efficace e potente sarà l'utilizzo di energia elastica potenziale accumulata e maggiore sarà anche la risposta del riflesso da stiramento.

Infine vi è la fase concentrica che rappresenta il momento in cui si sviluppa l'effettivo atto motorio, come somma degli effetti meccanici e neurofisiologici che si sviluppano nelle precedenti due fasi.

Moltissime attività che coinvolgono il corpo in gesti motori generali o sportivi sono caratterizzate dall'utilizzo di una serie di ripetizioni dello stretch shortening cycle e dunque anche gli sport di lancio o le attività che presentano movimenti overhead utilizzano il concetto pliometrico come parte di un pattern di movimento funzionale durante la richiesta sportiva ^[22].

Risulta quindi fondamentale incrementare i programmi riabilitativi con esercizi pliometrici specifici, in grado di garantire questa componente funzionale e potenziare così la performance dell'atleta.

La letteratura riporta una grande quantità di studi che analizzano l'effetto della pliometria applicata a gesti che interessano gli arti inferiori, come la corsa o il salto, ma molto poco è stato studiato relativamente agli arti superiori, in particolare la spalla.

Negli sportivi tale articolazione viene sottoposta ripetutamente all'azione di ingenti forze torsionali; basti pensare che durante il lancio di una palla, un atleta è in grado di sviluppare velocità angolari pari a $7000^\circ/\text{sec}$ ^[26].

Nel movimento del lancio, i muscoli della cuffia dei rotatori agiscono secondo il principio pliometrico: in particolare i rotatori interni, prima di contrarsi concentricamente e generare quindi il movimento di rotazione interna che produrrà il lancio, vengono allungati eccentricamente, attraverso un movimento di rotazione esterna (fase di cooking e late cooking); i muscoli rotatori esterni devono invece lavorare eccentricamente per garantire la fase di ammortizzazione e permettere di rallentare il movimento, garantendo il controllo del movimento.

Durante queste altissime richieste funzionali è necessario che venga garantita la stabilità dinamica della spalla, al fine sia di evitare l'insorgenza nel tempo di eventuali danni da sovraccarico funzionale e da overuse, sia di incrementare la performance motoria.

La spalla del lanciatore, infatti, è caratterizzata dal “thrower's paradox”, ossia una combinazione di flessibilità e stabilità ^[9], che permette di sviluppare enormi forze funzionali, ma allo stesso tempo la predispone al rischio di danni anatomo-funzionali. La cuffia dei rotatori rappresenta il principale elemento responsabile del mantenimento di questa stabilità dinamica, poiché attraverso il bilanciamento delle forze in gioco, permette di incrementare la compressione articolare, di mantenere fisso il centro di rotazione anche ad altissime velocità di movimento e, inoltre, garantisce un efficace controllo neuromuscolare.

L'esercizio pliometrico applicato alla spalla e in particolare alla cuffia dei rotatori rappresenta dunque un link importante tra le normali attività di rinforzo e il ritorno al gesto sportivo specifico; considerando inoltre che la pliometria è in grado di produrre effetti positivi sull'incremento della forza, del controllo neuromotorio e in generale sulla performance funzionale, tale allenamento permette dunque di favorire la prestazione atletica, agendo sul principio della posizione-specifica, movimento-specifico e funzione-specifica.

Questa revisione ha l'obiettivo di analizzare il razionale dell'esercizio pliometrico applicato alla spalla e in particolare alla cuffia dei rotatori, approfondendo nello specifico gli effetti sull'incremento di forza, sul controllo neuromotorio e sulla performance funzionale. Inoltre tale lavoro vuole esaminare le modalità di utilizzo della pliometria, al fine di ottenere informazioni utili come guida nella pratica clinica nei programmi riabilitativi specifici, arrivando a impostare un protocollo di esercizi Evidence Based.

3. MATERIALI E METODI

La ricerca della letteratura è stata condotta consultando rispettivamente le banche dati Medline (attraverso il motore di ricerca Pubmed), Ebsco e PEDro, nel periodo compreso tra agosto 2012 e aprile 2013.

Al fine di reperire le parole-chiave sono stati consultati, in seguito ad una ricerca preliminare, libri e articoli generici inerenti all'argomento della pliometria. Tra i libri selezionati è stato preso in considerazione il capitolo 55 "Plyometrics for the shoulder complex", tratto dal libro "The athlete's shoulder" (second edition) 2008 e il capitolo 26 "Plyometric training and drills", tratto dal libro "Physical rehabilitation of the injured athlete" (fourth edition) 2012. E' stata inoltre effettuata una ricerca per i termini Mesh, per la rilevazione delle parole-chiave.

Le parole-chiave utilizzate nella ricerca sono state ("plyometric" or "plyometrics" or "stretch shortening cycle") e ("shoulder" or "rotators"); a queste, attraverso l'utilizzo degli operatori booleani AND e OR, sono stati associati i seguenti termini:

- "throwing", "throw", "overhead"
- "medicine ball", "theraband", "elastic tubing"
- "rehabilitation", "physiotherapy", "exercise", "training"

Stringhe di ricerca applicate su Pubmed:

- ("plyometric" OR "plyometrics" OR "stretch shortening cycle") AND ("throwing" OR "throw" OR "overhead") → 21
- ("plyometric" OR "plyometrics" OR "stretch shortening cycle") AND ("shoulder" OR "rotators" OR "arm") AND ("rehabilitation" OR "physiotherapy" OR "exercise" OR "training") → 25
- ("plyometric" OR "plyometrics" OR "stretch shortening cycle") AND ("shoulder") → 10
- ("plyometric" OR "plyometrics" OR "stretch shortening cycle") AND ("medicine ball" OR "theraband" OR "elastic tubing") → 7

Stringhe di ricerca applicate su Ebsco:

- ("shoulder") AND ("plyometric" OR "plyometrics" OR "stretch shortening cycle") → 394;

in questo caso, data la maggior quantità di articoli relativi la correlazione tra pliometria e arti inferiori, è stato opportuno inserire alla composizione della stringa di ricerca i termini ("jump" OR "jumping" OR "knee" OR "ankle"), preceduti dall'operatore booleano NOT. Articoli quindi rilevati: → 51

- ("plyometric" OR "plyometrics" OR "stretch shortening cycle") and ("medicine ball" OR "theraband" OR "elastic tubing") → 60;
con l'aggiunta di NOT ("jump" OR "jumping" OR "knee" OR "ankle") → 27

Stringhe di ricerca applicate a PEDro:

- ("plyometric" OR "plyometrics") AND ("shoulder") → 2

Imponendo iniziali limiti alla ricerca sono stati presi in considerazione solo articoli di lingua inglese o italiana, che trattassero di specie umana e che avessero a disposizione almeno l'abstract per una prima consultazione.

Sulla base di questi presupposti primari, eliminando gli studi che venivano ripetuti all'interno delle diverse stringhe utilizzate all'interno di ogni database, sono stati rilevati:

- n. 41 articoli su Ebsco
- n. 40 articoli su Pubmed
- n. 2 articoli su PEDro

3.1 Criteri di eleggibilità

Sono stati selezionati gli articoli sulla base dei seguenti criteri di inclusione:

- Studi in cui fosse analizzato il lavoro pliometrico nella riabilitazione della spalla con specifico riferimento alla cuffia dei rotatori, intesa sia

singolarmente, sia all'interno della catena cinetica coinvolta nelle attività funzionali dell'arto superiore.

- Articoli che prendessero in considerazione l'esercizio pliometrico della cuffia dei rotatori all'interno di protocolli riabilitativi nella progressione di trattamento.
- Studi che analizzassero l'efficacia di programmi di esercizi applicati sia nella riabilitazione conseguente a lesioni muscolo scheletriche della cuffia dei rotatori, sia come intervento mirato alla prevenzione di possibili danni durante le attività overhead.
- Tipologia di studio selezionato: RCT, CT, Case report, Case Series e Review.

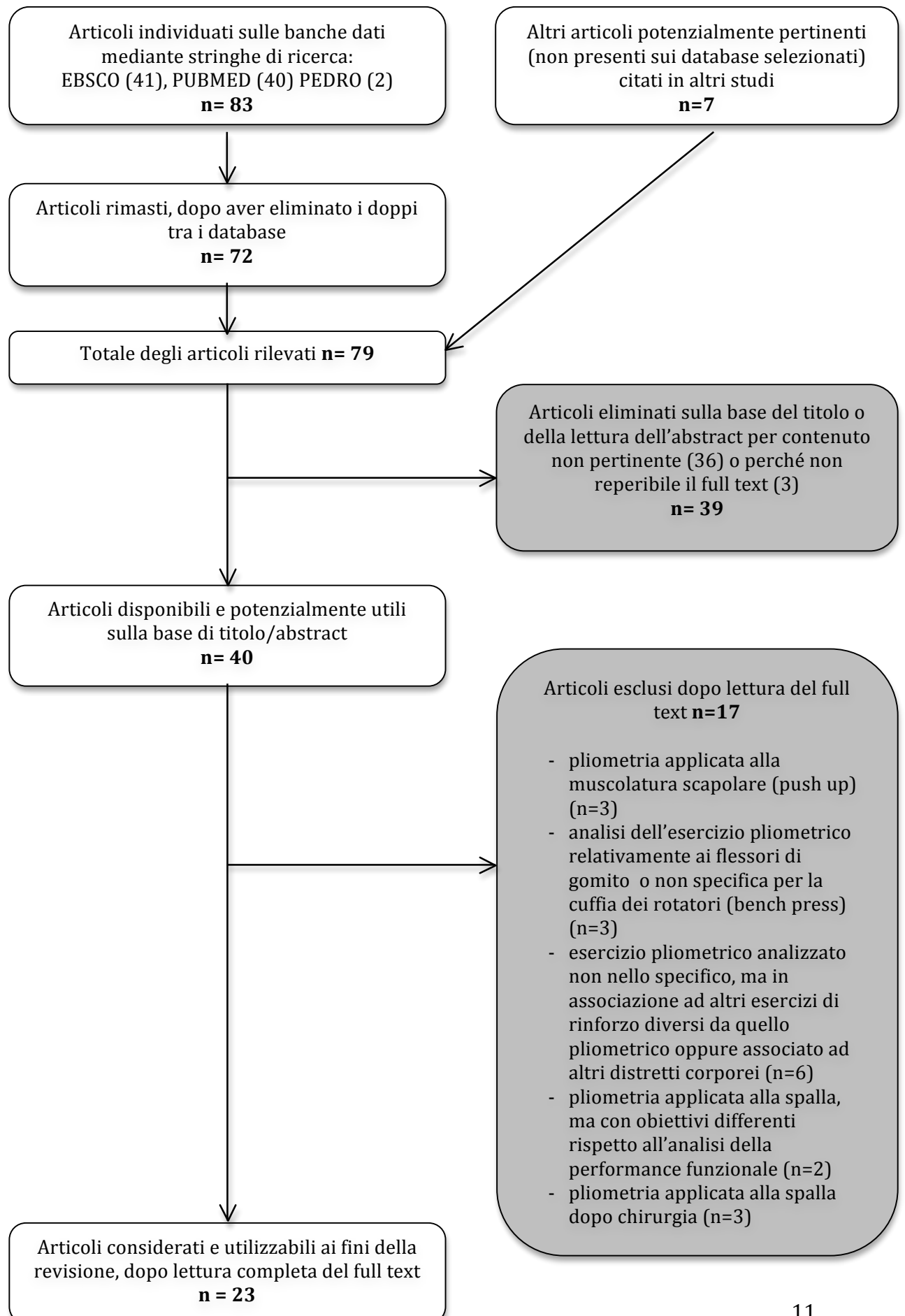
I criteri di esclusione selezionati sono stati i seguenti:

- articoli che trattassero di argomenti non pertinenti con l'argomento della tesi (pliometria applicata agli arti inferiori o ad attività ad essi correlati)
- articoli il cui Full Text non fosse disponibile ne' attraverso l'accesso gratuito alle banche dati, ne' previo richiesta diretta all'autore dell'articolo;
- articoli in cui l'esercizio pliometrico nella riabilitazione della spalla, non facesse riferimento specifico alla cuffia dei rotatori, ma fosse riferito ai muscoli stabilizzatori di scapola (esercizi tipo push up) o più in generale alla muscolatura degli arti superiori (flessori di gomito, ecc.)
- studi che prendessero in considerazione l'intervento post chirurgia di spalla

4. RISULTATI

Applicando quindi i criteri di esclusione sopra elencati ed eliminando gli articoli doppi si sono ottenuti 72 articoli; in aggiunta sono stati inseriti al processo di analisi 7 articoli tratti dal processo di cross-referencing, fino ad ottenere un totale di 79 studi. Sono stati esclusi successivamente 36 articoli, poiché dalla lettura del titolo e dell'abstract, non rispettavano i criteri di inclusione; inoltre sono stati eliminati 3 articoli, poiché non è stato possibile reperire il full text. Dei 40 articoli rimasti è stato analizzato il full text e sulla base dei criteri di eleggibilità sono stati esclusi 17 articoli, ottenendo così 23 articoli utilizzati per questa revisione.

Il grafico seguente mostra il processo metodologico scelto:



Dei 23 articoli selezionati 6 sono RCT, 1 è un Case Series, 2 sono Case Report e 14 sono Reviews.

Tra gli RCT soltanto quello di Escamilla ^[1] è stato valutato secondo la PEDro Scale e presenta un punteggio di 5/10.

I risultati ottenuti a termine del processo metodologico sono stati suddivisi secondo la tipologia di studi a cui facevano riferimento:

- studi appartenenti alla ricerca primaria (RCT, Case Series e Case Report);
le informazioni sono state estratte relativamente a:
 - dettagli relativi allo studio (titolo, autore, rivista)
 - obiettivi dello studio
 - descrizione della popolazione campione (età, sesso, condizione)
 - tipologia di intervento
 - outcomes scelti e relativi risultati
 - analisi degli specifici muscoli della spalla coinvolti e relativi esercizi
- studi appartenenti alla ricerca secondaria (Review);
le informazioni sono state estratte relativamente a:
 - dettagli relativi allo studio (titolo, autore, rivista)
 - obiettivi dello studio
 - conclusioni
 - analisi degli specifici muscoli della spalla coinvolti e relativi esercizi

Sono state create due tabelle sinottiche per gli studi inclusi, al fine di facilitarne il confronto.

Tabella 1: relativa agli studi primari inclusi (RCT, Case Series, Case Report)

Tabella 2: relativa agli studi secondari inclusi (Reviews)

Tabella 1

Riferimento bibliografico	Disegno di studio e obiettivi	Campione e allocazione gruppi	Intervento	Outcome	Risultato	Muscoli coinvolti e proposte di esercizi
Escamilla R, Ionno M. Comparison of Three Baseball-Specific 6-Week Training Programs on Throwing Velocity in High School Baseball Players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2012;26(7):1767–81.	RCT; OBIETTIVO: comparare gli effetti di tre programmi di allenamento specifici per il baseball sulla velocità massima di lancio.	68 giocatori di baseball; età compresa tra 14 e 17 anni; inclusi nell'analisi statistica 58 (5 esclusi x compliance <80% e 5 esclusi per drop out dallo studio) Assegnazione: - Throwers ten TTG (N=14) - Keiser Pneumatic KPG (N=15) - Plyometric PG (N=14) - Control CG (N=15) NB: i soggetti erano non allenati (non praticavano allenamento alla resistenza da 3 mesi)	Tutti i gruppi TTG, KPG e PG hanno eseguito 6 settimane di allenamento resistivo, tre volte a settimana. Il training comprendeva un warm-up di 5'-10', un allenamento specifico di 45' e un cool down di 5'-10'. Il warm up e il cool down includevano una corsetta leggera e stretching sia statico, sia dinamico. L'allenamento specifico era poi differente per ogni gruppo. Il CG non ha eseguito trattamento. TTG e KPG hanno eseguito da 8 a 12 ripetizioni a settimana; il PG ha eseguito da 6 a 10 ripetizioni a settimana; ogni sessione di allenamento consisteva in: - TTG: 18 esercizi differenti (con pesi e elastici) per 2 sets → 36 sets - KPG: 12 esercizi differenti (con un sistema di resistenza pneumatico) per 2 sets → 32 sets - PG: 32 esercizi differenti per 1 set → 32 sets (1'-2' di riposo tra ogni set)	- velocità di lancio - questionario post training di soddisfazione <u>Follow up:</u> Valutazione della velocità di lancio eseguita all'inizio e alla fine delle 6 settimane di allenamento; il questionario solo alla fine delle 6 settimane.	Miglioramento significativo per tutti i gruppi, ad esclusione del gruppo di controllo. TTG (p 0,013) KPG (p 0,048) PG (p 0,001) CG (p 0,540)	Esercizi proposti nel PG: utilizzo sia di elastici, sia di palla medica (peso tra 1,8 e 3,6 kg) con l'obiettivo di sfruttare lo stretch-shortening cycle; - palla medica: gli esercizi coinvolgono l'intero corpo, con una sequenza dagli AAIL, al tronco, agli AASS; tali movimenti interessano i piani trasversali e diagonali, con direzioni simili a quelle del movimento di lancio nel baseball; - elastici: alcuni esercizi coinvolgevano l'intero corpo, altri solo la spalla Negli esercizi pliometrici si sono scelte minori ripetizioni rispetto agli altri esercizi, perché sono considerati ad alta intensità. Esercizi pliometrici non specifici per gruppo muscolare, ma per catena cinetica di movimento
Somma M. Plyometric Supraspinatus Strengthening in High School Baseball Players. international journal	Case Series; OBIETTIVO: studia l'efficacia clinica del ballistic six nel	Sani, lanciatori baseball 4 high school baseball players (media età: 16,25 anni; altezza 174,1cm; peso	10 settimane di training (ballistic six) La progressione aumentava nelle 10 settimane sia per numero di ripetizioni, sia per peso della palla medica: - settimana 1-4: 3 x 10 ripetizioni, con palla medica 2,2 lb con lancio a una mano e 6 lb con lancio a due mani	Forza del sovraspinato misurato con dinamometro manuale <u>Follow up:</u>	Incremento di forza esplosiva del sovraspinoso (media di 4,28 kg)	Ballistic six: - rotazione esterna a 0° di abd spalla contro la resistenza dell'elastico - rotazione esterna a 90/90° contro la

of athletic therapy & training. 2011;16(November): 1–6.	rinforzo del sovraspinato	71,4kg) Assegnazione: 3 baseball players; 1 escluso dallo studio	- settimana 5-7: 3 x 15 ripetizioni, con palla medica 2,2 lb con lancio a una mano e 8 lb con lancio a due mani - settimana 8-10: 3 x 10 ripetizioni, con palla medica 2,2 lb con lancio a una mano e 6 lb con lancio a due mani 30 secondi di riposo tra ogni serie	all'inizio e a 10 settimana		resistenza dell'elastico - lancio overhead con palla medica a 2 mani - lancio overhead-laterale a 90/ 90 a 1 mano con palla medica, verso la rotazione esterna - presa in decelerazione con palla medica a 1 mano - lancio in accelerazione con palla medica a 1 mano (tipo lancio del baseball) Coinvolti sia i muscoli della cuffia, sia dell'intero arto superiore.
Almeida GP, De Souza VL, Barbosa G, Santos MB, Saccol MF, Cohen M. Swimmer's shoulder in young athlete: rehabilitation with emphasis on manual therapy and stabilization of shoulder complex. Manual therapy. Elsevier Ltd; 2011 Oct;16(5):510–5.	Case Report	Ragazza, 10 anni; nuotatrice	Trattamento riabilitativo successivo a tendinopatia del sovraspinoso, diagnosticata con test manuali e RMN. Definizione del protocollo di intervento dalla fase acuta al ritorno all'attività sportiva. Esercizi pliometrici inseriti in 3° fase e poi mantenuti in 4° fase;	VAS DASH	Miglioramento - VAS: da 9,5 a 0 - DASH da 26,6 a 5	Non vengono definiti nello specifico i muscoli coinvolti dagli esercizi; utilizzo di elastici e trampolino.
Carter A. Effects of high volume upper extremity plyometric training on throwing velocity and	RCT OBIETTIVO: esaminare l'effetto di un training	24 baseball players (anni: 19,7 ± 1,3; altezza: 183,9 ± 5,9cm; peso: 90,7 ± 10,5 kg)	- PLY: "ballistic six" (6 esercizi pliometrici per le estremità superiori) eseguiti per 8 sett, 2 volte a settimana. - CON: eseguito rinforzo off-season (?) e attività di allenamento (esercizi di routine cardiovascolare e esercizi di rinforzo	- Velocità del lancio - picco di forza isocinetica (a 180°/sec	- velocità di lancio: entrambi i gruppi di studio dimostrano un miglioramento nella valutazione pre e post testing; il gruppo PLY mostra un incremento significativo	Proposta di esercizi pliometrici → Ballistic six: - rotazione esterna a 0° di abd spalla contro la resistenza dell'elastico

functional strength ratios of the shoulder rotators in collegiate baseball players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2007;21(1):208–15.	pliométrico ad alto volume agli arti superiori di 8 settimane	Assegnati in maniera randomizzata in 2 gruppi: - PLY (N=13) - CON (N=13, di cui 2 dropped out dallo studio → 11)	overhead, tra cui rinforzo isotonic della cuffia dei rotatori) NB: nel gruppo PLY gli esercizi venivano eseguiti usando 3 sets di: 10 ripetizioni (1-2 sett) 15 ripetizioni (3-5 sett) 20 ripetizioni (6-8 sett) Nb: 30'' di riposo tra ogni ripetizione Utilizzo di palla medica: 2,72 Kg per esercizi a 2 mani 0,9 Kg per esercizi a 1 mano Utilizzo di elastico	e 300°/sec) - isokinetic functional strenght ratio; - tempo di picco di forza <u>Follow up:</u> misurazione all'inizio e a 8 settimane	(p<0,05) (83,15 mph-pre vs 85,15 mph-post) -picco di forza isocinetico: non differenza statistica se confrontati PLY e CON per concentric IR e per eccentric ER sia a 180°/sec, sia a 300°/sec. (non si può dire che PLY è meglio di CON) Differenza significativa all'interno del gruppo PLY tra pre e post training sia nella misurazione di concentric IR a 300°/s e a 180°/sec, sia nella misurazione di eccentric ER a 300°/sec e 180°/sec. Differenza significativa all'interno del gruppo CON tra pre e post training per concentric IR (180°/sec) e eccentric ER (300°/sec). -isokinetic functional strenght ratio: nessuna differenza statistica tra PLY e CON. -tempo di picco di forza: nessuna differenza statistica tra PLY e CON. (Nb: se si riduce il tempo di picco di forza, aumenta la potenza)	- rotazione esterna a 90/90° contro la resistenza dell'elastico - lancio overhead con palla medica a 2 mani - lancio overhead-laterale a 90/ 90 a 1 mano con palla medica, verso la rotazione esterna - presa in decelerazione con palla medica a 1 mano - lancio in accelerazione con palla medica a 1 mano (tipo lancio del baseball)
Peters C, George SZ. Outcomes following plyometric rehabilitation for the young throwing athlete: a case report. Physiotherapy theory and practice. 2007;23(6):351–64.	Case report OBIETTIVO: descrivere il focus della diagnosi differenziale nell'atleta con patologia di spalla; individuare gli	1 paziente, giocatore di baseball (13 anni) con lesione alla cuffia (infraspinato e piccolo rotondo)	5 settimane di trattamento, 15 sedute totali Riabilitazione suddivisa in: - fase acuta: calore, impacchi di freddo (12-15 min), esercizi terapeutici -fase sport-specifica: esercizi pliométrici che riprendessero alcune attività overhead tra cui quella del lancio. Utilizzo della palla medica 1,5 lb e 3 lb e di un mini-trampolino posizionato con angolazione di 45°;	- ER MMT a 90° di abd di spalla - ER MMT a 0° di abduzione di spalla - SPADI-Pain - SPADI-Disability - SPADI-Total - DASH-Sport module	Miglioramento forza ER sia a 0° abd, che 90° abd; miglioramento SPADI e DASH	Proposta di esercizi pliométrici: - pliométria in RI 90°/90° (per simulare il late cooking e la fase di accelerazione) a 1,8 m - pliométria in RE (per simulare la fase di decelerazione); inizialmente a 0° → posizione di protezione,

	outcome validati, specifici regionali e relativi alla qualità di vita che includano l'esercizio pliometrico nella riabilitazione sport-specifica		La progressione prevede un aumento del numero di ripetizioni e degli esercizi pliometrici, in funzione del dolore e della dolenza muscolare; vengono definiti esercizi domiciliari con elastici attraverso pattern direzionali diagonali PNF in flessione e estensione; RE e RI a 0° e 90° di abd. ed esercizi per il controllo scapolare.	<u>Follow up:</u> Valutato in 1a, 7a e 15a settimana		poi a 90°/90° a 1,2 m - chest pass plyo (lancio dal torace) → spalla a 90° e flex/ext di gomito a 1,8 m; (richiesta ai muscoli della cuffia di stabilizzare dinamicamente la spalla) - lancio overhead (spalla completamente flessa e gomito esteso → portare in estensione la spalla) a 1,8 m - lancio laterale overhead (pz ruotato di 30°)
Schulte-Edelmann J. The effects of plyometric training of the posterior shoulder and elbow. Journal of Strength and Conditioning Research. 2005; 19(1):129–34.	RCT <u>OBIETTIVO:</u> analizzare l'efficacia di un allenamento di 6 settimane sulla produzione di forza dei muscoli posteriori di spalla (extrarotatori) e sulla muscolatura del gomito	28 volontari collegiali (5 uomini e 23 donne) Assegnazione: - Plyometric training group PTG (N=13) - Control group CG (N=15)	Il CG ha eseguito un programma di allenamento per la parte superiore del corpo che non comprendesse esercizi pliometrici, della durata di 6 settimane. Il PTG ha eseguito sei settimane di allenamento, con una cadenza di 2 volte/settimana (tempo di riposo minimo tra una sessione plyometrica e l'altra: 48h), che comprendeva: 5 minuti di warm-up su un ciclo ergometro (2,5'avanti e 2,5' indietro) per gli arti superiori, esercizi pliometrici per gli extrarotatori di cuffia e per gli estensori di gomito, eseguiti con spalla a 90°. Tempo di riposo tra un serie e la successiva non definito. Progressione nelle 6 settimane: - 1-2 sett: 3 serie x 10 ripetizioni - 3-4 sett: 3 serie x 15 ripetizioni - 5-6 sett: 3 serie x 20 ripetizioni Il peso della palla medica restava sempre costante (1kg). Ogni soggetto restava a circa 1,2 m o 1,8 m lontano dal trampolino (con la spalla del lato dominante posizionata perpendicolare al trampolino).	- isokinetic test (forza concentrica dei muscoli extrarotatori di spalla e estensori di gomito misurata a 60°/sec, 180°/sec e 300°/sec) - CKC UE Stability test (in catena cinetica chiusa, tipo push up) <u>Follow up:</u> Valutazione all'inizio (1a settimana) e alla fine dello studio (6a settimana)	Nell'analisi statistica il gruppo PTG non ha riportato differenze significative nel test isocinetico per gli extrarotatori, ma solo per gli estensori di gomito. CKC UE Stability test: non differenza significativa tra i 2 gruppi	Proposta di esercizi: "retro-plyos" Esecuzione dell'esercizio partendo con spalla flessa a 90° → flessione/adduzione orizzontale della spalla e flessione di gomito moderata → estensione/abduzione orizzontale e estensione di gomito (rotazione del tronco controllata); (iniziale fase di warm up per stabilire il ritmo dell'esercizio e per ridurre al minimo il tempo di ammortizzazione)

Swanik K a, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone D a, Fu FH. The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons (2002); 11(6):579–86.	RCT <u>OBIETTIVO:</u> determinare l'effetto dell'allenamento pliometrico dei rotatori interni di spalla su propriocezione, cinestesia e sulle caratteristiche di performance di muscoli selezionati	24 donne nuotatrici asintomatiche; età media ($20 \pm 1,10$), peso ($62,48 \pm 5,85$ kg), altezza ($168,38 \pm 6,38$ cm) Assegnazione randomizzata: - Control Group CG (N=12) - Experimental Group EG (N=12)	6 settimane di trattamento; entrambi i gruppi hanno continuato a praticare le stesse attività precedenti allo studio: nuoto (6 giorni/settimana), esercizi di pesistica tradizionale (3 giorni/settimana) e allenamento funzionale, che includevano esercizi con teraband ad angolazioni sport-specifiche (2 giorni/settimana). L'EG inoltre praticava, negli stessi giorni dell'allenamento funzionale (2v/settimana), anche esercizi pliometrici supervisionati. Ogni sessione di pliometria includeva 3 blocchi da 15 ripetute con palla medica e trampolino e con elastici. (Nb: nelle prime due settimane venivano utilizzati gli elastici, successivamente gli esercizi con palla medica, in ginocchio, al fine di eliminare la componente data dagli AAIL)	- propriocezione: (paziente seduto, con spalla abdotta a 90° e gomito flesso a 90°) valutazione delle posizioni a 0°, 75°, al 90° della rotazione esterna massima del soggetto. - cinestesia: (paziente supino, con spalla abdotta a 90° e gomito flesso a 90° ed eliminazione delle facilitazioni visive e acustiche) individuazione del movimento di rotazione eseguito a una velocità di $0,5^\circ/\text{sec}$. - valutazione della forza isocinetica (eseguita a 60° su RI e RE, 240° e $450^\circ/\text{sec}$ su RI) (tutte le valutazioni sono state fatte sull'arto dominante) <u>Follow up:</u> valutazione: all'inizio e a 6 settimane.	→ Propriocezione: miglioramento significativo a 0° muovendo verso la rotazione esterna; miglioramento significativo a 75° e 90° della rotazione massima del soggetto muovendo sia verso la rotazione esterna, sia verso quella interna. → cinestesia: miglioramento significativo per EG in tutti i test di valutazione sia tra prima e dopo la valutazione, sia in confronto con il CG. → forza isocinetica: - miglioramento significativo della performance muscolare del EG rispetto al CG nel tempo picco di forza a $60^\circ/\text{sec}$ ($p=0,020$) e a $240^\circ/\text{sec}$ ($p=0,001$), ma non a $450^\circ/\text{sec}$; all'interno dell'EG tra prima e dopo la valutazione solo per $60^\circ/\text{sec}$ ($p=0,007$) - miglioramento del picco di forza in funzione del peso corporeo solo all'interno del EG tra prima e dopo la misurazione a tutte e tre le velocità: $60^\circ/\text{sec}$ ($p=0,002$), $240^\circ/\text{sec}$ ($p=0,022$) e $450^\circ/\text{sec}$ ($p=0,019$) - miglioramento nella resistenza (torque decremento non so che traduzione mettere in italiano) tra EG e CG solo a $240^\circ/\text{sec}$ ($p=0,002$) - miglioramento significativo tra EG e CG nel tempo di ammortizzazione a $450^\circ/\text{sec}$ ($p=0,008$)	Proposta di esercizi: - <u>RI pliometrica</u> con elastico (prime 2 settimane): posizione iniziale dell'arto superiore a $90^\circ/90^\circ$ → portare in RI concentrica massima (finché l'avambraccio è orizzontale al pavimento) → mantenere per 2" la posizione isometricamente → permettere all'elastico di portare la spalla in completa RE → portare immediatamente verso la RI; - <u>RI pliometrica</u> con palla medica (dalla 3° settimana): eseguita in ginocchio; lanciare e riprendere una palla medica (peso compreso tra 0,9-3,6 Kg) a una velocità di 1 ciclo/2 sec. (utilizzo del metronomo per dettare il tempo)
--	---	---	--	--	--	--

Fortun C, Davies G, Kernozck T. The effects of plyometric training on the shoulder internal rotators. Phys Ther. 1998;78:63 – 75.	RCT <u>OBIETTIVO:</u> determinare gli effetti dell'esercizio pliometrico sui muscoli rotatori interni di spalla	Sani, lanciatori College-age (18-28), uomini (N:34), con esperienza di minimo un anno di attività sportiva overhead Assegnati in maniera randomizzata a 2 gruppi: - Controll Group CG (N=17) - Plyometric Group PG (N=17)	- PG: 8 settimane di allenamento, suddivise in 2 blocchi da 4, con una settimana di riposo alla fine della 4 settimana. Allenamento 2 gg/settimana Warm up iniziale su cicloergometro per arti superiori di 1,5' avanti +1,5' indietro; 30" di stretching per RI e RE. Esercizio pliometrico eseguito a 228,6 cm dal trampolino → lanciare la palla medica tenendo la spalla in posizione 90°/90°; Progressione: - sett. 1-2: 3x10 ripetizioni con palla medica di 0,91 kg - sett. 3-4: 4x10 ripetizioni con palla medica di 0,91 kg - sett. 5-6: 3x10 ripetizioni con palla medica di 1,36 kg - sett. 7-8: 5x10 ripetizioni con palla medica di 1,36 kg (90 secondi di riposo tra ogni serie) - CG: nessun tipo di training	- chinestesia (senso di posizione), misurata con inclinometro a 10° di RI, 10° e 75° di RE; - Rom misurato con goniometro standard - "softball distance throw" test - test di forza isocinetica a 60, 180 e 300 °/sec (misurato in un range compreso tra 70° di RI e 70° di RE) Follow up: Misurazione: all'inizio della 1a sett; a fine della 4a sett.; a inizio della 5a sett; a fine dell'8 sett	- chinestesia: non variazioni significative sia per CG, sia per PG - Rom: significatività nel PG solo per la rotazione esterna passiva (p<0,037); miglioramento, ma non significatività clinica, per la rotazione esterna attiva; nessuna significatività nel CG. - "softball distance throw" test significativo solo per il PG (p<0,001) - test di forza isocinetica: PG mostra significatività nell'incremento di forza isocinetica a 180°/sec (p<0,004) e a 300°/sec (p<0,029); non significatività a 60°/sec. Nessuna significatività nel CG.	Proposta di esercizi: RI pliometrica a 90°/90° a 228,6 cm dal trampolino, utilizzando palla medica (0,9 kg e 1,36 kg)
Heiderscheit BC, McLean KP, Davies GJ. The effects of isokinetic vs. plyometric training on the shoulder internal rotators. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 1996 Feb;23(2):125–33.	RCT <u>OBIETTIVO:</u> confrontare l'effetto dell'allenamento pliometrico rispetto a quello isocinetico concentrico/eccentrico dei rotatori interni di spalla	78 donne sedentarie, età collegiale (18-23 anni) Assegnazione randomizzata a 3 gruppi: - Control Group CG (N=27, persi 2) - Isokinetic Training Group ITG (N=27, perso 1) - Plyometric Training Group PTG (N=27)	PTG e ITG eseguono 8 settimane di trattamento, per 2 volte a settimana; entrambi i gruppi eseguono 3' di riscaldamento submassimale su Cybex Fitron adattata per esercizi con gli arti superiori, seguito da 30" di stretching per gli extra e inta-rotatori. PTG esegue lanci della palla medica verso il trampolino posto a 152,4 cm di distanza; spalla mantenuta a 45° di abduzione e 5°-10° di flessione orizzontale Progressione: - sett 1-2: 3x10 lanci (palla medica 1,36 kg) - sett 3-4: 4x10 lanci (palla medica 1,36 kg)	- test di forza isocinetica dei RI, misurata a 45° di abduzione alle velocità di 60,120 e 240°/sec (range: 80° di RE e 50° di RI) - chinestesia (misurazione a 45° di abduzione con	- forza isocinetica: valori significativi solo per ITG sia concentrica a 120°/sec e 240°/sec, sia eccentrica a 60°/sec, 120°/sec e 240°/sec. Nessun valore significativo nel PTG alle diverse velocità; - consapevolezza chinestesica: nessun cambiamento significativo sia per CG, ITG, PTG. - distanza di lancio: miglioramento per tutti i gruppi, maggiore per PTG (circa 5 volte rispetto al ITG), ma comunque non	Proposta di esercizi: RI pliometrica a 45° di abduzione e 5°-10° di flessione orizzontale; 152,4 cm dal trampolino, utilizzando palla medica (1,36 e 1,82 kg)

			kg) - sett 5-6: 3x10 lanci (palla medica 1,82 kg) - sett. 7-8:4x10 lanci (palla medica 1,82 kg) (90" di riposo tra ogni serie) ITG utilizza la stessa macchina per la misurazione nell'allenamento della forza isocinetica; CG esegue una esercitazione a settimana con la stessa macchina per misurare la forza isocinetica soltanto nelle settimane 6-8.	inclinometro in 3 posizioni (RI, < di 45° di RE e > di 45° di RE) - distanza di lancio <u>Follow up:</u> valutazione una settimana prima dell'inizio della sperimentazione e all'8a settimana	significativo.	
--	--	--	---	--	----------------	--

Tabella 2

Titolo	Obiettivo	Conclusioni e considerazioni	Muscoli coinvolti e proposte di esercizi
Kibler W Ben, McMullen J, Uhl T. Shoulder Rehabilitation Strategies, Guidelines, and Practice. Operative Techniques in Sports Medicine. Elsevier Inc.; 2012 Mar;20(1):103–	Presentazione di un protocollo riabilitativo che integra la valutazione della spalla e la sua riabilitazione, volto ad un ricondizionamento secondo un modello che integra la fisiologia e la biomeccanica dell' articolazione, all'interno della catena cinetica.	- il protocollo riabilitativo deve seguire il principio della posizione-specifica, movimento-specifico e funzione-specifica; - l'esercizio pliometrico è uno dei metodi più efficace per sviluppare forza; - considerando che la forza è generata dall'intera catena cinetica nel gesto funzionale della spalla, è opportuno che l'esercizio pliometrico venga svolto in ogni segmento della catena cinetica (arti inferiori, tronco e arti superiori) - nelle spalle che non presentano lesioni (come training di allenamento preventivo) l'allenamento pliometrico può essere introdotto precocemente; diversamente, nella riabilitazione della spalla successiva a lesione, tale esercizio deve essere proposto nelle ultime fasi di ricondizionamento.	Proposte di esercizi pliometrici: palla medica, elastici, pushes. (non definiti nello specifico)
Wilk KE, Obma P, Simpson CD, Cain EL, Dugas JR, Andrews JR. Shoulder injuries in the overhead athlete. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 2009 Feb;39(2):38–54.	Descrizione delle caratteristiche della spalla del lanciatore e patologie frequenti ad essa correlate; considerazioni circa la necessità di mantenere un equilibrio muscolare a livello di cuffia dei rotatori e più in generale dei muscoli di scapola; presentazione di un programma di riabilitazione in seguito a lesione muscolare (non chirurgia)	- esercizio pliometrico inserito nella 3° fase della riabilitazione (fase avanzata di rinforzo) e poi proseguire in 4° fase (fase di ritorno al lancio) - l'esercizio pliometrico è utilizzato per ottenere stabilità dinamica , migliorare la propriocezione ed aumentare gli stress sull'articolazione; permette inoltre di trasferire energia dagli arti inferiori, al tronco, agli arti superiori; - Utilizzo negli esercizi della overweighted ball (palla medica) per ottenere un miglioramento della forza e della potenza, diversamente dall'uso della underweighted ball, che ha l'obiettivo di migliorare il trasferimento di energia e il momento angolare nella fase di lancio - Importante lavorare sulla resistenza (anche con esercizi pliometrici), poiché l'aumento della fatica muscolare va a determinare uno squilibrio delle forze in gioco nella stabilità della spalla (riduzione dell'attivazione dei rotatori esterni), andando a causare possibili lesione e riducendo la performance funzionale (riduzione della velocità di lancio)	Esercizi pliometrici con la palla: - lancio a 2 mani dal torace, overhead (come nel calcio), laterale (side throw) e latero-laterale (side to side throw) ; - lancio a 1 mano in posizione funzionale, wall dribbling e plyometric step and throw; Come progressione aumentare la distanza di lancio (15 m, 20 m, 40 m, 60 m)
Kennedy DJ, Visco CJ, Press J. Current concepts for shoulder training in the overhead athlete. Current sports medicine reports. 2009;8(3):154–60.	Definizione delle caratteristiche della spalla nell'atleta overhead e relativi principi di trattamento	- La spalla del lanciatore è caratterizzata dal “thrower's paradox”, ossia una combinazione di flessibilità e stabilità - Tra le problematiche del lanciatore che possono condurre a lesioni vi sono: l'instabilità, il deficit di ROM,, soprattutto una riduzione della RI, squilibri muscolari sia a livello scapolare, sia di cuffia dei rotatori, deficit di propriocezione, controllo neuromuscolare e stabilità dinamica, deficit di resistenza	Non vengono descritti esercizi specifici relativamente alla pliometria

		muscolare. - L'esercizio pliometrico ha come scopo quello di facilitare l'adattamento muscolare e migliorare quindi la proprioccezione, la chinestesia e la performance muscolare (viene ripreso lo studio di Swanik).	
Karatsolis K, Athanasopoulos S. The role of exercise in the conservative treatment of the anterior shoulder dislocation. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2006 Jul;10(3):211–9.	Definizione di un piano di trattamento riabilitativo basato sulla gestione conservativa della lussazione anteriore di spalla	- gli esercizi pliometrici sono considerati come gli unici esercizi di controllo neuromuscolare in grado di integrare sia i livelli spinali, sia quelli corticali; - l'esercizio pliometrico viene inserito nella fase avanzata di ricondizionamento per il paziente con dislocazione anteriore di spalla; non deve essere eseguito più di 3 volte/settimana (è importante porre focus sulla qualità, piuttosto che sulla quantità); deve essere sport specifico	Non vengono descritti esercizi specifici relativamente alla pliometria
Pretz R. Plyometric Exercises for Overhead-Throwing Athletes. Strength & Conditioning Journal. 2006;28(1):36–42	Definizione di pliometria, con riferimento alla kinetic chain plyometric; proposta di training per la spalla del lanciatore	- la kinetic chain nel lancio include la sequenza da prossimale a distale: passo, rotazione del bacino, rotazione del tronco, estensione del gomito, rotazione interna di spalla e flessione del gomito, in una sequenza da prossimale a distale; - un buon funzionamento dell'intera catena cinetica permette all'atleta di generare e di trasferire grandi quantità di energia dal tronco e AAI agli AASS	Esercizi pliometrici sia con l'elastico (3 resistenze), sia con la palla medica, che coinvolgono l'intera catena cinetica: - elastic cocking (obliqui interno ed esterno, romboidi e RE) - elastic acceleration (obliqui interno e esterno, dentato anteriore e RI) - single hand medicine ball deceleration and cocking (obliqui interno e esterno, romboidi e RE) - 2-hand medicine ball cocking and acceleration (obliqui interno e esterno, RI e estensori di gomito)
R.J.Brumitt, E. Meira, G. Davidson. In-season functional shoulder training for high school baseball pitchers. National Strength and Conditioning Association. 2005, vol.27,n.1, p-26-32	Identificazione del ruolo del complesso della spalla durante il movimento del lancio nel baseball (pitching) e definizione di un programma di allenamento durante la stagione sportiva (in-season)	- l'esercizio pliometrico viene inserito all'interno di un protocollo di allenamento; - importanza di attivare anche la muscolatura scapolare, al fine di garantire una base stabile per permettere ai muscoli della cuffia dei rotatori una posizione più funzionale durante il lancio; - l'esercizio pliometrico eseguito durante la stagione sportiva viene proposto 1/settimana, per 3-5 serie da 5-8 ripetizioni per ogni esercizio; 2'-3' di riposo tra gli esercizi; risulta utile eseguire l'esercizio pliometrico rapidamente, al fine di sfruttare lo SSC e monitorare costantemente segni di overtraining o l'utilizzo di una	Esercizi pliometrici proposti, da eseguire 1/settimana: - R.I con arto superiore a 90°/90°, utilizzo di palla medica. - Rapid fire-wall bouncing exercise, eseguito per i RI a circa 2 piedi dal muro (posizione di riferimento della spalla 90°/90°).

		tecnica di esercizio scorretta.	- Backwards catch and throw exercise: atleta posizionato in ginocchio, con la spalla dominante a 90°/90° e posta in RE a 90°; l'allenatore sta dietro all'atleta e lancia la palla medica anteriormente e medialmente all'atleta; questo, attraverso un movimento di decelerazione porterà la spalla in RI e subito in RE, rilanciando la palla all'allenatore. - Diagonal throw with twist exercise: l'atleta è posizionato a 90°/90°, con la spalla non dominante posizionata nella direzione del trampolino; il lancio deve essere eseguito a 2 mani, attraverso la rotazione del tronco e il lavoro con l'arto superiore.
Pretz R. “ Ballistic Six” Plyometric Training for the Overhead Throwing Athlete. Strength & Conditioning Journal. 2004;26(6):62 – 66.	Definizione delle 3 fasi della pliometria; proposta di protocollo per training della spalla del lanciatore (Ballistic six)	- la stabilità dinamica della spalla è garantita primariamente dai muscoli della cuffia dei rotatori, che, grazie anche all'azione della muscolatura estrinseca di spalla, permettono di produrre forze torsionali e prevenire così possibili lesioni durante le attività di lancio; - durante il gesto del lancio, la muscolatura della spalla è maggiormente attiva nelle fasi di cocking, decelerazione e nella fase successiva al lancio; (in particolare il sottoscapolare è più attivo nella fase di cocking, per resistere all'eccessiva rotazione esterna, mentre il sovraspinoso, l'infraspinoso e il piccolo rotondo nelle altre due fasi, per resistere all'eccessiva adduzione orizzontale e intrarotazione) - l'esercizio pliometrico permette di migliorare la forza e la performance dei movimenti della spalla - gli sport di lancio prevedono un'attività anaerobica (che usa un sistema creatino-fosfato), ma allo stesso tempo, per il fatto che durante una partita il numero di ripetizioni di lanci è elevato, anche una attività aerobica, di resistenza (sistema di energia ossidativo) → necessità di scegliere anche esercizi che migliorano la resistenza; - Il Ballistic six rappresenta un programma di allenamento per lanciatori che prevede i principi di: - specificità del gesto atletico	Ballistic six: - rotazione esterna a 0° di abd spalla contro la resistenza dell'elastico - rotazione esterna a 90/90° contro la resistenza dell'elastico - lancio overhead con palla medica a 2 mani - lancio overhead-laterale a 90/ 90 a 1 mano con palla medica, verso la rotazione esterna - presa in decelerazione con palla medica a 1 mano - lancio in accelerazione con palla medica a 1 mano (tipo lancio del baseball) Progressione: → volume: - 3 serie x 10 ripetizioni, con 30'' di riposo

		- progressione (variazione di intensità e volume ad intervalli regolari) - aumento di carico (overload)	- 3 serie x 15 ripetizioni, con 30'' di riposo - 3 serie x 20 ripetizioni, con 30'' di riposo → intensità: - 0,9 Kg per lancio a 1 mano e 2,72 Kg per lancio a 2 mani - 1,13 Kg per lancio a 1 mano e 3,62 Kg per lancio a 2 mani - 1,13 Kg per lancio a 1 mano e 5,44 Kg per lancio a 2 mani
Wilk K, Meister K, Andrews J. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. The American Journal of Sports medicine. 2002;30(1):136–51.	Definizione delle caratteristiche della spalla del lanciatore; Definizione di un programma di riabilitazione conservativo per le differenti lesioni di spalla; Definizione delle possibili lesioni alla spalla del lanciatore.	- Inserimento di esercizi pliometrici specifici per la spalla nella 3° fase del programma riabilitativo (rinforzo avanzato), per poi mantenerli nella 4° fase (ritorno al lancio); - l'allenamento pliometrico ha l'obiettivo di migliorare la stabilità dinamica, la propriocezione e di incrementare lo stress funzionale applicato alla spalla; inoltre permette il trasferimento di energia dagli arti inferiori e tronco agli arti superiori; - Nb: necessità di incrementare il lavoro con esercizi di resistenza (pliometrici e non), poiché l'aumento della fatica muscolare determina uno squilibrio delle forze in gioco nella stabilità della spalla, una riduzione della performance funzionale (velocità di lancio) e possibili lesioni: → ER di cuffia riducono la propria attivazione e si riduce la velocità di lancio (Murray et al.), così come si riduce la flessione delle ginocchia e il momento torcente adduttore della spalla; → affaticamento muscolare e riduzione della propriocezione (Voight et al.); → fatica dei muscoli ER e migrazione craniale della testa omerale durante l'elevazione del braccio (Chen et al.); → fatica dei muscoli ER e traslazione craniale della testa omerale (Gladstone et al.) → fatica durante il lancio come fattore predisponente allo sviluppo di lesioni (Lyman et al.)	Esercizi proposti, inseriti come catena cinetica: - a 2 mani: lancio dal torace, lancio overhead, lancio side-to-side, lancio laterale; - progressione a una mano: lancio in posizione funzionale Nb: la progressione nella 4° fase prevede l'incremento delle distanze di lancio (15, 20, 40 e 60 metri)
Davies G, Matheson J. Shoulder plyometrics. Sports Medicine and Arthroscopy 2001;9:1–18.	Descrivere le basi fisiologiche, biomeccaniche e neurofisiologiche dell'esercizio pliometrico applicato alla spalla e le relative applicazioni cliniche.	- Quasi tutti gli sport di lancio o che presentano movimenti overhead utilizzano il concetto pliometrico come parte di un pattern di movimento funzionale durante la richiesta sportiva; - La fase di cooking o late cooking presuppone un allungamento eccentrico dei rotatori interni; la fase di follow throw invece prevede una fase di allungamento eccentrico dei muscoli della core stability, stabilizzatori scapolari e delle strutture posteriori di	Proposte di esercizi: - lancio a 2 mani dal torace - lancio a 2 mani overhead - lancio a 2 mani overhead con rotazione - lancio a 2 mani underhead con rotazione

		spalla; Nel volley o nel tennis, a differenza del lanciatore overhead, il giocatore utilizza una fase di cocking abbreviata per colpire la palla, in cui lo stretching eccentrico avviene più velocemente; - Correlazione con la pliometria e lo sviluppo del DOMS (delayed onset muscle soreness); risulta importante riscontrarlo nelle prime fasi di allenamento per dosare meglio la progressione; - Negli AASS, a differenza degli AAIL, è importante ridurre la quantità di forza esterna applicata alla fase eccentrica di pre-carico, a causa della minore massa degli AASS, onde evitare possibili lesioni alle strutture della spalla; - Benefici dell'allenamento pliometrico sulla spalla: → facilitare la performance → generare maggior forza → migliorare la coordinazione neuromuscolare - A causa dell'elevato stress che l'esercizio pliometrico pone sulle strutture è importante considerare: - età del paziente, eventuale storia di lesioni precedenti (stimolare un adeguato riscaldamento), esperienza dell'atleta, favorire prima il recupero del singolo gesto ed integrarlo poi all'interno della catena cinetica, inserire la pliometria all'interno di un modello di periodizzazione (piano di allenamento che modifica gli esercizi ad intervalli di tempo specifici) - Controindicazioni per gli esercizi pliometrici agli AASS: dolore, infiammazione, lesioni acute o subacute, instabilità articolare, limitazione dei tessuti molli per condizioni postoperatorie; inoltre sono sconsigliati nel caso in cui l'atleta non abbia una base di allenamento/forza sufficiente. - Risulta importante conoscere le reazioni secondarie all'esercizio pliometrico, quali dolore, infiammazione, gonfiore, DOMS. - L'allenamento pliometrico segue il principio di progressione e overload, modulando il volume di lavoro e l'intensità; non è opportuno utilizzare cavagliere, pesi, ecc. all'esercizio pliometrico, poiché vanno ad aumentare i tempi della fase di ammortizzazione dello SSC durante l'allungamento eccentrico, riducendo la quantità di forza prodotta. - Nella progressione degli esercizi è importante tenere presente: carico e distanza applicata, ROM utilizzato, timing (attenzione ai tempi di ammortizzazione), intensità, volume, frequenza, riposo e specificità dell'esercizio.	- passo e lancio a 2 mani overhead - decelerazione eccentrica - decelerazione eccentrica seguita da rotazione del tronco e lancio - PNF patterns - Lancio laterale a 1 mano - Lancio baseball 90/90 - Lancio rovescio per la decelerazione pliometrica eccentrica Esercizi con elastici (con fase di tenuta isometrica) Esercizi pliometrici che integrano un lavoro specifico per tronco e arti inferiori, secondo pattern di movimenti funzionali al gesto del lancio.
Kibler W Ben. Shoulder rehabilitation: principles and practice. Medicine and Science in Sport and Exercise. Vol.30(4), Supplement 1, April 1998, p.40-50.	Analizzare la fisiologia e la biomeccanica della spalla e descrivere i principi base e la pratica clinica finalizzata al recupero di tali funzioni.	- Al fine di poter analizzare la normale funzione della spalla, questa articolazione deve essere analizzata localmente e a distanza; da un punto di vista locale la spalla rappresenta una sinergia tra stabilità e movimento; da un punto di vista generale può essere definita come un link all'interno di una catena cinetica, secondo una sequenza di movimento che dipende dallo	Esercizi proposti: - (wall push up) - (corner push up) - weighted ball throws - elastic tubing exercises, legati al gesto del lancio

		sport-attività specifica, ma generalmente ha una direzione prossimo-distale. La corretta funzione locale articolare della spalla è spesso determinata e migliorata dal miglioramento della funzione generale/a distanza (e viceversa). - L'attivazione di pattern muscolari specifici (all'interno di una sequenza di movimento) è sviluppata in funzione del tipo di attività svolta e della relativa posizione articolare, secondo quindi dei pattern forza-dipendente e lunghezza-dipendente, che sono controllate e modulate dal sistema nervoso centrale, in combinazione con feedback propriocettivi periferici. - Molte lesioni alla spalla sono il risultato di micro-traumatismi cronici ripetuti, che si possono verificare direttamente alla spalla o in altre aree della sequenza di attivazione della catena cinetica. - L'esercizio pliometrico viene introdotto all'interno della programma di allenamento, quando è avvenuta una completa guarigione di un eventuale lesione e dopo aver ottenuto un completo range di movimento; - Il lavoro pliometrico dovrebbe essere eseguito per tutti i segmenti corporei coinvolti nell'attività (rotatori di tronco, rotatori di anca, flessione-estensione di ginocchia) e non soltanto alla spalla; - Il lavoro pliometrico rappresenta l'esercizio in catena cinetica aperta più appropriato per la riabilitazione funzionale di spalla; può essere eseguito con elastici, palla medica e pesi ed è inserito nella fase di riabilitazione funzionale, ossia la fase che ha come obiettivi l'incremento di potenza e resistenza, l'incremento del controllo neuromuscolare locale, regionale e a livello dell'intera catena di movimento fino al ritorno all'attività sport-specifica.	(non definiti nello specifico)
Pezzullo DJ, Karas S, Irrgang JJ. Functional plyometric exercises for the throwing athlete. Journal of athletic training. 1995 Mar;30(1):22–6.	Analizzare da un punto di vista cinematico le diverse fasi del lancio. Fornire esercizi di rinforzo funzionale per migliorare la forza muscolare dinamica della spalla negli atleti lanciatori.	- importanza della specificità dell'allenamento, poiché le varie fasi che compongono il gesto del lancio presuppongono attivazioni muscolari differenti; in particolare: - <u>cocking phase</u>: alla fine di questa fase l'articolazione GO è posta in massima RE e i muscoli RI (sottoscapolare, gran pettorale e gran dorsale) devono attivarsi eccentricamente per decelerare la RE e proteggere le strutture anteriori e inferiori della GO - <u>acceleration phase</u>: è una fase molto esplosiva e inizia quando la spalla è posta in massima RE e termina con il rilascio della palla; i muscoli RI sono chiamati a svolgere una azione concentrica ad altissime velocità (fino a 7000-9000°/sec) - <u>deceleration phase</u>: inizia dopo che la palla è stata rilasciata; ha l'obiettivo di ridurre la velocità in maniera rapida ma controllata, attraverso una contrazione	Proposte di esercizi pliometrici con palla medica: - RI spalla da 0° abd → 90° - RE spalla da 0° di abd → 90° - Reverse throw in ginocchio, con allenatore posto posteriormente all'atleta; La progressione degli esercizi varia da una posizione di spalla di 0° di abduzione, fino a 90°, mantenendo sempre il gomito a 90° di flessione; Il peso della palla medica varia da 2,72 Kg a 5,44 Kg; inoltre sarà utile aumentare la distanza di

		eccentrica dei muscoli RE (soprascapolare, infrascapolare, piccolo rotondo, parte posteriore del deltoide). - Gli esercizi pliometrici dovrebbero riguardare sia la muscolatura anteriore, sia posteriore del distretto della spalla sfruttando un pattern di movimento sport-specifico, dopo aver eseguito esercizi di rinforzo tradizionali e dopo aver iniziato una completa progressione del gesto di lancio. - Agli esercizi pliometrici in catena cinetica aperta per la spalla è utile inoltre considerare il coinvolgimento della muscolatura della catena cinetica di movimento. - Risulta importante monitorare durante gli esercizi pliometrici proposti l'insorgenza della fatica, oppure l'utilizzo di pattern sostitutivi scorretti.	lancio da 9 m a massimo 54 m. Proposte di esercizi pliometrici con elastico: - RI spalla in abd 0° → 90° - RE spalla in abd 0° → 90° - Pattern direzionale diagonale per stimolare la fase di accelerazione o decelerazione Progressione: iniziare con 3 serie di ripetizioni da 10-30; proseguire con 5 o più serie da 50 o più ripetizioni.
Davies G, Dickoff-Hoffman S. Neuromuscular testing and rehabilitation of the shoulder complex. The Journal of orthopaedic and sport and physical therapy 1993;	Analizzare i principi che sottendono al controllo neuromuscolare del complesso della spalla e descrivere un protocollo di esercizi che abbiano come obiettivo il recupero della propriocezione, della kinestesia e del controllo motorio della spalla.	- Le articolazioni che compongono il complesso della spalla dipendono dall'azione dei muscoli che agiscono su di esse e inoltre dalle risposte prodotte dalla stimolazione dei propriocettori che si trovano all'interno della capsula articolare e delle unità mio-tendinee. - L'alterazione del funzionamento di queste specifiche strutture porta ad un'alterazione funzionale della spalla e a possibili lesioni. La fatica, così come l'instabilità, può rappresentare uno dei fattori che influisce sulla funzionalità dei propriocettori, andando a creare impairment kinestesici. - L'esercizio pliometrico concorre a sviluppare il controllo neuromotorio alla spalla, integrando le risposte prodotte dall'attività dei propriocettori, con l'effetto più meccanico generato dall'accumulo di energia elastica delle strutture poste in serie (durante la fase di ammortizzazione) e dal conseguente rilascio durante la contrazione concentrica. - Un programma pliometrico per gli arti superiori deve essere preceduto da un warm-up e da uno stretching appropriato e seguito da un cool down e da una fase di rilassamento;	Proposta di esercizi: - chest pass - soccer-style pass - self tossing in a supine position - soccer and chest passing - passing into wall - unilateral ball toss - lancio a 90°/90° - esercizi con elastici (su un piano scapolare, con un pattern in diagonale, a 90°/90°)
Wilk K.E., Arrigo C. Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. JOSPT, vol.18 (1), July 1993.	Discutere diversi concetti legati al trattamento riabilitativo della spalla dell'atleta.	- La stabilità dinamica della spalla è direttamente correlata all'integrità dell'intera cuffia dei rotatori, che agisce sia da stabilizzatrice dinamica, sia da elemento in grado di assorbire gli stress; - La stabilità dinamica della spalla può essere suddivisa in 3 componenti: - incremento della compressione articolare - la fusione tra i tendini della cuffia dei rotatori e la capsula articolare - il controllo neuromuscolare	Proposta di esercizi pliometrici: - lancio a 2 mani dal torace - lancio a 2 mani overhead - lancio a 2 mani latero-laterale - passo e lancio a 1 mano - lancio del baseball a 1 mano overhead - esercizi pliometrici con elastico per RI e RE

		- Per permettere un buon funzionamento della spalla è necessario prendere in considerazione l'intera catena di movimento che la include, ossia la cinematica scapolare in primis, ma anche l'attività di tronco e arti inferiori (questi ultimi sono responsabili del 50% di lavoro durante il gesto del lancio); - Da un punto di vista riabilitativo è necessario quindi integrare alla riabilitazione della cuffia anche la corretta funzionalità dell'intera catena di movimento. - Il gesto del lancio, così come altre attività sportive (saltare, correre,...), sfruttano lo stretch-shortening cycle (SSC); l'esercizio pliometrico rappresenta un'attività in grado di riprodurre questo lavoro muscolare e rappresenta un'ottima fase di transizione all'interno dei programmi riabilitativi tra gli esercizi di rinforzo tradizionale e le attività di allenamento che precedono il gesto sportivo. - Gli esercizi pliometrici permettono di influire sull'adattamento neurofisiologico del muscolo, sull'incremento di velocità del riflesso miotattico, sulla desensibilizzazione degli organi tendinei del Golgi e sul miglioramento del controllo neuromuscolare, senza andare ad incidere sulle modificazioni morfologiche del muscolo.	- esercizi pliometrici con elastico con pattern diagonali - plyoball wall throw
Wilk KE, Voight ML, Keirns M a, Gambetta V, Andrews JR, Dillman CJ. Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 1993 May;17(5):225–39	Fornire un'introduzione sul concetto di stretch-shortening exercise, relativamente alle basi teoriche, alle risposte neurofisiologiche e inoltre vuole fornire un semplice programma di allenamento per gli arti superiori.	- Lo stretch shortening cycle (SSC) è il meccanismo che sta alla base dell'esercizio pliometrico; questo si compone di un'azione di tipo neurofisiologica, dovuta alla risposta dei propriocettori del corpo (fusi neuromuscolari, organi tendinei del Golgi e recettori articolari o legamentosi) e di tipo meccanica, come conseguenza del rilascio di energia elastica (accumulata alla fine della contrazione eccentrica durante la fase di ammortizzazione) che viene sommata all'effetto prodotto dalla contrazione concentrica dello stesso muscolo. - Lo stretch shortening cycle si compone di 3 fasi: - la fase eccentrica (precarico) - la fase di ammortizzazione - la fase concentrica - I meccanismi che permettono di migliorare la performance muscolare sfruttando l'esercizio pliometrico riguardano l'incremento della velocità del riflesso miotattico, la desensibilizzazione degli organi tendinei del Golgi e l'incremento della coordinazione neuromuscolare. - Gli esercizi pliometrici allenano il sistema neuromuscolare, esponendolo a carichi di forza incrementali; il guadagno nella performance muscolare non è di tipo morfologico, ma è un adattamento di tipo neurale e facilita la coordinazione neuromotoria. - l'esercizio pliometrico deve essere sport-specifico e deve essere preceduto da una fase di warm-up; deve essere associato inoltre	Proposte di esercizi pliometrici: → con palla medica - lancio overhead-soccer - lancio dal petto - passo e lancio - lancio laterale → con elastici - RE e RI pliometrica - Pattern diagonale pliometrico

		ad esercizi specifici per il tronco. - Le controindicazioni dell'esercizio pliometrico riguardano la presenza di una condizione infiammatoria o di dolore, una grave instabilità, una condizione postoperatoria acuta e la mancata associazione con un training specifico di rinforzo. - Risulta inoltre importante monitorare eventuale comparsa di debolezza o DOMS successiva all'esercizio pliometrico.	
--	--	---	--

5. DISCUSSIONE

Nell'esecuzione di movimenti che coinvolgono gli arti superiori, come il gesto del lancio o altre attività overhead, la spalla rappresenta un elemento cardine, capace di rispondere alle richieste funzionali a cui è sottoposta ripetutamente, grazie alla produzione di grandi forze torsionali e al contemporaneo mantenimento di una adeguata stabilità dinamica. La cuffia dei rotatori rappresenta l'elemento fondamentale in grado di garantire questa stabilità dinamica attraverso tre meccanismi: l'incremento della compressione articolare, la stretta connessione tra i tendini dei muscoli della cuffia dei rotatori con la capsula articolare e un efficace controllo neuromuscolare ^[29].

Le attività overhead mettono molto frequentemente a rischio l'articolazione della spalla, poiché determinano sovraccarichi funzionali tali da provocare col tempo microtraumi ripetuti, che possono condurre a lesioni delle strutture articolari e peri-articolari, a deficit di movimento articolare, a disturbi del controllo neuromuscolare, a riduzione di forza e resistenza muscolare e a condizioni di instabilità ^[9].

Una preparazione atletica specifica, di tipo preventivo o di ricondizionamento successivo a lesione, rappresenta quindi un elemento imprescindibile per il ritorno a gesti ripetuti e ad attività stressanti.

L'esercizio pliometrico viene dunque considerato un'ottima fase di transizione ^[28] all'interno dei programmi riabilitativi, tra gli esercizi di rinforzo tradizionali e l'attività di allenamento che precede il gesto sportivo.

Davies 2001^[22] sulla base di una revisione, ha individuato tre importanti macro aree su cui è in grado di agire l'esercizio pliometrico:

- generare maggior forza
- migliorare la coordinazione neuromotoria
- facilitare la performance funzionale

Queste importanti funzioni sono state prese in considerazione in letteratura in maniera molto approfondita e amplificata per quanto riguarda gli arti inferiori,

analizzando attività quali la corsa o il salto, ma in generale molta meno attenzione è stata dedicata agli arti superiori e in particolare la spalla. Dall'analisi della letteratura primaria e secondaria selezionata in questa revisione si è deciso di approfondire i principi base relativi all'efficacia dell'esercizio pliometrico applicato alla cuffia dei rotatori ed inoltre sono state individuate alcune indicazioni guida, capaci di delinearne le specifiche modalità di utilizzo, attraverso un programma di riferimento.

5.1 EFFETTI DELL'ESERCIZIO PLIOMETRICO ALLA SPALLA

5.1.1 Pliometria e forza muscolare

Tra gli studi sperimentali ottenuti dall'analisi della letteratura e inclusi in questa revisione è opportuno anzitutto sottolineare come questi siano caratterizzati da disegni di studio differenti tra loro e come dunque i diversi risultati ottenuti non siano di facile confronto, soprattutto relativamente al reale incremento di forza ottenuto attraverso l'esercizio pliometrico. Molte reviews ^[2] ^[19] ^[22] hanno suggerito l'efficacia dell'esercizio pliometrico nell'incremento della forza dei muscoli della spalla, attraverso una spiegazione in termini meccanici e neurofisiologici. Nel primo caso, infatti, l'incremento di forza e del lavoro muscolare si verifica come effetto del rilascio di energia elastica, accumulata durante la fase eccentrica dell'esercizio pliometrico, durante la contrazione concentrica; nel secondo caso, invece, l'esercizio pliometrico prevede di una riduzione dei tempi nel riflesso miotattico e una desensibilizzazione dell'azione degli organi tendinei del Golgi.

Carter ^[13], con uno studio randomizzato controllato condotto su giocatori di baseball sani, ha potuto confermare sperimentalmente questa considerazione. Mettendo a confronto un programma di allenamento pliometrico, il *Ballistic six*, di 8 settimane, che prevede un lavoro specifico per i muscoli rotatori interni (RI) e rotatori esterni (RE) eseguito con palla medica, elastici e altri esercizi funzionali più generali legati al gesto del lancio, con un normale programma di rinforzo della cuffia dei rotatori overhead associato ad allenamento, ha potuto riscontrare come il picco di forza isocinetico calcolato in entrambi i gruppi mostrasse un incremento significativo dei valori di forza tra prima e dopo il training; da questo studio si può

ipotizzare come il training pliometrico sia in grado di incrementare la produzione di forza in maniera speculare ad altri esercizi di rinforzo. Carter inoltre suggerisce come l'utilizzo come outcome della valutazione della forza isocinetica non rappresenti una scelta ideale, poiché con la pliometria, così come con altri tipi di lavoro muscolare, si produce forza isotonica. Anche Swanik ^[20] in uno studio condotto su donne nuotatrici ha ottenuto un incremento del picco di forza nel gruppo sperimentale: in questo caso però il gruppo sperimentale, rispetto al gruppo di controllo, ha eseguito un lavoro pliometrico con palla medica ed elastici specifico soltanto per i RI (2 volte a settimana), in aggiunta alle normali attività praticate dalle atlete; in questo studio inoltre si evidenzia un miglioramento del tempo di picco di forza, misurazione in grado di rilevare la potenza prodotta e quindi la performance muscolare, del gruppo sperimentale rispetto a quello di controllo. Questo lavoro sperimentale non vuole sottolineare la superiorità dell'esercizio pliometrico sull'incremento della forza nell'atleta, rispetto all'utilizzo di un normale training in-season, ma piuttosto l'importante apporto che la pliometria può garantire alla preparazione specifica dell'atleta, poiché è in grado di simulare il movimento, la posizione e le forze coinvolte nel gesto del lancio, molto più di un lavoro basato su un rinforzo isotonico della cuffia dei rotatori ed esercizi cardiovascolari. In ogni caso risulta utile associare entrambi i training, poiché oltre all'incremento specifico della forza muscolare, garantiscono una preparazione globale dell'atleta.

Concordi con l'incremento di attività muscolare conseguente al lavoro pliometrico sono anche i risultati ottenuti dal lavoro di Fortun ^[23]; in questo studio è stato analizzato l'effetto di un training di 8 settimane eseguito a livello dei RI di spalla in un gruppo di giocatori di baseball, confrontato con un gruppo di controllo che non eseguiva alcun training specifico; si è potuto riscontrare un miglioramento all'interno del gruppo sperimentale dei risultati del test isocinetico eseguito ad alte velocità (180 e 300°/sec), a differenza di velocità angolari minori pari a 60°/sec, in cui non si è notato nessuna variazione significativa. Questo dato permette di dire nuovamente come l'esercizio pliometrico sia in grado di incrementare l'efficacia delle normali attività di preparazione, riuscendo soprattutto a sviluppare forza a velocità angolari elevate, più vicini a ciò che rappresenta una richiesta funzionale. Infine anche lo studio di Somma^[5], un Case

Series eseguito su tre pazienti sani e giocatori di baseball, mostra un incremento della forza muscolare (media dell'incremento di forza esplosiva del sovraspinoso pari a 4,28 kg); il muscolo testato in questo studio è il sovraspinoso e la misurazione è stata eseguita con il dinamometro manuale. Il training utilizzato prevede gli stessi esercizi pliometrici proposti nello studio di Carter ^[13], il *Ballistic six*, ed è stato eseguito per 10 settimane, con una progressione in funzione del numero di ripetizioni e del peso della palla medica.

Tra gli studi sperimentali analizzati, relativi all'efficacia della pliometria sull'incremento di forza muscolare, però, alcuni lavori riportano risultati discordanti rispetto a quanto riportato sopra; Schulte-Edelmann ^[17] nel suo studio confronta un training di 6 settimane tra atleti che hanno eseguito un semplice programma di rinforzo per la parte superiore del corpo, rispetto al gruppo sperimentale che eseguiva un lavoro 2 volte a settimana con specifici esercizi pliometrici per i RE di spalla e il gomito, praticando esercizi di "retro plyos", ossia lanci con palla medica a partire dalla posizione di adduzione orizzontale di spalla a 90° di flessione e gomito flesso andando verso l'abduzione orizzontale di spalla, con gomito esteso. Dall'analisi dei risultati si riscontra una differenza significativa solo a livello degli estensori di gomito, ma nessun incremento significativo a livello dei RE di spalla. Ciò in realtà può essere spiegato dal fatto che il tipo di esercizio proposto nel gruppo sperimentale non risulta essere appropriato per allenare nello specifico i muscoli RE di cuffia, poiché prevede da un punto di vista biomeccanico un maggior pre-stretch a livello di gomito e degli estensori orizzontali di spalla, piuttosto che nello specifico dei RE, e quindi una differente capacità di accorciamento e conseguente attivazione muscolare tra i muscoli. Anche i risultati prodotti dal lavoro di Heiderscheit ^[25] non riportano incremento di forza nel gruppo sperimentale oggetto dello studio, che ha eseguito un allenamento pliometrico di 8 settimane per 2 volte a settimana, con esercizi di lancio specifici per i muscoli RI, eseguiti a 45° di abduzione; in questo caso i due gruppi di controllo eseguivano rispettivamente un training di rinforzo sempre di 8 settimane, per 2 volte a settimana, utilizzando la stessa macchina isocinetica della valutazione e un training "shame" di tre sessioni nelle ultime 2 settimane prima del follow up, come semplice esercitazione all'utilizzo della macchina isocinetica. In questo caso i soggetti in esame non erano sportivi, ma donne sedentarie, che non avevano mai praticato sport di lancio; tale aspetto può

risultare determinante sull'analisi dei risultati finali, in quanto il gesto di lancio eseguito dal gruppo pliometrico, poteva facilmente essere eseguito in maniera scorretta, sfruttando i soli estensori di gomito e non andando quindi a coinvolgere pienamente i RI di spalla, gruppo muscolare coinvolto della valutazione.

5.1.2 Pliometria e ROM

Dall'analisi della letteratura inclusa in questa revisione si è riscontrato un solo studio che analizzasse l'effetto dell'esercizio pliometrico a livello del range di movimento della spalla. Lo studio di Fortun ^[23], infatti, pone in rilievo come un training pliometrico specifico per i RI di spalla sia in grado di incrementare in maniera significativa ($p < 0,037$) il ROM passivo in rotazione esterna dell'articolazione gleno-omeroale. Questi valori sono giustificati dal fatto che l'esercizio pliometrico, nella fase di pre-stretching durante lo stretch shortening cycle, determina un allungamento sia delle strutture non contrattili anteriori, sia delle strutture contrattili (rotatori interni), tale da determinare un aumento di range di movimento verso la rotazione esterna. Questo incremento di range passivo in rotazione esterna viene infatti riscontrato in molti atleti, soprattutto lanciatori, e talvolta questa ipermobilità risulta essere uno dei fattori responsabili dello sviluppo di problematiche articolari alla spalla, che ne compromettono la stabilità. Anche il ROM attivo in rotazione esterna ha riportato un incremento dei valori rilevati nel gruppo di studio, ma in questo caso la variazione non risulta significativa; questo presumibilmente è determinato dal fatto che l'incremento di movimento attivo prevede una fase di contrazione dei rotatori esterni di spalla, cosa che non viene allenata durante il lavoro pliometrico specifico per i muscoli rotatori interni.

5.1.3 Pliometria e controllo neuromuscolare

Molte revisioni prese in esame in questo lavoro sottolineano come uno degli obiettivi primari che caratterizza l'esercizio pliometrico riguardi l'incremento del controllo neuromuscolare e della propriocezione ^{[8] [21] [29] [9] [22] [27]}. Attualmente in letteratura, se si prendono in considerazione i pochi studi sperimentali che hanno come oggetto l'effetto dell'esercizio pliometrico applicato alla spalla si possono riscontrare pareri discordanti a riguardo.

Da un punto di vista sperimentale, per poter misurare e analizzare in maniera oggettiva l'efficacia del controllo neuromotorio, è stata utilizzata la valutazione della propiocezione e della chinestesia.

Swanik ^[22] nel suo lavoro ha sottoposto 24 donne nuotatrici asintomatiche ad un programma di 6 settimane di trattamento, che confrontava un normale programma di allenamento (nuoto, pesistica e allenamento funzionale), con lo stesso associato a 2 sessioni a settimana di esercizi pliometrici per i RI di spalla (con palla medica e con elastici); la misurazione della propiocezione è stata eseguita utilizzando come dispositivo il Biodex II Isokinetic Dynamometer che permetteva di riprodurre attivamente una posizione angolare nelle posizioni a 0°, 75° e al 90% della massima rotazione esterna possibile, con un movimento sia verso la RE, sia verso la RI. La chinestesia, invece, valutata con il Proprioception Testing Device (PTD) nella posizione supina, eliminando le facilitazioni visivo-uditive e misurata ai medesimi angoli della valutazione della propiocezione, aveva lo scopo di rilevare la percezione di movimento di RE e RI ad una velocità pari a 0,5°/sec. Nello studio in questione si sono riscontrate differenze significative della propiocezione all'interno di ogni gruppo tra prima e dopo il training a 75°, nel movimento sia verso la RI, sia verso la RE, così come al 90% della massima rotazione esterna possibile, muovendo verso la RE. Il confronto tra i due gruppi, per quanto concerne la rilevazione del senso di posizione, mostra una differenza significativa nel gruppo sperimentale nelle misurazioni a 0°, nel movimento verso la RE e inoltre a 75° e al 90% sul totale di rotazione esterna possibile, muovendo sia verso la RE, sia verso la RI. Anche i valori ottenuti dalla misurazione del riconoscimento del movimento (chinestesia) hanno evidenziato un incremento significativo all'interno di ogni singolo gruppo di studio tra prima e dopo il trattamento; ancora più interessante però risulta essere la differenza significativa ottenuta per il gruppo sperimentale, nel confronto con il gruppo di controllo, che riguarda tutte le misurazioni eseguite, rilevate a 0°, 75° e al 90% della rotazione esterna massima, sia nel movimento passivo in direzione della rotazione interna, sia della rotazione esterna. Questi dati permettono di considerare dunque come l'esercizio pliometrico per i RI, aggiunto al normale programma di allenamento, permetta di incrementare ulteriormente la

propriocezione e la chinestesia, andando quindi ad allenare il corretto controllo neuromotorio.

Tali risultati non vengono però confermati dalle rilevazioni ottenute negli studi di Fortun^[23] e Heiderscheit^[25]; il primo ha analizzato l'effetto del training pliometrico per i RI in un gruppo di giocatori di baseball, rilevando il senso di posizione a 10° di RI, 10° e 75° di RE; il secondo studio analizzava anch'esso il senso di posizione a tre angoli di rilevazione (in una posizione in RI, ad un angolo minore di 45° in RE e maggiore di 45° in RE). Entrambi gli studi utilizzano un programma di rinforzo con esercizi pliometrici per i RI con la palla medica, rispettivamente a 90° di abduzione il primo studio e a 45° di abduzione il secondo. Tutti e due i lavori non riportano differenze significative nei valori ottenuti, ma è necessario sottolineare come entrambi gli studi abbiano determinato i diversi valori utilizzando un inclinometro, strumento di misurazione non sufficientemente sensibile.

Sulla base soltanto di questi tre lavori sperimentali risulta difficile riuscire a trarre delle conclusioni relative all'efficacia del lavoro pliometrico sul miglioramento della propriocezione e della chinestesia; sicuramente lo studio di Swanik^[22] utilizza strumenti di misurazione più sensibili e quindi i risultati ottenuti possono essere considerati più veritieri. In ogni caso sono necessari ulteriori lavori che riescano ad indagare in maniera specifica gli aspetti propriocettivi e chinestesici, utilizzando strumenti di misurazione sensibili e eseguendo training muscolari che includano esercizi pliometrici sia per i RI, che per i RE.

5.1.4 Pliometria e performance funzionale

La performance funzionale rappresenta l'aspetto più utile in termini di rilevanza clinica, poiché è in grado di condizionare direttamente la prestazione sportiva.

Per quanto concerne la spalla il gesto funzionale più studiato relativamente alla pliometria è il lancio e in particolare, negli studi analizzati, sono stati presi in considerazione i parametri di distanza e velocità del lancio.

Poiché l'esercizio pliometrico relativo alla spalla e più precisamente alla cuffia dei rotatori viene prevalentemente utilizzato nei programmi di allenamento sportivo o in caso di ricondizionamento successivo a lesione o infortunio, risulta dunque utile capire se queste proposte siano in grado di condizionare positivamente e

direttamente la performance funzionale, così come viene sottolineato in molte revisioni analizzate ^[9] ^[19] ^[22] ^[29] .

Distanza

Tra gli studi sperimentali selezionati che indagano la performance funzionale Fortun ^[23] analizza l'effetto dell'esercizio pliometrico sulla distanza di lancio; lo studio è stato condotto allenando pliometricamente i muscoli RI con palla medica e confrontando questo training con un gruppo di controllo che non eseguiva alcun training specifico. Dall'analisi dei risultati si è ottenuto un incremento significativo della distanza di lancio soltanto nel gruppo sperimentale. Anche Heiderscheit ^[25], eseguendo uno studio su un gruppo di donne non sportive, ha ottenuto un incremento della distanza di lancio nel gruppo che aveva eseguito un training pliometrico per i muscoli RI, rispetto agli altri due gruppi di controllo, ma in questo caso l'incremento non era significativo da un punto di vista statistico. C'è da dire che quest'ultimo studio, come poi è stato messo in risalto anche in precedenza, allena i muscoli RI a 45° di abduzione, ossia in una posizione non funzionale al movimento del lancio, a differenza dello studio di Fortun ^[23] che esegue il training a 90° di abduzione. Inoltre, così come si era riscontrato sull'analisi dell'incremento di forza, lo studio di Heiderscheit ^[25] esegue un training su donne non sportive; questo aspetto risulta essere ancora una volta determinante, poiché non è così improbabile andare a sviluppare compensi di movimento nell'esecuzione di un gesto sportivo non abituale come quello del lancio.

Velocità

La velocità di lancio rappresenta un altro importante parametro rilevato per oggettivare il concetto di performance funzionale; a riguardo soltanto due studi sperimentali analizzano tale aspetto. Nel primo Escamilla ^[1] confronta tre diversi training di allenamento di 6 settimane su un gruppo di giocatori di baseball: il primo sfrutta un rinforzo con pesi ed elastici, il secondo con un sistema di resistenze pneumatico; il terzo un training pliometrico con palla medica ed elastici, che si focalizza prevalentemente sulla ripetizione del gesto sportivo del lancio, andando a coinvolgere quindi prevalentemente i RI, oltre agli arti inferiori e al tronco. I risultati dello studio dimostrano come ognuno dei tre allenamenti sia in grado di incrementare significativamente la velocità di lancio, ma come

l'allenamento pliometrico evidenzia risultati significativamente migliori rispetto agli altri gruppi. Anche Carter ^[13] utilizza tra i vari outcomes la rilevazione della velocità di lancio; questo studio è stato condotto su giocatori di baseball asintomatici e mette a confronto 2 training differenti: uno pliometrico, con proposte di esercizi per i RI, per i RE e gesti funzionali che simulano quello del lancio; l'altro prevede esercizi di rinforzo isotonico per la cuffia dei rotatori e attività di allenamento. Nonostante i risultati dello studio mostrino un incremento della velocità di lancio per entrambi i gruppi di studio tra prima e dopo i training, soltanto l'esercizio pliometrico mostra significatività statistica. In questo secondo studio il tipo di training proposto include esercizi specifici sia per i RI, sia per i RE, andando quindi a coinvolgere l'intera cuffia dei rotatori. Lo studio di Escamilla ^[1], invece, nonostante i risultati comunque positivi sull'efficacia del lavoro pliometrico nella performance funzionale, propone esercizi non troppo specifici per la cuffia dei rotatori, ma più legati al gesto sportivo, che coinvolgono l'intera catena di movimento a partire dunque dagli arti inferiori e dal tronco, oltre ai RI di spalla. Non è facile mettere a confronto i risultati di questi studi, poiché utilizzano due tipi differenti di training; sicuramente si può affermare come entrambi permettano un incremento della performance funzionale sulla velocità di lancio, ma allo stesso tempo come una proposta non sia superiore all'altra.

5.1.5 Gruppi muscolari coinvolti

Un altro importante aspetto che non trova un andamento comune tra l'analisi dei differenti studi analizzati riguarda i gruppi muscolari coinvolti nel rinforzo della cuffia; la maggior parte degli studi sperimentali va a ricercare l'incremento muscolare dei RI, andando ad allenare il gesto funzionale sportivo, soltanto con movimenti generici di lancio a una o due mani in diverse posizioni oppure attraverso esercizi specifici per i RI di spalla ^{[20] [23] [25]}. Soltanto l'RCT di Carter ^[13] e il Case Report condotto da Peters ^[14] mostrano un tentativo di coinvolgere nell'analisi sperimentale l'intera cuffia dei rotatori, con esercizi pliometrici specifici anche per i RE di spalla. Tale intento viene perseguito anche da Schulte-Edelmann ^[17], ma in questo caso l'esercizio pliometrico proposto aveva maggior effetto sul gomito, più che sui RE di spalla. Dalle revisioni selezionate è stato messo in rilievo quanto il lavoro dell'intera cuffia sia determinante nel mantenimento della stabilità dinamica e quanto una volta ottenuta questa

stabilità, sia possibile riuscire a produrre ingenti forze torsionali, così come accade durante il gesto del lancio. Non è poco rilevante sottolineare il fatto che durante il gesto sportivo del lancio i muscoli RE devono essere in grado di contrarsi concentricamente durante la fase di coking e contemporaneamente i RI devono saper produrre una contrazione eccentrica; nella fase di decelerazione però deve avvenire esattamente il meccanismo opposto, ossia la contrazione concentrica dei RI e quella eccentrica dei RE, che risultano a questo punto determinanti per rallentare l'azione dinamica del lancio ^{[19] [22] [26]}. Ciò sta a significare quanto la componente posteriore della cuffia dei rotatori deve essere allenata anch'essa in maniera funzionale, per permettere la produzione di forza eccentrica, facilitare la decelerazione del gesto e garantire così il mantenimento di un corretto centro di rotazione a livello della testa omerale, eliminando le possibili traslazioni che col tempo rischierebbero di compromettere la stabilità della spalla ^{[13] [14] [17]}.

5.1.6 Il concetto di catena cinetica

Nonostante questa revisione vada ad approfondire l'efficacia dell'esercizio pliometrico a livello della cuffia dei rotatori, risulta importante porre in evidenza quanto il corretto funzionamento dei muscoli della cuffia non dipenda soltanto da un corretto pattern di reclutamento motorio locale a livello dell'articolazione gleno-omeroale, ma sia anche permesso da un'efficiente stabilità prossimale offerta dalla scapola, in primis, ma anche dall'integrità del controllo motorio della muscolatura assiale. Soltanto se tutti i sistemi che interagiscono tra loro funzionano correttamente è possibile garantire una condizione biomeccanicamente favorevole per permettere il corretto reclutamento della cuffia dei rotatori.

Sulla base di questo paradigma viene introdotto il concetto di catena cinetica, che risulta essere ancora più determinante quando si fa riferimento a gesti funzionali, che richiedono un controllo dinamico globale dell'intero corpo. Kibler ^[24], dunque, sulla base di quanto riportato, definisce la spalla come un link all'interno di una catena cinetica; questa si sviluppa secondo una sequenza di movimento che dipende dall'attività specifica svolta, ma che generalmente ha una direzione prossimo-distale. Pretz ^[16] aggiunge, inoltre, che il corretto funzionamento

dell'intera catena cinetica permette all'atleta di generare e successivamente trasferire grandi quantità di energia dal tronco e dagli AAI verso gli AASS. Kibler [2] [24], Pezzullo [26] e Wilk [28] suggeriscono quindi la necessità di eseguire il lavoro pliometrico per tutti i segmenti corporei coinvolti nell'attività specifica (rotatori di tronco, rotatori di anca, flessore-estensori di ginocchia, stabilizzatori scapolari) e non soltanto alla spalla. Questo aspetto è stato preso in considerazione soltanto nello studio sperimentale randomizzato controllato di Escamilla^[1], che oltretutto ha posto il focus non tanto sullo specifico incremento di forza, ma sulla performance funzionale legata alla velocità di lancio.

5.2 DEFINIZIONE DI UN PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO

Sulla base delle informazioni ricavate analizzando le revisioni e gli studi sperimentali inclusi in questo lavoro, risulta ora necessario riuscire a delineare un protocollo riabilitativo con lo scopo di individuare le indicazioni guida circa l'utilizzo dell'esercizio pliometrico a livello della cuffia dei rotatori.

Innanzitutto è necessario specificare a quali categorie di soggetti risulti utile applicare questo tipo di training muscolare; tutti gli studi sperimentali selezionati, ad eccezione di due [25] [17], hanno infatti come campione di riferimento degli atleti, sia sani, sia reduci da lesioni alla spalla trattate conservativamente o chirurgicamente, coinvolti in attività sportive che utilizzano gli arti superiori, prevalentemente con movimenti overhead. Anche le revisioni analizzate individuavano nell'atleta lanciatore il soggetto migliore su cui eseguire un lavoro pliometrico relativo alla spalla.

Considerando l'elevato stress che la pliometria sviluppa sulle strutture articolari e mio-tendinee [22], un altro aspetto rilevante è rappresentato dalla scelta della fase specifica in cui inserire questo tipo di lavoro muscolare.

Il razionale dietro questa scelta dipende dal tipo di soggetto coinvolto nel programma di riabilitazione ed è variabile a seconda che si faccia riferimento a un atleta sano, in cui l'obiettivo del training è la prevenzione di eventuali lesioni e l'incremento della performance funzionale del gesto sportivo, oppure nel caso sia

coinvolto un soggetto che presenta una lesione alla spalla, trattata in maniera conservativa o chirurgica.

5.2.1 Training pliometrico della cuffia nella preparazione atletica

Quando l'esercizio pliometrico assume una connotazione più preventiva, all'interno di un programma di preparazione atletica, i tempi di inserimento sono accelerati e precoci; in questo caso l'elemento fondamentale che deve essere garantito per poter utilizzare l'esercizio pliometrico riguarda la presenza di una condizione muscolare sufficiente e una buona capacità di controllo neuro motorio. Il lavoro pliometrico deve sempre essere preceduto o coincidere con altre forme di allenamento alla resistenza, alla forza e alla flessibilità [22].

Per aiutare il clinico nella decisione relativa alla giusta condizione dell'atleta per poter inserire l'esercizio pliometrico all'interno del training generale, uno dei metodi utilizzati è rappresentato dal "functional testing algorithm" (FTA) e dagli specifici criteri utilizzati nella progressione. Il FTA è basato su una serie di test sempre più difficili, che riguardano misurazioni di base, di forza, potenza e di test di performance funzionale, utilizzati in modo da far progredire l'atleta fino al ritorno all'attività sportiva. Al fine di poter inserire l'esercizio pliometrico all'interno del programma riabilitativo il soggetto deve ottenere i risultati minimi nei test.

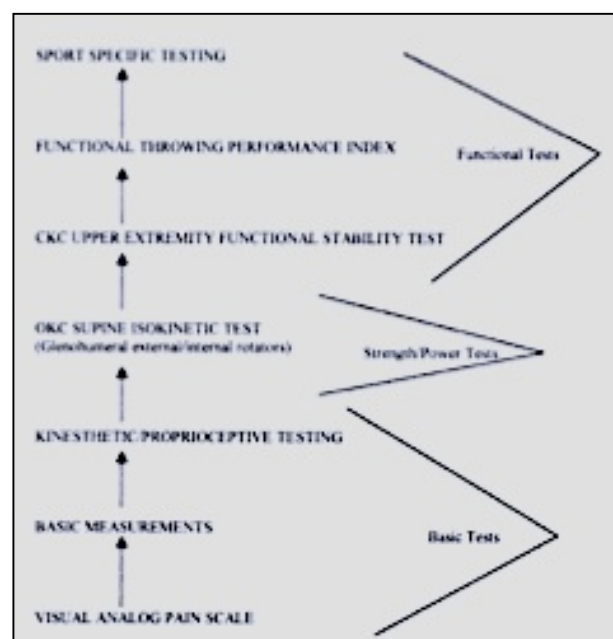


Figura 1. Tratta da Davies 2001 [22]

Functional testing algorithm (FTA) per gli arti superiori.

Level	Test	Guideline
Subjective	analog pain scale (0-10)	<3
Basic measurements	anthropometry	<10% bilateral difference
	goniometry	<10% bilateral difference
	kinesthetic testing ⁸⁵	male <3° ± 2°; female <4° ± 3°
Strength and power	OKC ⁸⁰	≤25% bilateral difference to advance to CKC stability test
Functional tests	CKC stability test ⁸⁵	≤15% bilateral difference to advance to throwing performance index
	functional throwing performance index ⁸⁵	male 18.5 touches; female 20.5 touches male 33-60%; female 17-41%

CKC, closed kinetic chain; OKC, open kinetic chain.

Figura 2. Tratta da Davies 2001 ^[22]

Linee guida per la progressione del paziente utilizzando l'FTA per gli arti superiori

5.2.2 Training pliometrico della cuffia nella riabilitazione conservativa della spalla

Nei casi di riabilitazione successiva a lesione, trattata in maniera conservativa, molti autori ^{[2] [8] [21] [15]} sono concordi nell'inserire il lavoro pliometrico all'interno del programma riabilitativo nella terza fase del recupero, ossia quella di rinforzo avanzato, con l'obiettivo di ottenere stabilità dinamica, di migliorare la propriocezione e di iniziare gradualmente ad aumentare gli stress funzionali a livello dell'articolazione della spalla ^[21]. Il training pliometrico deve essere poi mantenuto e continuato nella successiva quarta fase, ossia quella di ritorno alla fase di lancio; in questa fase gli obiettivi saranno ancora indirizzati all'incremento di forza, potenza e resistenza, ma in una chiave più funzionale e sport-specifica. Tali raccomandazioni, provenienti dal parere di autorevoli esperti, non sono appoggiate da studi sperimentali di buona qualità metodologica e la poca letteratura al riguardo è rappresentata da Case Report e revisioni narrative.

Almeida^[6], nel suo Case Report, propone il percorso eseguito su un'atleta nuotatrice, che presenta una lesione del sovraspinoso in via di guarigione; anche lui è concorde nell'inserire l'esercizio pliometrico nella terza fase del recupero, che corrisponde circa alla 5°- 6° settimana post lesione e di proseguire aumentando il carico di lavoro pliometrico nelle successive due settimane, fino alla ripresa completa dell'attività sportiva specifica.

Peters ^[14] espone, sempre in un Case Report, il percorso riabilitativo fatto su un atleta giocatore di baseball, che presenta una lesione in via di risoluzione dei

sintomi dei muscoli infraspinato e piccolo rotondo; anche in questo caso l'utilizzo di esercizi pliometrici riguarda la fase sport-specifica, che segue quella acuta; le tempistiche però sembrano essere più accelerate rispetto a quelle scelte nel lavoro di Almeida ^[6], poiché Peters introduce tali attività già nella seconda settimana successiva alla lesione, aumentando il carico e il numero di esercizi dalla terza settimana.

Kibler ^[24] in una sua revisione, sottolinea inoltre che per utilizzare l'approccio pliometrico deve essere presente la guarigione completa dalla lesione ed inoltre l'atleta deve aver ottenuto un completo range di movimento.

5.2.3 Training pliometrico della cuffia nella riabilitazione post-chirurgica della spalla

L'introduzione dell'esercizio pliometrico per i muscoli della cuffia dei rotatori in programmi di riabilitazione successivi a differenti lesioni alla spalla, trattate chirurgicamente è scarsamente rappresentato dalla letteratura; sono presenti infatti a riguardo solo pochi studi e di bassa qualità (1 Case Report e 2 Case Series). Sebbene non sia oggetto della presente tesi, è interessante osservare come i pochi lavori che inseriscono esercizi pliometrici per la cuffia, e più in generale per la spalla, all'interno del programma riabilitativo del recupero post-operatorio, inseriscano questo tipo di allenamento nella fase finale del recupero, ovvero quella di transizione dal recupero analitico della forza muscolare verso il recupero funzionale del gesto sportivo, rispettando i tempi di guarigione tissutale richiesti dai diversi interventi chirurgici.

In particolare Ellenbecker ^[12] nel suo Case Series, che ha come campione dei soggetti che hanno subito la riparazione chirurgica per SLAP di tipo 2, introduce la pliometria all'interno del percorso riabilitativo alla fine della terza fase, che corrisponde circa alla 6° - 10° settimana post operatoria, per poi proseguirla nella quarta fase, dalla 10° - 16° settimana post operatoria. Ovviamente in questo range temporale anche gli esercizi proposti prevedono un incremento graduale del carico, partendo con esercizi a bassa intensità e più generali per l'arto superiore, fino all'esecuzione di esercizi ad alta intensità, specifici per la cuffia dei rotatori, simili al gesto funzionale specifico in termini di posizione angolare della spalla e intensità di lavoro.

Eckenrode BJ ^[10] propone un Case Series che ha per oggetto degli atleti giocatori di wrestler, che hanno subito un intervento di stabilizzazione per instabilità posteriore. In questo lavoro la pliometria viene introdotta nella 13° settimana post operatoria, in un range temporale posteriore rispetto a quanto suggerito dalla Ellenbeker ^[12] nel suo lavoro, ma con un concetto di progressione di carico molto simile. Risulta utile sottolineare dunque quanto la tipologia di intervento e le strutture coinvolte siano determinanti nella definizione delle tempistiche utilizzate, ma come invece il tipo di progressione presenti una linearità di intervento, molto simile tra l'altro ai casi di lesione trattati in maniera conservativa. L'ultimo studio preso in esame di Brumitt ^[7], che ha come oggetto l'introduzione dell'esercizio pliometrico post chirurgia di spalla, in questo caso relativa alla riparazione della cuffia dei rotatori, non viene definita nello specifico la fase in cui inserire il training pliometrico, ma piuttosto la frequenza settimanale, pari a una volta alla settimana, e il tempo stabilito per ogni singola seduta, che corrisponde a 60 minuti. Anche in questo studio l'esercizio pliometrico non rappresenta l'unico lavoro proposto nella seduta, ma viene associato ad altri lavori di rinforzo ed elasticità tissutale.

5.2.4 Controindicazioni all'esercizio pliometrico

In ogni caso è opportuno porre in rilievo le controindicazioni sull'utilizzo dell'esercizio pliometrico definite da diversi autori ^[22] ^[29] come regole imprescindibili da seguire, trasversali sia al training preventivo, sia al recupero post lesione. Tra queste vi sono: la presenza di infiammazione, di lesioni articolari acute o subacute, una condizione di instabilità articolare, la presenza dolore durante l'esercizio e eventuali limitazioni dei tessuti molli per condizioni post operatorie; gli esercizi pliometrici sono inoltre considerati non opportuni nel caso in cui l'atleta non abbia una base di allenamento o una condizione di forza sufficiente.

5.2.5 Struttura del training pliometrico

Il protocollo riabilitativo che riguarda l'utilizzo dell'esercizio pliometrico a livello della spalla deve seguire il principio della posizione-specifica, movimento-specifico e funzione-specifica^[2]; deve inoltre prevedere il concetto di progressione e l'aumento di carico^[19].

Un programma pliometrico per gli arti superiori, sia all'interno dei programmi di preparazione per l'atleta, sia nei pazienti che hanno subito una lesione trattata in maniera conservativa, deve essere preceduto da una fase di warm up e da uno stretching appropriato ^[27] ^[29], al fine di prevenire eventuali lesioni e preparare il sistema neuromuscolare alla successiva richiesta d'allenamento. Tra gli studi sperimentali analizzati, il warm up proposto presenta una linearità abbastanza simile: Escamilla ^[1] propone un warm up di 5'-10', composto da una corsetta leggera e esercizi di stretching statico e dinamico; Schulte ^[17] propone 5' di ergometro per gli arti superiori; Fortun ^[23] e Heiderscheit ^[25] l'utilizzo di ergometro per gli arti superiori per 3' (1,5' avanti e 1,5' indietro), con 30" di stretching sia per i RI, sia per i RE. In generale risulta utile adottare un programma di warm up rivolto sia alla totalità del corpo, sia allo specifico segmento articolare coinvolto ^[22].

L'esercizio pliometrico deve inoltre essere seguito da una fase di cool down e di successivo rilassamento muscolare ^[27].

5.2.6 Cadenza settimanale e durata del training pliometrico

Nell'utilizzo del lavoro pliometrico è importante stabilire innanzitutto la frequenza settimanale adeguata. Inoltre, come è già stato sottolineato in precedenza, risulta opportuno associare a tale lavoro muscolare anche un adeguato programma di rinforzo, sia nei pazienti reduci da una lesione trattata conservativamente, sia nei pazienti che effettuano un programma preventivo di potenziamento.

In letteratura non sono state individuate linee guida che aiutassero a definire la frequenza settimanale nel training di pazienti che hanno subito lesioni alla spalla, trattate in maniera conservativa. In ogni caso è possibile fare riferimento alle indicazioni che vengono definite nei lavori che hanno come oggetto di studio i sani, poiché comunque l'esercizio pliometrico anche nei pazienti post lesione viene inserito in una fase in cui la guarigione completa dovrebbe essere avvenuta; gli aspetti rilevanti risultano quindi essere non tanto la frequenza delle sedute, ma il carico di lavoro proposto.

Per quanto riguarda l'utilizzo della pliometria nella preparazione sportiva dell'atleta, le revisioni analizzate Karatsolis ^[15] stabiliscono che l'esercizio pliometrico per la spalla non deve essere eseguito più di 3 volte a settimana, dato l'intenso stress che esso sviluppa a livello delle strutture coinvolte. Brumitt ^[18],

che presenta un programma di lavoro pliometrico da eseguire all'interno della stagione sportiva, propone una frequenza di 1 volta a settimana. Gli studi sperimentali analizzati, che avevano come campione sempre pazienti sani, rilevano tutti una frequenza di 2 volte a settimana ^{[13] [20] [23] [25]}.

I protocolli presentati negli studi sperimentali variano poi da un minimo di 5 settimane totali ^[14], a 6 settimane ^{[1] [17] [20]}, fino a un massimo di 8 settimane ^{[13] [23] [25]}.

5.3 Pliometria: quali esercizi per la cuffia dei rotatori

Dall'analisi della letteratura inclusa in questa revisione, che presenta programmi di training pliometrici specifici per il ricondizionamento dell'atleta lanciatore, si è dovuto innanzitutto distinguere i risultati trovati tra esercizi che prevedono un reclutamento specifico e isolato per i RI e i RE di spalla, oppure esercizi che coinvolgono l'intera muscolatura dell'arto superiore interessata nel gesto funzionale del lancio.

In entrambi i casi, gli strumenti utilizzati per eseguire gli esercizi sono elastici e palla medica, associata talvolta all'uso di trampolini.

Come già ricordato in precedenza risulta importante coinvolgere l'intera cuffia dei rotatori con gli esercizi pliometrici, per andare a allenare le diverse fasi che compongono la fase del lancio e garantire una stabilizzazione dinamica gleno-omeroale.

Il training specifico per i rotatori interni (RI) può essere eseguito con braccio posto a differenti gradi di abduzione; Pezzullo ^[26] in particolare suggerisce di iniziare dalla posizione neutrale per le fasi iniziali, fino ad arrivare a 90° di abduzione; il gomito è tenuto fisso a 90° di flessione.

Tra gli studi sperimentali analizzati Fortun ^[23] propone la posizione 90° di abduzione di spalla e 90° di flessione di gomito (90°/90°); Heiderscheit ^[25] 45°/90°; Swanik ^[20] 90°/90°, ma in ginocchio, per escludere il coinvolgimento degli AAI; Carter ^[13] 90°/90°; tra le revisioni, invece, Brumit ^[7] propone la posizione 90°/90°, Davies ^{[22], [27]} 0°/90° e 90°/90°.

Gli esercizi che prevedono l'utilizzo della palla medica devono essere eseguiti con l'utilizzo di un trampolino, che permetta di far rimbalzare la palla e di

mantenere un adeguato ritmo dell'esercizio, in modo da favorire lo stretch shortening cycle (SSC). Il paziente deve lasciare la palla in fase di massima rotazione interna e recuperarla dopo il rimbalzo portando il braccio dalla massima rotazione esterna, fino a tornare nuovamente in rotazione interna. Il passaggio in rotazione esterna deve avvenire nel minor tempo possibile.

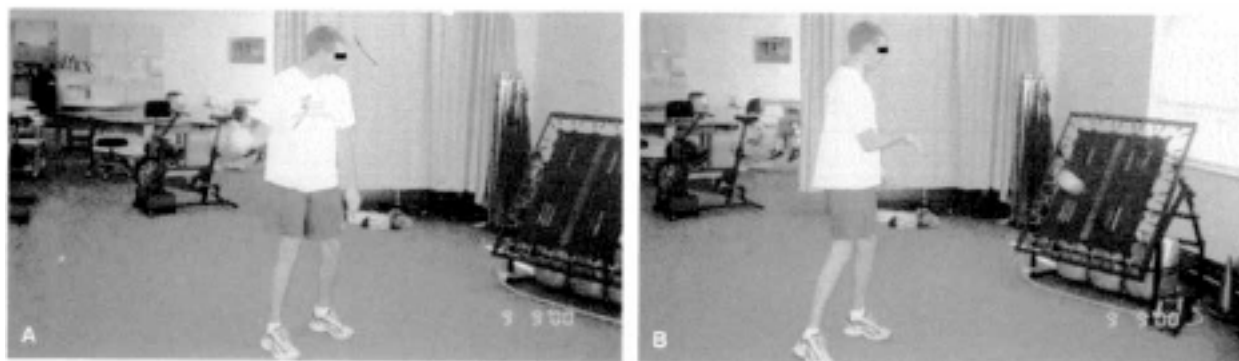


Figura 3. Tratta da Davies 2001 ^[22]

RI PLIOMETRICA A 0°/90°

Eseguire il lancio della palla, mantenendo la spalla abdotta a 0° e il gomito flesso a 90°; lanciare la palla contro il trampolino, eseguendo un movimento di RI; nel momento in cui avviene il rimbalzo, la pallina deve essere ripresa al volo e deve essere eseguito un movimento in RE, prima di effettuare un successivo lancio. Il passaggio a fine RE deve avvenire rapidamente, in modo da sfruttare lo stretch shortening cycle.



Figura 4. Tratta da Davies 2001 ^[22]

RI PLIOMETRICA A 90°/90°

Eseguire il lancio della palla, mantenendo la spalla abdotta a 90° e il gomito flesso a 90°; lanciare la palla contro il trampolino, eseguendo un movimento di RI; nel momento in cui avviene il rimbalzo, la pallina deve essere ripresa al volo e deve essere eseguito un movimento in RE, prima di effettuare un successivo lancio. Il passaggio a fine RE deve avvenire rapidamente, in modo da sfruttare lo stretch shortening cycle.

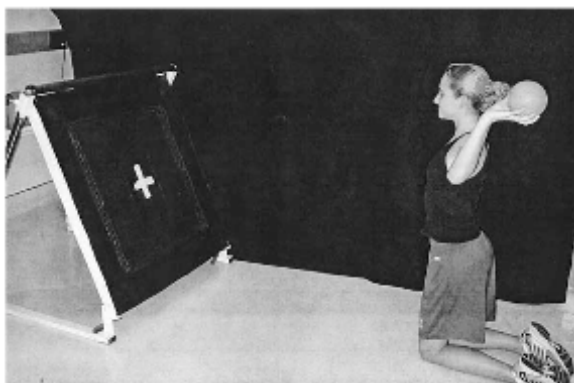


Figura 5. Tratta da Swanik 2002 ^[20]

RI PLIOMETRICA 90°/90° CON VARIANTE DI POSIZIONE

Eseguire il lancio della palla, mantenendo la spalla abdotta a 90° e il gomito flesso a 90°; l'esercizio viene eseguito in posizione inginocchiata, al fine escludere la componente data degli arti inferiori durante il gesto, rendendo l'esercizio più specifico per la spalla.

L'utilizzo dell'elastico per l'allenamento pliometrico dei RI deve prevedere un procedimento di esecuzione specifico: risulta infatti importante partire da una posizione di rotazione interna massima e mantenerla isometricamente per circa 2", permettere poi all'elastico di portare la spalla in completa rotazione esterna e eseguire immediatamente un movimento di rotazione interna, riducendo il più possibile i tempi a fine rotazione esterna e permettendo così lo SSC. Anche in questo caso è possibile eseguire il training a partire da una posizione neutra di abduzione e proseguire fino a 90°/90°.

Tra gli studi sperimentali Swanik ^[20] propone la posizione 90°/90°; lo stesso fanno nelle revisioni Pretz 2006 ^[16], Davies ^[22], Pezzullo ^[26] e Wilk ^[29]



Figura 6. Tratta da Pezzullo 1995 ^[26]

RI PLIOMETRICA CON ELASTICO 90°/90°

Mantenere la spalla abdotta a 90° e il gomito flesso a 90°; iniziare l'esercizio partendo da una posizione di RI e mantenerla per circa 2"; permettere successivamente all'elastico di portare la spalla in massima RE ed eseguire subito un movimento in RI. Il passaggio a fine RE deve avvenire rapidamente, in modo da sfruttare lo stretch shortening cycle.

Il training specifico per i rotatori esterni (RE) prevede lo stesso approccio visto per i RI; anche in questo caso la progressione del lavoro specifico varia dalla posizione a 0° di abduzione del braccio, fino ai 90° ^[26].

Pretz ^[19], all'interno del suo lavoro, propone un protocollo, il "Ballistic six", che verrà poi ripreso da Carter ^[13] nel suo studio sperimentale e da Somma^[5] nel suo Case Series, in cui vengono proposti alcuni esercizi specifici per i RE. Pezzullo ^[26] presenta esercizi analoghi sempre per i RE, come il "reverse throw", eseguito in posizione inginocchiata, in modo da escludere il coinvolgimento degli arti inferiori.



Figura 7. Tratta da Carter 2007 ^[13]

PLIOMETRIC EXTERNAL ROTATION SIDE THROW 90°/90°

Mantenere la spalla abdotta a 90° e il gomito flesso a 90°; portare la pallina verso la RI e rilanciarla subito indietro, eseguendo un movimento di RE. E' possibile eseguire questo esercizio sfruttando una parete di rimbalzo o per mezzo dell'aiuto di un'altra persona posizionata postero-lateralmente all'atleta. Il passaggio a fine RI deve avvenire rapidamente, in modo da sfruttare lo stretch shortening cycle.



Figura 8. Tratta da Pretz 2004 ^[19]

PLIOMETRIC EXTERNAL ROTATION SIDE THROW 90°/90° con supporto della parete



Figura 9. Tratta da Carter 2007 ^[13]

REVERSE THROW (DECELERATION BASEBALL THROW PLYOMETRIC)

L'atleta riceve la palla da dietro, lanciata dall'allenatore; l'obiettivo è quello di allenare la fase di ammortizzazione alla fine del gesto del lancio e poi, a fine movimento, rilanciare posteriormente la palla. Il passaggio a fine RI deve avvenire rapidamente, in modo da sfruttare lo stretch shortening cycle



Figura 10. Tratta da Pezzullo 1995 ^[26]

REVERSE THROW in posizione inginocchiata

Nello stesso protocollo vengono presentati anche esercizi con elastico sia 0°/90°, sia 90°/90°, con lo stesso principio esecutivo di quelli visti per i RI.



Figura 11. Tratta da Carter 2007 ^[13]

RE PLIOMETRICA CON ELASTICO 0°/90°

Mantenere la spalla abdotta a 0° e il gomito flesso a 90°; iniziare l'esercizio partendo da una posizione di RE e mantenerla per circa 2"; permettere successivamente all'elastico di portare la spalla in massima RI ed eseguire subito un movimento in RE. Il passaggio a fine RI deve avvenire rapidamente, in modo da sfruttare lo stretch shortening cycle.



Figura 12. Tratta da Carter 2007 ^[13]

RE PLIOMETRICA CON ELASTICO 90°/90°

Mantenere la spalla abdotta a 90° e il gomito flesso a 90°; iniziare l'esercizio partendo da una posizione di RE e mantenerla per circa 2"; permettere successivamente all'elastico di portare la spalla in massima RI ed eseguire subito un movimento in RE. Il passaggio a fine RI deve avvenire rapidamente, in modo da sfruttare lo stretch shortening cycle.

5.4 Pliometria, non solo cuffia dei rotatori: l'importanza della catena cinetica

Negli studi e nelle revisioni analizzate vengono inoltre riportati esercizi pliometrici più generali, che non includono il reclutamento della sola muscolatura della cuffia dei rotatori nello specifico, ma tutta la muscolatura che partecipa all'esecuzione dell'intero gesto funzionale del lancio. Tra questi vi sono esercizi che vanno a coinvolgere gli arti superiori con la palla medica bilateralmente, come il “*chest throw*”, il “*2-handed underhand throw*”, il “*soccer throw*” o il “*2-handed side throw*”; la progressione unilaterale prevede invece esercizi quali il “*one hand throw*”, il “*lateral throw*”, il “*retro throw*”, fino ad arrivare a esercizi funzionali molto vicini al gesto del lancio, come il “*one step and throw*”. Inoltre sono stati proposti esercizi con elastici, sfruttando dei pattern direzionali di movimento in diagonale [22] [27] [26] [28] [29].

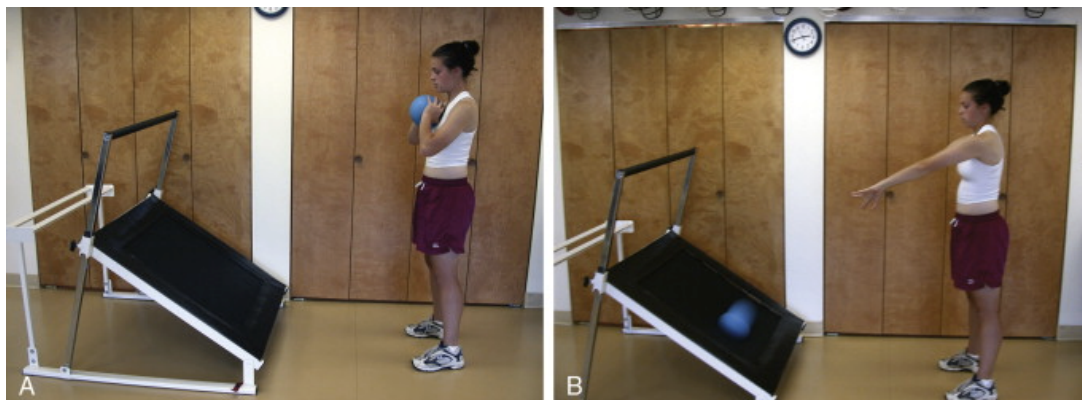


Figura 13. Tratta da Cuoco 2012 ^[4]
CHEST THROW

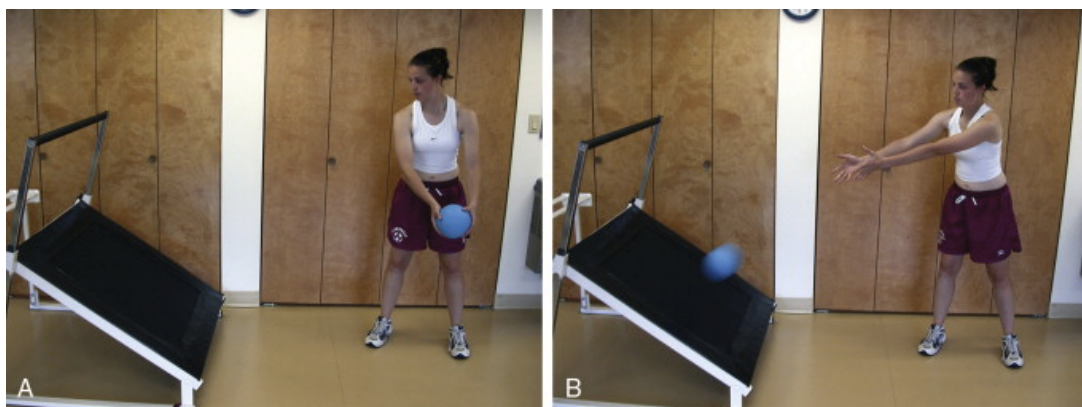


Figura 14. Tratta da Cuoco 2012 ^[4]
2-HANDED UNDERHAND THROW

Figu

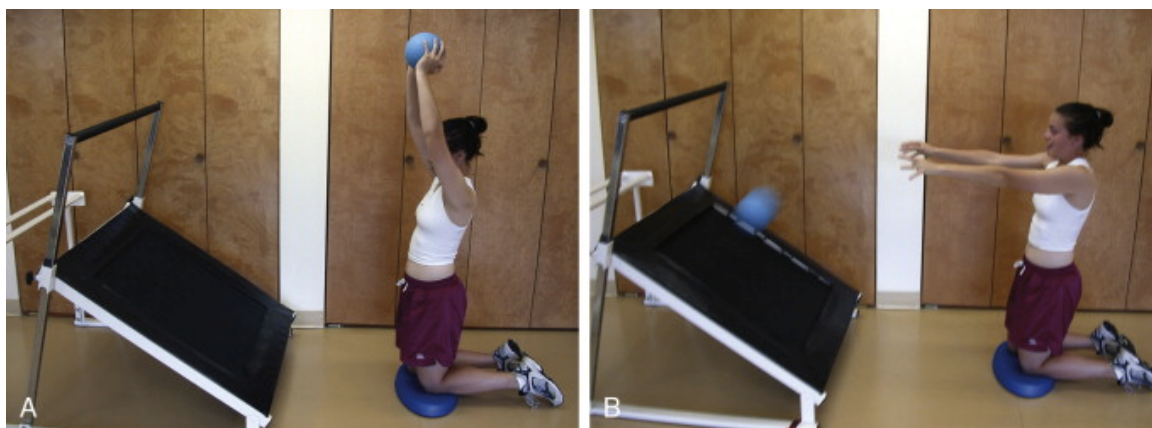


Figura 15. Tratta da Cuoco 2012 ^[4]
SOCCER OVERHEAD THROW (può essere eseguito anche in posizione eretta)

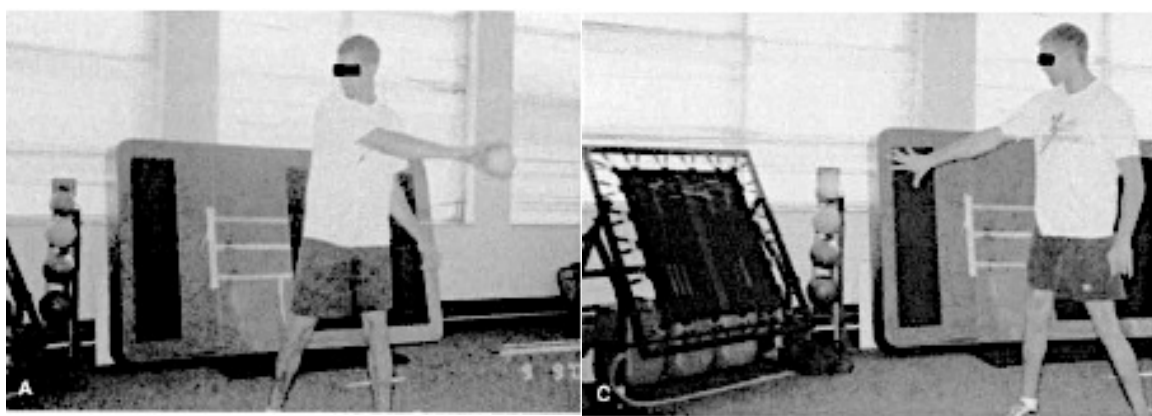


Figura 16. Tratta da Davies 2001 ^[22]
RETRO THROW

Considerando inoltre che la forza viene generata dall'intera catena cinetica nel gesto funzionale del lancio, è opportuno che l'esercizio pliometrico venga svolto non solo alla spalla e agli arti superiori, ma in ogni segmento della catena cinetica ^[2]. Per queste ragioni risulta opportuno includere la muscolatura più prossimale, come quella scapolare con esercizi quali il “*plyometric push up*” ed inoltre esercizi pliometrici specifici per il tronco ^[28], favorendo la core stability, fino ad allenare pliometricamente anche gli arti inferiori, coinvolgendo quindi complessivamente la muscolatura all'interno della specifica catena cinetica di movimento.

5.5 Progressione del carico dell'esercizio pliometrico (fase di riabilitazione)

Nella progressione dell'esercizio pliometrico alla spalla è importante tenere in considerazione diversi fattori, che permettono di tarare al meglio il tipo di stimolo proposto per il paziente o l'atleta oggetto di studio.

Come già detto per la scelta della corretta fase di inserimento dell'esercizio pliometrico nel programma riabilitativo, anche la definizione del tipo di posologia dipende dalle caratteristiche del soggetto coinvolto. Il training pliometrico specifico per la cuffia dei rotatori e più in generale per l'arto superiore, infatti, nel caso in cui il paziente abbia subito una lesione alla spalla trattata in maniera conservativa, risulta essere molto diversa rispetto all'allenamento di un atleta che non presenta precedenti lesioni.

Nel paziente che presenta una lesione trattata in maniera conservativa la progressione del training deve rispondere alle necessità di ricondizionamento dei tessuti e deve quindi essere sviluppata procedendo da gradi articolari vicini alla posizione neutra, fino ad arrivare ad esercizi in posizioni prossime ai 90° di abduzione, nei movimenti overhead. Peters ^[14], nel suo Case Report, propone per esempio di scegliere il grado angolare di abduzione in cui iniziare gli esercizi pliometrici per la cuffia dei rotatori, sulla base dei muscoli specifici coinvolti dalla lesione; nel caso specifico il paziente riportava una lesione a carico dei muscoli extrarotatori di cuffia (infraspinato e piccolo rotondo) e quindi sono stati proposti esercizi pliometrici specifici per i RE eseguiti inizialmente a 0° di abduzione, in modo da non sottoporre i muscoli in via di guarigione ad alte intensità di lavoro, per poi proseguire fino a 90°; gli esercizi specifici per i RI sono stati proposti direttamente nella posizione funzionale di 90° di abduzione.

Inoltre, è possibile eseguire il lavoro pliometrico all'interno di range controllati e meno provocativi in fase iniziale, fino ad arrivare a un range completo di movimento ^[22].

Per quanto riguarda gli esercizi meno specifici per la cuffia dei rotatori, ma che coinvolgono più in generale l'intero arto superiore potrebbe essere opportuno iniziare con esercizi che utilizzano gli arti superiori bilateralmente, utilizzando ad esempio esercizi di lancio come il "*chest throw*" o il "*soccer throw*", per poi

progredire con lavori unilaterali ^[26], come per esempio il “*one hand throw*”, il “*lateral throw*” o il “*retro throw*”.

Nel caso di un paziente in via di guarigione per una lesione alla spalla trattata conservativamente, il principio che permette di capire la scelta corretta della progressione negli esercizi riguarda l'aspetto del dolore. Così come non deve essere presente durante l'esecuzione dell'esercizio, è importante che non si sviluppi neanche successivamente, in fase di riposo.

In generale, nei pazienti che hanno subito una lesione trattata in modo conservativo, l'obiettivo che ruota attorno all'utilizzo dell'esercizio pliometrico riguarda il miglioramento del controllo neuromotorio, utilizzando in particolare un principio di lavoro muscolare come l'SSC, che è alla base di molti movimenti funzionali. Ciò risulta determinante per garantire all'articolazione della spalla una stabilità dinamica, essenziale per la ripresa di un training sportivo specifico.

5.6 Progressione del carico dell'esercizio pliometrico (fase di allenamento)

Nel caso in cui si sia raggiunta una completa guarigione della lesione (range totale di movimento, forza adeguata, elasticità completa, assenza di dolore e buon controllo neuromotorio) e il focus dell'intervento riabilitativo riguardi il ritorno ad attività specifica sportiva, oppure nel caso in cui l'obiettivo dell'utilizzo dell'esercizio pliometrico sia legato alla preparazione atletica preventiva, il concetto di progressione verte sui principi di intensità e volume del lavoro. In questo caso l'obiettivo del training non vuole essere soltanto legato al miglioramento del controllo neuromotorio, ma piuttosto riguarda l'incremento della forza e potenza e più in generale il miglioramento della performance motoria funzionale.

Intensità

L'intensità è l'effettiva percentuale di sforzo richiesto al soggetto per eseguire una determinata attività e allo stesso tempo è rappresentata dalla quantità di stress sviluppato a livello muscolare, articolare e sul tessuto connettivo.

Per quanto concerne l'esercizio pliometrico applicato alla spalla, l'intensità viene stabilita sulla base della quantità di carico proposto, variando dunque il peso della palla medica o della resistenza degli elastici utilizzati, la distanza di lancio,

la velocità nell'esecuzione degli esercizi, la durata totale della sessione di esercizi e la durata del riposo tra le diverse sessioni all'interno dello stesso allenamento.

Per quanto riguarda il peso della palla medica viene riportata la tabella sottostante che mette a confronto le differenti proposte analizzate sia nelle revisioni, sia negli studi sperimentali, per quanto riguarda i pazienti sani.

Autore	Tipo Di Studio	Kg Proposti	Tipologia di soggetti coinvolti
Pretz 2004	Review	0,9 Kg → 1,13 Kg (a una mano) 2,72 Kg → 3,62 Kg → 5,44 Kg (a due mani)	ATLETI SANI(BASEBALL)
Pezzullo 1995	Review	2,72 Kg → 5,44 Kg	ATLETI SANI
Escamilla 2012	RCT	1,8 Kg → 3,6 Kg	ATLETI SANI (BASEBALL)
Carter 2007	RCT	0,9 Kg costante (a una mano) 2,72 Kg costante (a due mani)	ATLETI SANI (BASEBALL)
Schulte-Edelmann 2005	RCT	1 Kg costante	SOGGETTI SANI NON ATLETI
Swanik 2002	RCT	0,9 Kg → 3,6 Kg (a una mano)	ATLETI SANI (NUOTO)
Fortun 1998	RCT	0,9 Kg → 1,36 Kg (a una mano)	ATLETI SANI (LANCIATORI)
Heiderscheit 1996	RCT	1,36 Kg → 1,82 (a una mano)	SOGGETTI SANI NON ATLETI
Peters 2007	Case Report	0,68 Kg → 1,36 Kg	ATLETI POST LESIONE (TRATT. CONSERVATIVO)

Tabella 3.

Negli studi inclusi in questa revisione è stata sempre utilizzata la palla medica come strumento per incrementare l'intensità dell'esercizio.

Wilk ^[8] analizza un importante concetto e differenzia come la palla medica (*overweighted ball*) abbia l'obiettivo di ottenere un miglioramento della forza e della potenza, rispetto all'utilizzo di una palla normale (*underweighted ball*), che ha l'obiettivo di migliorare il trasferimento di energia e il momento angolare nella fase di lancio.

A questo riguardo Peters ^[14] nel suo case report, che ha come soggetto coinvolto un atleta che ha subito una lesione di cuffia trattata conservativamente, propone una progressione di esercizi con l'utilizzo di una palla, che va da 0,68 Kg, fino a 1,36 Kg; la scelta è quindi quella di introdurre l'esercizio pliometrico partendo da

carichi minori, se confrontato con i valori visti per i soggetti sani (tabella 3), per poi raggiungere carichi maggiori nel corso della progressione del training.

Per quanto concerne invece l'utilizzo degli elastici nell'esercizio pliometrico della spalla, non sono stati individuati in nessuno dei lavori analizzati parametri di riferimento relativi la quantità di resistenza scelta.

La distanza di lancio rappresenta un ulteriore parametro, che permette di tarare l'intensità di lavoro; anche qui gli studi propongono differenti soluzioni: nei lavori sperimentali le proposte riguardano brevi distanze (Fortun ^[23] : 2,28 metri; Schulte-Edelmann ^[17] : da 1,5 a 1,8 metri; Heiderscheit ^[25] : 1,52 metri). Nelle revisioni invece le distanze proposte presentano valori molto maggiori, poiché l'obiettivo riguarda il ritorno all'attività sportiva e quindi vi è una maggiore richiesta funzionale: Wilk ^[8] propone un incremento di 15, 20, 40 e 60 metri; sempre Wilk ^[21] , da 36, 44 e 54 metri; infine Pezzullo ^[26] da 9 a 54 metri.

A questo riguardo sempre Peters ^[14] nel suo Case Report su un paziente trattato conservativamente dopo lesione ai rotatori esterni della cuffia dei rotatori, propone di differenziare le distanze utilizzate a seconda dei gruppi muscolari coinvolti: l'allenamento pliometrico dei muscoli coinvolti nella fase di guarigione della lesione viene eseguito a 1,2 metri di distanza, mentre l'allenamento dei rotatori interni, che non presentano lesione, a una distanza di 1,8 metri.

Velocità

Anche la velocità dell'esecuzione dell'esercizio rappresenta un parametro di riferimento importante che influisce sull'intensità dell'esercizio; soltanto lo studio di Swanik ^[20] definisce il parametro utilizzato, ossia 1 ciclo ogni 2 secondi. In ogni caso è fondamentale eseguire l'esercizio in maniera rapida, riducendo i tempi soprattutto durante la fase di ammortizzazione, in modo da garantire il meccanismo base dell'esercizio pliometrico: lo stretch shortening cycle (SSC).

Durata dell'esercizio e riposo

Infine anche il fattore temporale influisce direttamente sull'intensità del lavoro proposto, sia per quanto riguarda la durata totale della sessione di lavoro pliometrico, sia relativamente i tempi di riposo all'interno della stessa sessione di

allenamento tra le varie ripetizioni. Per quanto riguarda il primo punto soltanto lo studio di Escamilla ^[1] individua la durata totale del training, pari a 45 minuti; non vi sono però negli studi analizzati altri valori di riferimento, che possano essere messi a confronto questo dato.

I tempi di riposo all'interno della stessa seduta di allenamento sono stati invece presi approfonditamente in considerazione nei diversi studi; in particolare Brumitt ^[18] nella sua revisione propone 2-3 minuti di riposo tra una serie e la successiva; Escamilla ^[1] riduce i tempi a 1-2 minuti; Fortun ^[23] e Heidercheit ^[25] propongono 1,5 minuti.

Pretz ^[19] e Pezzullo ^[26], invece, definiscono il tempo di riposo tra una ripetizione e l'altra, all'interno di ogni serie e lo stabiliscono pari a 30 secondi; lo stesso valore viene poi utilizzato da Carter ^[13] nel suo lavoro sperimentale.

In generale il lavoro pliometrico, sulla base delle diverse proposte, è classificato in bassa, media e alta intensità; solitamente la bassa intensità viene eseguita nella fase riabilitativa all'interno delle strutture specifiche e ha come obiettivi principali il miglioramento della stabilità dinamica, della propriocezione e del controllo neuromuscolare della spalla; per queste ragioni risulta essenziale garantire i tempi di recupero necessari, onde evitare di sviluppare effetti collaterali all'esercizio pliometrico, quali lo sviluppo di fatica o la mancata guarigione della lesione. Quando invece l'intensità utilizzata nel training è di tipo medio o alto, i tempi di riposo e la durata del training specifico devono essere dosati in maniera più precisa, in modo da garantire la progressione del training e ottenere livelli di forza e di performance funzionale sempre maggiori.

Volume (serie e ripetizioni)

Come definito in precedenza, anche il volume del lavoro proposto permette di definire la progressione del trattamento; per volume s'intende il lavoro totale eseguito in una singola sessione di trattamento e, nel caso di allenamento pliometrico, questo viene misurato contando il numero di ripetizioni eseguite di un dato lavoro ^[22].

Quando si valuta la progressione del volume in un soggetto in via di guarigione da una lesione alla spalla trattata conservativamente, il volume rappresenta un concetto molto variabile; a seconda del tipo di lesione e degli specifici esercizi

presentati, infatti, le proposte sono differenti; questo è possibile riscontrarlo negli unici due studi sperimentali presenti in questa revisione, che analizzano il percorso di pazienti che presentano una lesione alla spalla trattata in maniera conservativa. Peters ^[14], infatti, nel suo case report mantiene fisso a 1 il numero di serie da eseguire, variando il numero di ripetizioni in funzione dell'intensità dell'esercizio e aumentandolo gradualmente di settimana in settimana. Almeida^[6], invece, nel suo case report porta a 3 il numero di serie, variando le ripetizioni degli esercizi a 30 nella terza fase di recupero, per poi passare a 40 nella quarta ed ultima fase.

Quando invece si analizza la progressione del volume dell'esercizio nei diversi studi, che hanno come campione soggetti sani, molte sono le proposte sviluppate a riguardo; tra le revisioni analizzate Pretz ^[19] propone tre blocchi, formati ognuno da 3 serie, con una progressione di 10, 15 e 20 ripetizioni per ogni serie; lo stesso tipo di volume viene utilizzato negli studi sperimentali da Carter ^[13] e Schulte-Edelmann ^[17]. Anche Swanik ^[20] propone nel suo lavoro tre serie, composte ognuna da 15 ripetizioni. Brumitt ^[18] e Pezzullo ^[26] nelle loro revisioni propongono volumi di esercizio meno fissi, ma che oscillano rispettivamente tra 3 e 5 serie per 5-8 ripetizioni, nel primo caso e, ancora più generale, una progressione di 3 serie per 10-30 ripetizioni, fino ad arrivare a 5 serie per 50 ripetizioni, nel secondo caso.

Fortun ^[23] e Heiderscheit ^[25] infine propongono 4 blocchi, ognuno composto da 3, 4 o 5 serie, di 10 ripetizioni l'una.

E' fondamentale sottolineare come spesso, al variare del volume, vi sia un cambiamento anche nell'intensità dell'esercizi: più precisamente, al decrescere del primo aumenterà il secondo, e viceversa.

Un concetto generale, indipendentemente dal principio di progressione che si ottiene modulando il volume e l'intensità, risulta essere il concetto fondamentale che nell'esercizio pliometrico ha maggior importanza la qualità del lavoro, rispetto alla quantità ^[22]. Questo aspetto risulta essere molto importante, poiché il lavoro pliometrico, producendo ingenti forze e sviluppando stress articolari molto elevati, è in grado di sviluppare sovente fatica muscolare, pattern sostitutivi ^[26] e condizioni di debolezza o *Delayed Onset Muscle Soreness* (DOMS) ^[22] ^[29], che

possono andare ad inficiare la progressione sia nella preparazione atletica, sia della riabilitazione post lesione.

5.7 Esempio di una progressione di training pliometrico di un atleta lanciatore prima del ritorno in campo

Sulla base delle informazioni rilevate nei diversi studi si propone un esempio di protocollo per la fase finale di recupero nel caso di un atleta lanciatore, prima del ritorno in campo, quando è stato raggiunto il rom completo e una buona forza muscolare.

FASE INIZIALE (1-2 settimane)

Obiettivi:

miglioramento del controllo neuromotorio

iniziale incremento di forza e resistenza

Proposta:

- Warm up iniziale: ergometro (5 min.) + stretching + attività aerobica, tipo corsa
- Esercizi di core stability
- Esercizi di stabilità scapolare (tipo push up)
- Esercizi pliometrici specifici per la spalla:

ESERCIZIO	INTENSITÀ	VOLUME
Chest throw	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (1° sett) 4 serie x 10 ripetute (2° sett)
2-handed underhand throw	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (1° sett) 4 serie x 10 ripetute (2° sett)
2-handed side throw	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (1° sett) 4 serie x 10 ripetute (2° sett)

soccer throw	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (1° sett) 4 serie x 10 ripetute (2° sett)
Retro throw	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (1° sett) 4 serie x 10 ripetute (2° sett)
RI plyo con elastico 0°/90°	Resistenza bassa	4 serie x 10 ripetute (1° sett) 5 serie x 10 ripetute (2° sett)
RE plyo con elastico 0°/90°	Resistenza bassa	4 serie x 10 ripetute (1° sett) 5 serie x 10 ripetute (2° sett)
RI plyo a 0°/90°	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (1° sett) 4 serie x 10 ripetute (2° sett)
RE plyo a 0°/90°	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (1° sett) 4 serie x 10 ripetute (2° sett)

- Esercizi di simulazione del gesto atletico specifico, sfruttando l'intera catena cinetica (arti inferiori, bacino, tronco e arti superiori)
- Cool down finale e rilassamento
- Note particolari:
I tempi di riposo tra ogni serie possono variare tra 30" e 1.5';
Tenere controllata l'eventuale insorgenza di fatica, dolore o l'esecuzione scorretta degli esercizi.

FASE INTERMEDIA (3-4 settimane)

Obiettivi:

incremento del controllo neuromotorio

incremento di forza e performance funzionale

ritorno all'esecuzione di attività balistiche a basso carico

Proposta:

- Warm up iniziale: ergometro per gli arti superiori (5 min.) + stretching + attività aerobica

- Esercizi di core stability
- Esercizi di stabilità scapolare (tipo push up)
- Esercizi pliometrici specifici per la spalla

ESERCIZIO	INTENSITÀ	VOLUME
Chest throw	Palla medica Distanza: 3 m	3 serie x 10 ripetute (3° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (4° sett) con 2 Kg
2-handed underhand throw	Palla medica Distanza: 3 m	3 serie x 10 ripetute (3° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (4° sett) con 2 Kg
2-handed side throw	Palla medica Distanza: 3 m	3 serie x 10 ripetute (3° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (4° sett) con 2 Kg
Soccer throw	Palla medica Distanza: 3 m	3 serie x 10 ripetute (3° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (4° sett) con 2 Kg
Retro throw	Palla medica Distanza: 3 m	3 serie x 10 ripetute (3° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (4° sett) con 2 Kg
Deceleration throw	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (3° sett) 4 serie x 10 ripetute (4° sett)
RI plyo con elastico 0°/90°	Resistenza da media ad alta	3 serie x 10 ripetute (3° sett) 4 serie x 10 ripetute (3° sett)
RE plyo con elastico 0°/90°	Resistenza da media ad alta	3 serie x 10 ripetute (3° sett) 4 serie x 10 ripetute (3° sett)
RI plyo con elastico 90°/90°	Resistenza bassa	4 serie x 10 ripetute (3° sett) 5 serie x 10 ripetute (4° sett)
RE plyo con elastico 90°/90°	Resistenza bassa	4 serie x 10 ripetute (3° sett) 5 serie x 10 ripetute (4° sett)
Diagonali plyo con elastico	Resistenza bassa	4 serie x 10 ripetute (3° sett) 5 serie x 10 ripetute (4° sett)
RI plyo a 0°/90°	Palla medica Distanza: 3 m	4 serie x 10 ripetute (3° sett) con 0,5 Kg 4 serie x 10 ripetute (4° sett) con 1 Kg
RE plyo a 0°/90°	Palla medica Distanza: 3 m	4 serie x 10 ripetute (3° sett) con 0,5 Kg

		4 serie x 10 ripetute (4° sett) con 1 Kg
RI plyo a 90°/90°	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (3° sett) 4 serie x 10 ripetute (4° sett)
RE plyo a 90°/90°	Palla normale Distanza: 1,5 m	3 serie x 10 ripetute (3° sett) 4 serie x 10 ripetute (4° sett)

- Esecuzione del gesto atletico specifico (con palla normale), sfruttando l'intera catena cinetica (arti inferiori, bacino, tronco e arti superiori)
- Cool down finale e rilassamento
- Note particolari:
I tempi di riposo tra ogni serie possono variare tra 30" e 1.5';
Tenere controllata l'eventuale insorgenza di fatica, dolore o l'esecuzione scorretta degli esercizi.

FASE FINALE (5-6 settimane)

Obiettivi:

incremento di forza e performance funzionale

incremento di resistenza muscolare

ritorno all'esecuzione di attività balistiche ad alto carico

Proposta:

- Warm up iniziale: ergometro per gli arti superiori (5 min.) + stretching + attività aerobica
- Esercizi di core stability
- Esercizi di stabilità scapolare (tipo push up)
- Esercizi pliometrici specifici per la spalla

ESERCIZIO	INTENSITÀ	VOLUME
Chest throw	Palla medica Distanza: 5 m	3 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg
2-handed	Palla medica	3 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 kg

underhand throw	Distanza: 5 m	3 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg
2-handed side throw	Palla medica Distanza: 5 m	3 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg
Soccer throw	Palla medica Distanza: 5 m	3 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg
Retro throw	Palla medica Distanza: 5 m	3 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 kg 3 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg
Deceleration throw	Palla medica Distanza: 3 m	3 serie x 10 ripetute (5° sett) con 0,5 Kg 4 serie x 10 ripetute (6° sett) con 1 Kg
RI plyo con elastico 0°/90°	Resistenza alta	3 serie x 10 ripetute (5° sett) 4 serie x 10 ripetute (6° sett)
RE plyo con elastico 0°/90°	Resistenza alta	3 serie x 10 ripetute (5° sett) 4 serie x 10 ripetute (6° sett)
RI plyo con elastico 90°/90°	Resistenza da media ad alta	4 serie x 10 ripetute (5° sett) 5 serie x 10 ripetute (6° sett)
RE plyo con elastico 90°/90°	Resistenza da media ad alta	4 serie x 10 ripetute (5° sett) 5 serie x 10 ripetute (6° sett)
Diagonali plyo con elastico	Resistenza da media ad alta	4 serie x 10 ripetute (5° sett) 5 serie x 10 ripetute (6° sett)
RI plyo a 0°/90°	Palla medica Distanza: 5 m	4 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 Kg 4 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg
RE plyo a 0°/90°	Palla medica Distanza: 5 m	4 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 Kg 4 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg
RI plyo a 90°/90°	Palla medica Distanza: 3 m	3 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 Kg 4 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg
RE plyo a 90°/90°	Palla medica Distanza: 3 m	3 serie x 10 ripetute (5° sett) con 1 Kg 4 serie x 10 ripetute (6° sett) con 2 Kg

- Esecuzione del gesto atletico specifico (con palla normale e palla medica), sfruttando l'intera catena cinetica (arti inferiori, bacino, tronco e arti superiori)
- Cool down finale e rilassamento
- Note particolari:

i tempi di riposo tra ogni serie possono variare tra 30" e 1.5';
tenere controllata l'eventuale insorgenza di fatica, dolore o l'esecuzione scorretta degli esercizi.

6. CONCLUSIONI

Sulla base degli studi inclusi in questa revisione è opportuno anzitutto affermare come i lavori presenti in letteratura, che considerano l'esercizio pliometrico associato alla spalla e, in particolare, alla cuffia dei rotatori, siano scarsamente rappresentati. Oltretutto, nonostante le revisioni narrative presentino l'allenamento pliometrico come ottimo anche per il recupero funzionale avanzato nel paziente post lesione, la quasi totalità degli studi sperimentali presi in esame in questo lavoro di revisione, oltre a presentare una qualità metodologica scarsa, analizzano l'efficacia dell'esercizio pliometrico prendendo come campione di riferimento solo soggetti sani, sia atleti, sia non atleti. Ciò permette di esaminare l'efficacia dell'esercizio pliometrico soltanto in termini prevenzione e rinforzo, poiché viene introdotto come lavoro associato alla preparazione atletica dello sportivo, ma non come lavoro inserito nella fase di un percorso riabilitativo, utile al ricondizionamento della spalla dell'atleta post lesione.

In ogni caso, sulla base dei lavori reperiti, si è voluto verificare l'effettiva efficacia che è in grado di generare l'esercizio pliometrico in termini di miglioramento della forza e del controllo neuromotorio e di incremento della performance funzionale. In particolare, non tutti gli studi sono concordi nell'affermare l'effettivo incremento di forza e di controllo neuromotorio che l'esercizio pliometrico può produrre a livello della spalla e in particolare della cuffia dei rotatori; bisogna però sottolineare come gli studi che sono stati messi a confronto presentino disegni di studio molto differenti tra loro ed inoltre utilizzino strumenti di misurazione non sempre sensibili e dunque come sia difficile mettere a confronto i valori individuati. Per quanto riguarda l'incremento della performance funzionale, invece, tutti gli studi analizzati sono concordi nell'affermare l'efficacia dell'esercizio pliometrico applicato alla spalla.

In generale gli studi presi in esame, sia primari sia secondari, affermano che l'esercizio pliometrico per la spalla e, in particolare, per la cuffia dei rotatori non deve rappresentare un'unica tipologia di trattamento all'interno del training riabilitativo o preventivo, ma deve essere opportunamente associato ad un programma di rinforzo globale della muscolatura dell'arto superiore e dell'intera

catena di movimento coinvolta nel gesto sportivo specifico. La pliometria deve essere inclusa all'interno di un programma riabilitativo che garantisca i principi di posizione-specifica, movimento-specifico e funzione-specifica; deve inoltre prevedere il principio di progressione, andando a modulare i parametri di intensità e volume, al fine di ottenere gli obiettivi di miglioramento di performance funzionale ed evitare al contempo di produrre effetti collaterali, quali fatica muscolare, pattern sostitutivi o condizioni di debolezza o DOMS. In ogni caso nell'esecuzione dell'esercizio pliometrico deve essere garantito il principio della qualità, piuttosto che la quantità del movimento.

Infine risulta opportuno affermare come sia auspicabile in un futuro la produzione di ulteriori lavori sperimentali di elevata qualità metodologica, che siano in grado di analizzare l'efficacia dell'esercizio pliometrico in condizioni di riabilitazione di soggetti con disordini muscoloscheletrici, più che di prevenzione, al fine di poter confermare sperimentalmente l'effetto positivo di tipo meccanico e neurofisiologico, suggerito dalle raccomandazioni di autorevoli esperti ^{[2] [8] [9] [16]}

^{[19] [21] [22] [24] [26] [27] [28] [29]}

7. BIBLIOGRAFIA

1. Escamilla R, Ionno M. Comparison of Three Baseball-Specific 6-Week Training Programs on Throwing Velocity in High School Baseball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012; 26 (7): 1767–81.
2. Kibler W Ben, McMullen J, Uhl T. Shoulder Rehabilitation Strategies, Guidelines, and Practice. *Operative Techniques in Sports Medicine*. Elsevier Inc.; 2012 Mar;20(1):103–112.
3. Physical rehabilitation of the injured athlete (fourth edition); Anthony Cuoco; 2012 Elsevier; Cap.26- Plyometric training and drills (p.571 - 595)
4. Physical rehabilitation of the injured athlete (fourth edition), Anthony Cuoco; Elsevier 2012 Elsevier; Appendix C –upper extremity plyometrics (p. e13 - e15)
5. Somma M. Plyometric Supraspinatus Strengthening in High School Baseball Players. *international journal of athletic therapy & training*. 2011;16(November):1–6.
6. Leão Almeida GP, De Souza VL, Barbosa G, Santos MB, Saccol MF, Cohen M. Swimmer's shoulder in young athlete: rehabilitation with emphasis on manual therapy and stabilization of shoulder complex. *Manual therapy*. Elsevier Ltd; 2011 Oct;16(5):510–5.
7. Brumitt et al. Comprehensive strength training program for a recreational senior golfer 11-months after a rotator cuff repair. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2011;6(4):343–56.
8. Wilk KE, Obma P, Simpson CD, Cain EL, Dugas JR, Andrews JR. Shoulder injuries in the overhead athlete. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2009 Feb;39(2):38–54.

9. Kennedy DJ, Visco CJ, Press J. Current concepts for shoulder training in the overhead athlete. *Current sports medicine reports*. 2009; 8(3):154–60.
10. Eckenrode BJ, Logerstedt DS, Sennett BJ. Rehabilitation and functional outcomes in collegiate wrestlers following a posterior shoulder stabilization procedure. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2009 Jul;39(7):550–9.
11. *The athlete's shoulder* (second edition), J.R. Andrews, K.E. Wilk, M.M. Reinold; Elsevier 2008; capitolo 55 "Plyometrics for the shoulder complex"
12. Ellenbecker TS, Sueyoshi T, Winters M, Zeman D. Descriptive report of shoulder range of motion and rotational strength six and 12 weeks following arthroscopic superior labral repair. *North American journal of sports physical therapy : NAJSPT*. 2008 May;3(2):95–106.
13. Carter A. Effects of high volume upper extremity plyometric training on throwing velocity and functional strength ratios of the shoulder rotators in collegiate baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(1):208–15
14. Peters C, George SZ. Outcomes following plyometric rehabilitation for the young throwing athlete: a case report. *Physiotherapy theory and practice*. 2007;23(6):351–64.
15. Karatsolis K, Athanasopoulos S. The role of exercise in the conservative treatment of the anterior shoulder dislocation. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2006 Jul; 10(3):211–9.
16. Pretz R. Plyometric Exercises for Overhead-Throwing Athletes. *Strength & Conditioning Journal*. 2006; 28(1):36–42.

17. Schulte-Edelmann J. The effects of plyometric training of the posterior shoulder and elbow. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19(1):129–34.
18. R.J. Brumitt, E. Meira, G. Davidson. In-season functional shoulder training for high school baseball pitchers. *National Strength and Conditioning Association*. 2005, vol.27,n.1, p-26-32.
19. Pretz R. “ Ballistic Six” Plyometric Training for the Overhead Throwing Athlete. *Strength & Conditioning Journal*. 2004; 26(6):62 – 66.
20. Swanik K a, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone D a, Fu FH. The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons* (2002); 11(6):579–86.
21. Wilk K, Meister K, Andrews J. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *The American Journal of Sports medicine*. 2002; 30(1):136–51.
22. Davies G, Matheson J. Shoulder plyometrics. *Sports Medicine and Arthroscopy* 2001;9:1–18.
23. Fortun C, Davies G, Kernozck T. The effects of plyometric training on the shoulder internal rotators. *Phys Ther*. 1998;78:63 – 75.
24. Kibler W Ben. Shoulder rehabilitation: principles and practice. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. Vol.30(4), Supplement 1, April 1998, p.40-50.
25. Heiderscheit BC, McLean KP, Davies GJ. The effects of isokinetic vs. plyometric training on the shoulder internal rotators. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 1996 Feb;23(2):125–33.

26. Pezzullo DJ, Karas S, Irrgang JJ. Functional plyometric exercises for the throwing athlete. *Journal of athletic training*. 1995 Mar;30(1):22–6.
27. Davies G, Dickoff-Hoffman S. Neuromuscular testing and rehabilitation of the shoulder complex. *The Journal of orthopaedic and sport and physical therapy* 1993;
28. Wilk K.E., Arrigo C. Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. *JOSPT*, vol.18 (1), July 1993
29. Wilk KE, Voight ML, Keirns M a, Gambetta V, Andrews JR, Dillman CJ. Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 1993 May;17(5):225–39