

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Fisioterapia

Effetto di esercizi sport specifici contro esercizi standardizzati di stabilizzazione della spalla in un gruppo di pallanuotisti di serie C

Tesi di Laurea in “Chinesiologia”

Presentata da:

Marcello Aldrovandi

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa

Lucia Bertozzi

Correlatore:

Dott.ssa

Elisa Scaioli

Correlatore:

Dott.ssa

Lorenza Maistrello

Anno Accademico 2022/2023

ABSTRACT

Introduzione: Nella pallanuoto si registrano infortuni al complesso della spalla come in nessun altro sport acquatico. La *spalla* è un'articolazione fisiologicamente instabile molto complessa, costituita da numerose strutture che insieme permettono all'arto superiore un'ampia mobilità. Problematiche come restrizioni del range di movimento, squilibrio e debolezza muscolare sono tra i principali fattori di rischio per gli infortuni, che, insieme all'elevata richiesta funzionale dello sport, possono portare alla *overuse syndrome*.

Obiettivo: l'obiettivo di questo studio è quello di misurare e analizzare, contestualizzandoli, gli effetti ottenuti in seguito alla somministrazione di due diversi protocolli di esercizi.

Materiali e metodi: Il campione è costituito da 14 giocatori della squadra di pallanuoto di Forlì. Il campione è stato poi suddiviso casualmente in due gruppi: gruppo confronto (Cfr) e gruppo intervento (Int). Sono stati misurati due parametri: *ROM* e *forza*. Le misurazioni sono state effettuate utilizzando il dinamometro digitale Active Force 2. Ai due gruppi sono stati consegnati due diversi protocolli di esercizi: al gruppo Cfr un protocollo di esercizi standardizzati con elastico, al gruppo Int un protocollo di esercizi sport specifici. Gli atleti hanno svolto gli esercizi come riscaldamento tre volte a settimana per tre mesi per poi essere rivalutati sugli stessi parametri.

Risultati: Alla valutazione finale è stato osservabile un considerevole miglioramento della forza in tutti i movimenti in entrambi i gruppi. Il ROM risulta essere aumentato in maniera statisticamente significativa solo nel movimento di flessione di entrambi gli arti superiori in entrambi i gruppi.

Conclusioni: I risultati ottenuti non mostrano differenze, se non minime, nei miglioramenti ottenuti. È dunque possibile dire che non vi siano differenze rilevanti tra gli effetti ottenuti dai due protocolli di esercizi. Data la ridotta numerosità del campione, si prospetta in futuro la necessità di effettuare nuovi studi in questo ambito.

ABSTRACT (english version)

Introduction: In water polo, injuries to the shoulder complex occur as in no other water sport. The shoulder is a very complex physiologically unstable joint, consisting of numerous structures that together allow the upper limb a wide range of motion. Problems such as range-of-motion restrictions, imbalance, and muscle weakness are among the main risk factors for injury, which, together with the high functional demands of the sport, can lead to the "overuse" syndrome.

Aim of the study: The aim of this study is to measure and analyze the effects obtained following the administration of two different exercise protocols.

Materials and Methods: The sample consisted of 14 players from the Forlì water polo team. The sample was then randomly divided into two groups: comparison group (Cfr) and intervention group (Int). Two parameters were measured: ROM and strength. Measurements were taken using the Active Force 2 digital dynamometer. The two groups were given two different exercise protocols: to the Cfr group was given a protocol of standardized exercises with elastic bands, to the Int group a protocol of sport-specific exercises. The athletes performed the exercises as a warm-up three times a week for three months and then were reassessed on the same parameters.

Results: At the final evaluation, considerable improvement in strength in all movements was observable in both groups. ROM was found to be statistically and significantly increased only in the flexion movement of both upper limbs in both groups.

Conclusions: The results obtained show little or no difference in the improvements achieved. Therefore, it is possible to say that there are no significant differences between the effects obtained from the two exercise protocols. Given the small sample size, in the future the need arises for new studies in this area.

INDICE

-	INTRODUZIONE	6
-	OBIETTIVI DELLO STUDIO	6
-	BACKGROUND	7
	1.1 Spalla – cenni anatomici	7
	1.1.1 <u>Le quattro articolazioni</u>	7
	1.1.2 <u>Muscoli e tessuti connettivi della spalla e cenni sull’innervazione</u>	8
	1.2 Funzione dei muscoli della cuffia dei rotatori durante l’elevazione dell’arto superiore e propriocezione	10
	1.3 Biomeccanica del lancio	12
	1.4 Biomeccanica del nuoto	14
	1.5 Epidemiologia, eziologia e fattori di rischio	15
	1.5.1 <u>Epidemiologia</u>	16
	1.5.2 <u>Eziologia</u>	16
	1.5.3 <u>Fattori di rischio</u>	16
-	MATERIALI E METODI	18
	2.1 Partecipanti	18
	2.2 Criteri di inclusione ed esclusione	18
	2.3 Disegno dello studio	19
	2.4 Raccolta dati e misure di outcome	20
	2.4.1 <u>ROM</u>	20
	2.4.2 <u>Forza</u>	21
	2.5 Intervento	22
	2.5.1 <u>Protocollo di esercizi standardizzati</u>	22
	2.5.2 <u>Protocollo di esercizi sport specifici</u>	23
	2.6 Analisi statistiche	24
-	RISULTATI	25
	3.1 Partecipazione allo studio	25
	3.2 ROM	25
	3.3 Forza	26
-	DISCUSSIONE	30
-	CONCLUSIONE	31
-	BIBLIOGRAFIA	32

INTRODUZIONE

La pallanuoto è lo sport acquatico con la più alta incidenza di infortuni durante le competizioni ^[1]. Richiede un elevato sforzo fisico, gli atleti devono infatti performare nel nuoto, nel tiro, nella difesa e nell'attacco; continui sono i cambi di direzione, gli scatti esplosivi a massima intensità e i contatti fisici con gli avversari. Durante le partite, i giocatori eseguono mediamente 38.7 passaggi, ne ricevono 32.1 ed eseguono 7.9 tiri ^[2]. Aggiungendovi anche il nuoto (eseguito in posizione tale da permettere di mantenere la testa fuori dall'acqua), la spalla dei pallanuotisti va incontro ad un elevato stress. La spalla è infatti uno dei distretti corporei che più frequentemente va incontro ad infortunio (*swimmer's shoulder*, lussazione, sublussazione, tendinopatia, lesione parziale o totale della cuffia dei rotatori, interior impingment, *SLAP lesion* ^[3]), con numeri che parlano di un'incidenza dell'80% in una popolazione di atleti d'élite ^[4]. Il dolore di spalla può rapidamente passare da acuto a cronico, andando a modificare la biomeccanica dei gesti atletici e favorendo la perpetrazione del dolore, progredendo fino all'*impingement* ^[5]. Due terzi degli infortuni possono infatti considerarsi ad insorgenza subdola, suggerendo l'infortunio da overuse. L'allenamento delle abilità propriocettive, in parallelo con l'allenamento della forza, potrebbe contribuire a migliorare la preparazione degli atleti pallanuotisti fornendo una strategia di prevenzione degli infortuni ^[6].

La presente tesi di laurea non è stata notificata al Comitato Etico in quanto finalizzata all'acquisizione di competenze di natura metodologica per il raggiungimento di finalità didattiche.

OBIETTIVI DELLO STUDIO

L'idea di questo trial clinico nasce dall'esigenza, nel mondo della pallanuoto, di cercare di prevenire gli infortuni al complesso della spalla, riducendo quanto più possibile le assenze degli atleti in allenamenti e competizioni. Lo studio nasce anche seguendo quella che è una delle principali funzioni del fisioterapista, vale a dire la prevenzione, indicata come strumento di intervento primario dal codice deontologico del fisioterapista (art. 16, Codice Deontologico dei fisioterapisti, A.I.F.I.). Così è stato deciso di creare due diversi protocolli di esercizi, somministrarli e farli eseguire ai

pallanuotisti della squadra di pallanuoto di serie C di Forlì tre volte a settimana per tre mesi. Grazie alle misurazioni del ROM e della forza eseguite *pre* e *post* intervento, è stato possibile confrontare gli effetti sortiti dai due protocolli sui due gruppi di studio. L'obiettivo di questo studio è quello di valutare gli effetti a cui hanno portato i due protocolli nelle misurazioni, potendo così definire quale dei due meglio si presti alla riduzione del rischio infortunio e al mantenimento della condizione atletica dei giocatori.

BACKGROUND

1.1 Spalla – cenni anatomici

Il complesso della spalla è un insieme di quattro articolazioni meccanicamente interconnesse che vedono coinvolti sterno, clavicola, coste, scapola e omero. Queste componenti conferiscono all'arto superiore un ampio range di movimento, aumentandone la versatilità e la capacità di raggiungere oggetti. I muscoli della spalla lavorano in *team* per produrre movimenti altamente coordinati espressi attraverso molteplici articolazioni. Una cooperazione tale, da parte delle componenti muscolari, permette inoltre una maggiore duttilità, un maggiore controllo e aumenta il range di movimenti attivi. Se si presenta debolezza o una ridotta attivazione di un qualsiasi muscolo, ecco che l'intera sequenza cinematica naturale della spalla viene compromessa. Allo stesso modo, una qualsiasi precarietà nelle connessioni tra le quattro articolazioni o nelle stesse, porta, con un effetto a catena, ad un significativo decremento dell'efficacia della funzionalità del complesso della spalla e delle capacità motorie dell'arto superiore ^[7].

1.1.1 Le quattro articolazioni

- Articolazione sterno-clavicolare: è costituita dall'estremità mediale della clavicola, la faccetta clavicolare situata sullo sterno e il bordo superiore della cartilagine della prima costa. Questa articolazione permette una continuità anatomica tra scheletro assiale e scheletro appendicolare, di conseguenza deve

essere saldamente connessa ma allo stesso tempo permettere ampi gradi di movimento.

- Articolazione acromion-claveare: è costituita dall'estremità laterale della clavicola e dall'acromion della scapola. È avvolta in una capsula legamentosa, direttamente rinforzata da legamenti capsulari superiori e inferiori.
- Articolazione scapolo-toracica: non è di per sé un'articolazione, bensì un punto di contatto tra la superficie anteriore della scapola e la superficie postero-laterale della gabbia toracica. Tra le due superfici non vi è un contatto diretto, sono infatti presenti strati di muscoli composti da serrato anteriore, erettori spinali, e muscolo sottoscapolare. Una alterazione patologica della postura, del movimento o del controllo della articolazione scapolo-toracica ha un'influenza significativa sulla cinematica dell'articolazione gleno-omeroale.
- Articolazione gleno-omeroale: è costituita dalla testa omerale e dalla relativamente piccola concavità della fossa glenoidea. Questa articolazione lavora in continuità con il movimento della scapola per produrre l'ampio range di movimento della spalla. È avvolta in una capsula legamentosa che isola la cavità articolare dalla maggior parte dei tessuti circostanti. Questa, essendo di per sé piuttosto sottile e allentata, è rinforzata esternamente da legamenti più spessi ^[8].

1.1.2 Muscoli e tessuti connettivi della spalla e cenni sull'innervazione

L'intero arto superiore è innervato prevalentemente dal plesso brachiale, che origina dalle radici nervose C5, C6, C7, C8 e T1. Queste vanno ad organizzarsi in tronco superiore, medio e inferiore per poi, attraverso i rami di divisione, formare la corda laterale, posteriore e anteriore. Le tre corde, infine, danno origine ai rami terminali, ovvero nervo muscolo cutaneo, nervo ascellare, nervo radiale, nervo mediano e nervo ulnare.

I muscoli della spalla si possono suddividere in due categorie funzionali: quella degli stabilizzatori prossimali e quella dei muscoli che permettono il movimento del segmento distale della spalla. I muscoli appartenenti alla prima categoria originano sulla spina dorsale, sulle coste, sul cranio e si inseriscono sulla clavicola o sulla

scapola. I muscoli appartenenti alla seconda categoria originano su scapola e clavicola e si inseriscono sull'omero o sull'avambraccio.

- Muscoli con azione significativa sull'articolazione scapolo-toracica:
 - Elevatori: trapezio superiore, elevatore della scapola, romboidi (grande e piccolo)
 - Depressori: trapezio inferiore, gran dorsale, piccolo pettorale, succlavio
 - Abduttori: serrato anteriore
 - Adduttori: trapezio medio, romboidi (grande e piccolo), trapezio inferiore
 - Rotatori superiori: serrato anteriore, trapezio superiore e inferiore
 - Rotatori inferiori: romboidi (grande e piccolo), piccolo pettorale
- Muscoli che permettono l'elevazione dell'arto superiore
 - Muscoli dell'articolazione gleno-omeroale: deltoide medio e anteriore, sovraspinato, coracobrachiale, bicipite brachiale
 - Muscoli dell'articolazione scapolo-toracica: serrato anteriore, trapezio
 - Muscoli appartenenti alla cuffia dei rotatori: sovraspinato, infraspinato, piccolo rotondo, sottoscapolare
- Muscoli che permettono l'adduzione e l'estensione della spalla:
 - Deltoide posteriore
 - Gran dorsale
 - Grande rotondo
 - Capo lungo del tricipite brachiale
 - Fibre sterno-costali del gran pettorale
 - Infraspinato
 - Piccolo rotondo
- Muscoli che permettono la rotazione interna
 - Sottoscapolare
 - Grande pettorale
 - Grande rotondo
 - Deltoide anteriore
- Muscoli che permettono la rotazione esterna
 - Infraspinato

- Piccolo rotondo
- Sovraspinato
- Deltoide posteriore

Tessuti connettivi periarticolari

- Articolazione sterno-clavicolare:
 - Capsula articolare
 - Legamento sterno-clavicolare anteriore e posteriore
 - Legamento interclavicolare
 - Legamento costo-clavicolare
 - Disco articolare
- Articolazione acromion-claveare:
 - Capsula articolare
 - Legamento acromion-claveare superiore e inferiore
 - Legamento coraco-claveare (comprende il legamento conoide e il legamento trapezoide)
 - Disco articolare (quando presente)
- Articolazione gleno-omerale
 - Membrana fibrosa
 - Membrana sinoviale
 - Cercine glenoideo
 - Porzione intrarticolare del tendine del capo lungo del bicipite
 - Legamento gleno-omerale superiore, medio e inferiore
 - Legamento coraco-omerale
 - Recesso ascellare ^[8;9]

1.2 Funzione dei muscoli della cuffia dei rotatori durante l'elevazione dell'arto superiore e propriocezione

La cuffia dei rotatori è costituita dai muscoli sovraspinato, infraspinato, piccolo rotondo e sottoscapolare. Di questi, sovraspinato, infraspinato e piccolo rotondo sono prevalentemente deputati, ma non solo, alla rotazione esterna. Il muscolo sottoscapolare è l'unico destinato al movimento di rotazione interna. La funzione

primaria della cuffia dei rotatori è quella di compensare l'intrinseca lassità e propensione all'instabilità dell'articolazione gleno-omeroale. Le inserzioni distali dei muscoli della cuffia dei rotatori si fondono con la capsula dell'articolazione gleno-omeroale prima di inserirsi sull'omero prossimale. Questo tipo di organizzazione anatomica crea una "cuffia protettiva" intorno alla testa dell'omero, che diventa rigida alla contrazione muscolare imposta dal sistema nervoso, ruotando ma soprattutto centralizzando la testa dell'omero nella fossa glenoidea ^[10]. Il processo che rende possibile il mantenimento di una stabilità funzionale dell'articolazione è compiuto dunque grazie ad un'interazione complementare tra le componenti statiche e dinamiche. Legamenti, capsule articolari, cartilagine, la frizione e la struttura ossea dell'articolazione costituiscono le componenti passive (statiche). L'apporto dinamico è dato invece dai meccanismi a *feedback* e a *feedforward* del controllo neuromotorio sui muscoli che attraversano l'articolazione. Alla base dell'efficacia degli stabilizzatori dinamici vi sono le caratteristiche biomeccaniche e fisiche dell'articolazione. Queste caratteristiche includono il range di movimento, la forza e la resistenza muscolare. L'integrità degli stabilizzatori passivi può essere misurata clinicamente andando a stressare le componenti legamentose dell'articolazione (lassità). Misurare la stabilità delle componenti dinamiche risulta più complicato per via della loro complessità.

Si può quindi affermare che la stabilità dinamica dell'articolazione gleno-omeroale dipenda imprescindibilmente dal corretto funzionamento del sistema nervoso e dell'apparato muscolo-scheletrico ^[10]. Questi rispondono perentoriamente alle informazioni propriocettive apportate, prevalentemente, da quattro tipologie di meccanoceffori situati in muscoli, tendini, legamenti e tessuto capsulare: i corpuscoli di Ruffini, bassa soglia di attivazione e lenta adattabilità, i corpuscoli di Pacini, bassa soglia di attivazione e rapida adattabilità, organi muscolo tendinei del Golgi e fusi neuromuscolari. Le informazioni provenienti dai tessuti connettivi innervati migliorano la capacità dei muscoli coinvolti di controllare l'artrocinemica del movimento, oltre che a garantire la necessaria stabilità. Mettere alla prova questo meccanismo può portare a un miglioramento della coordinazione di tutte le componenti del movimento, motivo per il quale l'esercizio funzionale è una parte molto importante nei programmi riabilitativi di persone con instabilità di spalla ^[11].

1.3 Biomeccanica del lancio

La pallanuoto è uno sport a grande impatto fisico, in particolare sugli arti superiori dell'atleta, per via degli intensi scatti nel nuoto, cambi direzionali ogni 6.2 s, passaggi e tiri eseguiti ripetitivamente da posizioni di estrema abduzione e rotazione esterna della spalla, con la velocità del braccio che può arrivare a 24.1 ± 1.58 ms. A differenza dei nuotatori, i giocatori di pallanuoto assumono una postura più verticale in modo tale da avere il capo al di fuori dell'acqua, che permette loro il trasporto della sfera e una chiara visione del campo da gioco. Questo atteggiamento posturale va a eliminare la torsione del tronco osservabile nel tipico nuoto a stile libero, aumentando l'abduzione e la rotazione interna della spalla e di conseguenza anche lo stress sulla cuffia dei rotatori. Inoltre, a differenza del nuoto, la pallanuoto è uno sport di contatto. Nelle azioni di gioco difensive, gli atleti mantengono le braccia al di sopra della loro testa per ostruire fisicamente gli avversari e bloccare i loro lanci, andando a riporre un'ulteriore forza esterna sul complesso della spalla ^[12].

L'ambiente acquatico implica che i giocatori di pallanuoto generino la forza del lancio senza l'aiuto di una solida base d'appoggio, rendendo difficile riprodurre la convenzionale catena cinetica prossimo-distale tipica di altri sport overhead. Durante il tiro, nella pallanuoto, la forza è prodotta in gran parte dal tronco, che ruota in avanti da un'iniziale iperestensione per arrivare fino a 20° di flessione, lasciando il braccio con la palla arretrato rispetto al corpo massimizzando così la rotazione esterna. L'arto superiore si muove poi lungo un arco, il corpo si muove verso il piano orizzontale mentre simultaneamente il tronco si flette lateralmente allontanandosi dal braccio che lancia, aumentando l'altezza e la velocità della palla al momento del rilascio. Nonostante nella pallanuoto la velocità media della sfera (16.5 ms) sia inferiore rispetto a baseball (33 ms) e football americano (23 ms), le forze di torsione generate sono simili. Questo si spiega per via delle maggiori dimensioni della palla da gioco, del suo peso e del ridotto contributo della parte inferiore del corpo alla catena cinetica di lancio ^[12].

Nella pallanuoto sono individuabili diverse tecniche di tiro: il *penalty shot*, l'*overhead shot*, il *push shot* e il *back shot*. Durante le partite, circa l'80% dei tiri totali registrati

sono *overhead shot*, che si dimostrano anche essere i tiri dalla migliore accuratezza e dalla velocità più alta ^[13].

Il movimento si divide in tre fasi: preparazione, rotazione e rilascio ^[14]. Durante la preparazione, il pallanuotista solleva la palla ponendo la sua mano sopra di essa, applicandovi pressione, poi ruotando la mano al di sotto della sfera stessa. Con la mano libera, l'atleta esercita una pressione continua sull'acqua che, accompagnata da un movimento rotatorio delle gambe, chiamato gambe a bicicletta, permette l'elevazione del busto al di fuori dell'acqua.

Nella seconda fase, la rotazione, detta anche trazione, si genera la maggior parte della potenza del tiro. Il tronco si muove da una iniziale posizione di iperestensione fino a 20° di flessione. Il busto poi ruota, mantenendo la palla dietro la nuca, così come polso, gomito e braccio. In questa posizione è raggiunta la massima rotazione esterna della spalla, che resta abdotta tra i 90° e 110°. La posizione della scapola varia per accomodare il movimento nei limiti dello spazio subacromiale. Al momento della massima rotazione esterna, la scapola è posizionata in massima adduzione, rotazione laterale e tilt posteriore.

La fase finale del tiro, il rilascio, è il primo momento in cui gomito e mano superano la spalla. La spalla è internamente ruotata e addotta orizzontalmente dai muscoli della loggia anteriore dell'articolazione. Il gomito si estende e l'avambraccio viene pronato per aggiungere effetto e velocità alla palla. Il movimento ha un'ampiezza di all'incirca di 40°-80° e una velocità vicina a 500 deg/s ^[14]. Per un tiro ottimale, oltre alla qualità balistica del giocatore, sono importanti una buona coordinazione e una ottima elevazione, risultato della fase preparatoria. La sequenza delle azioni principali è rappresentata da:

- rotazione del tronco
- protrazione sterno-claveare
- estensione del gomito
- flessione del polso e delle dita ^[15]

Così facendo, l'energia viene trasferita dalle porzioni prossimali alle distali. I segmenti prossimali, infatti, durante il primo tempo della fase del tiro, raggiungono una velocità massimale inferiore a quella raggiunta dai segmenti distali. Il movimento che più

contribuisce alla velocità della palla sono l'estensione dell'avambraccio e una rotazione antioraria del tronco (considerando un tiro destrorso). La rotazione del braccio contribuisce in maniera molto variabile. Questo gesto, ripetuto più volte durante la performance atletica dei pallanuotisti, si svolge prevalentemente a catena cinetica aperta, e può essere descritto come di tipo balistico. Si tratta di un gesto esplosivo in cui la contrazione muscolare richiesta è quasi esclusivamente una contrazione muscolare pliometrica (ovvero una contrazione muscolare concentrica esplosiva immediatamente preceduta da una contrazione muscolare eccentrica). Durante entrambe le fasi del tiro, i muscoli della cuffia dei rotatori sono attivi non solo per generare movimento, ma anche, e soprattutto, per comprimere la testa dell'omero nella cavità glenoidea. Questi, insieme alla capsula articolare, le componenti legamentose e il labbro glenoideo contribuiscono al mantenimento della stabilità della spalla ^[15].

1.4 Biomeccanica del nuoto

Durante una partita di pallanuoto, gli atleti spendono nuotando mediamente il 33% del tempo attivo in acqua, sprintando vicino alla velocità massima per metà di esso. Le transizioni di ciascun giocatore sono di media 60 a partita, ciascuna della durata di all'incirca 10-12 s, che permette di percorrere una distanza che va dai 13 ai 15 metri per transizione. La distanza lineare totale percorsa da un pallanuotista durante una partita può dunque variare da una media di 500-1000 metri fino anche a 1500-1800 metri. Una tale variazione può essere giustificata dal ruolo del giocatore, dalle sue caratteristiche tecnico-fisiche, dalla natura della partita o dal tipo di gioco. Va specificato che i giocatori di movimento trascorrono solo il 45-55% del tempo di gioco in posizione orizzontale, in cui per circa il 90% nuotano a stile libero ^[16]. Lo stile libero, nella pallanuoto, può essere suddiviso in tre diverse tipologie:

- stile libero con la testa sott'acqua
- stile libero con la testa fuori dall'acqua
- stile libero portando la palla

Per le ultime due, ne deriva il fatto che l'avanzamento in acqua dei pallanuotisti non avviene in condizioni ottimali di idrodinamicità, come avviene invece per il nuoto a stile libero con la testa sott'acqua ^[17].

Lo stile libero con la testa sott'acqua sfrutta bracciate meno frequenti ma più lunghe rispetto allo stile libero con la testa fuori dall'acqua. Con la testa fuori dall'acqua, i giocatori hanno la necessità di mantenere i gomiti alti, aumentando la frequenza della bracciata e diminuendone la lunghezza. Portando la palla, i giocatori mostrano una frequenza della bracciata e una minore lunghezza della stessa ancora più marcata. Ciò nonostante, la velocità osservata nei tre diversi stili resta simile. Restano simili anche le posizioni orizzontali, verticali e laterali degli arti superiori, cambia invece la profondità massima raggiunta dalle dita della mano, che si presenta maggiore nello stile libero con la testa sott'acqua. Sempre in quest'ultimo, è maggiore l'angolo del gomito a metà della bracciata. Per quanto riguarda l'obliquità del tronco e la massima profondità del piede destro e sinistro, nello stile libero con la testa fuori dall'acqua è osservabile una maggiore inclinazione del tronco, che implica una maggiore profondità delle estremità degli arti inferiori. Per minimizzare la resistenza, andrebbe evitata un'eccessiva inclinazione del tronco, in modo da portare l'azione degli arti inferiori in una posizione idrodinamica ottimale. Resta indiscutibile il fatto che lo stile libero con la testa fuori dall'acqua, aumentando l'area della sezione trasversa del corpo durante il nuoto, aumenta la resistenza idrodinamica e di conseguenza lo sforzo richiesto all'atleta, che per compensare va ad aumentare la frequenza nel movimento degli arti inferiori ^[17]. Il maggiore sforzo nel nuoto a stile libero con la testa fuori dall'acqua andrà poi a gravare sugli arti superiori, che nel nuoto contribuiscono fino all'80% della potenza necessaria all'avanzamento ^[18].

1.5 Epidemiologia, eziologia e fattori di rischio

Come accennato in precedenza, la pallanuoto richiede un insieme di skill che includono nuoto, lanci e contatto fisico, con sforzi esplosivi a massima intensità durante una continua richiesta fisica di media-alta intensità.

1.5.1 Epidemiologia

Tra tutte le discipline acquatiche, la pallanuoto ha il più alto rateo di infortuni durante le competizioni (16,2%-19,4%) ^[1]. La maggioranza dell'incidenza degli infortuni osservati durante le partite è a discapito di testa e dita della mano, la spalla segue subito dopo (nel campionato mondiale del 2009 FINA, gli infortuni alla spalla corrispondevano al 45% del totale degli infortuni registrati) ^[19]. Gli infortuni alla spalla sono, inoltre, quelli che, con più probabilità, possono andare incontro a cronicizzazione ^[6].

1.5.2 Eziologia

Questa tipologia di infortuni è prevalentemente causata dal nuoto, dai lanci e dai traumatismi ripetuti riportati negli scontri di gioco tra i giocatori. La *overuse syndrome* si può presentare come tendinopatia del capo lungo del bicipite o della cuffia dei rotatori, sindrome da *impingement*, sindrome dello stretto toracico, degenerazione del labbro glenoideo e instabilità dell'articolazione gleno-omeroale ^[20]. In seguito ad una lesione traumatica, è più facile riscontrare la lacerazione del labbro glenoideo, dei legamenti o della capsula, strappi ai muscoli della cuffia dei rotatori, lussazione e sublussazione dell'articolazione gleno-omeroale e acromion claveare. Il tutto porta poi all'instabilità di spalla ^[20]. La diagnostica per immagini (MRI), nello studio condotto da Klein et al ^[21], mostra come i giocatori di pallanuoto presentino un pattern di degenerazione specifico, con anomalie più pronunciate nei tendini del muscolo sovraspinato e sottoscapolare rispetto alle spalle di nuotatori e atleti overhead. In uno studio condotto da Galluccio et al, l'osservazione attraverso gli ultrasuoni della spalla di 42 pallanuotisti italiani ha mostrato come 38 di essi presentassero delle anomalie, ma solo 13 in quel momento avevano sintomatologia dolorosa ^[22]. La letteratura ci dice di come non ci sia correlazione tra i sintomi clinici e i ritrovamenti pato-anatomici della diagnostica per immagini.

1.5.3 Fattori di rischio

Tra i fattori di rischio si possono distinguere i fattori di rischio esterni e i fattori di rischio interni. Tra i fattori di rischio esterni spicca il volume totale dei tiri eseguiti e il

ridotto tempo di riposo tra di essi. Nello studio di Wheeler et al ^[23] evince come il 74% del dolore alla spalla possa essere giustificato da questi due fattori. Fattori che, essendo prettamente soggettivi, andrebbero indagati per effettuare un programma di allenamento individuale rispettando la soglia di tolleranza di ciascun atleta. Un altro fattore di rischio esterno è la tecnica di tiro. È stato osservato che, nei pallanuotisti che hanno precedentemente sostenuto infortuni alla spalla, la durata del movimento del tiro è maggiore. Ciò suggerisce una minore efficienza nel coordinare un'azione complessa come il tiro, giustificata da un'impropria tecnica di tiro che porta poi un maggiore stress al complesso della spalla ^[20]. Seguono infine come fattori di rischio esterni l'età e il sesso (le giocatrici di pallanuoto mostrano un tasso infortuni 2.38 volte superiore rispetto ai giocatori ^[2]).

Tra i fattori di rischio interni troviamo la mobilità articolare (in particolare dei movimenti di rotazione interna ed esterna), la forza e la cinematica della scapola. Oltre a questi, il più importante è indiscutibilmente la sussistenza di un precedente infortunio al complesso della spalla, che porta gli atleti ad avere un rischio 6.5 volte maggiore di andare incontro ad una recidiva ^[1]. Negli atleti infortunati, è riscontrata un'importante perdita di ROM nella rotazione interna, sia in fase acuta che dopo nove mesi. Questo aspetto può impattare sull'abilità dei giocatori di decelerare i tiri overhead, ponendo un maggiore stress meccanico sui muscoli della cuffia dei rotatori e, col passare del tempo, portare a patologie dell'area postero-superiore dell'articolazione gleno-omeroale ^[1]. Inoltre, una perdita di ROM in rotazione interna può anche andare a diminuire l'efficienza biomeccanica nella fase di propulsione del nuoto, in cui gli atleti sarebbero dunque costretti ad aumentare il tilt scapolare in modo tale da mantenere l'arto superiore nella posizione ottimale, andando a sottoporre il compartimento anteriore della spalla a maggiore stress, in particolare sull'articolazione acromion-claveare e sul tendine del bicipite brachiale ^[1;5]. Per quanto riguarda la forza, i pallanuotisti sviluppano una differenza tra la forza in rotazione interna e la forza in rotazione esterna maggiore rispetto ad una popolazione di atleti *non-overhead* ^[1]. Ciò è giustificato da un aumento della forza in rotazione interna per via dei numerosi gesti sport specifici che la pallanuoto richiede ^[24]. Una forza sbilanciata, e quindi deficitaria nel movimento di rotazione esterna, può impattare sulla fase di decelerazione del tiro,

aumentando il rischio infortunio. Questo è comprovato per quanto riguarda sport overhead come il baseball e la pallamano, ma per quanto riguarda la pallanuoto nello studio di Hams et al non risulta valido come valore predittivo del rischio infortunio [24].

MATERIALI E METODI

2.1 Partecipanti

I partecipanti allo studio sono 14 atleti della prima squadra maschile di pallanuoto di Forlì [Tab I], militante nel campionato nazionale di serie C, di età compresa tra i 15 e i 28 anni. Tutti gli atleti hanno espresso il loro consenso per la partecipazione allo studio.

Tabella I: caratteristiche partecipanti

Partecipanti (N=14)	
Altezza m, media \pm SD	1.84 \pm 0.05
Età anni, media \pm SD	21.07 \pm 4.43
Peso kg, media \pm SD	83.07 \pm 8.96
Arto dominante dx/sx, n(%)	12 (85.71%), 2 (14.29%)
Ruolo n(%)	
0	3(21.43%)
1	1(7.14%)
1 2	1(7.14%)
1 2 4 5	1(7.14%)
3	4(28.43%)
4	1(7.14%)
5	1(7.14%)
6	2(14.29%)

Legenda ruoli:

- 0: portiere
- 1,5: attaccanti
- 2,4:difensori
- 3: centrovasca
- 6: centroboa

2.2 Criteri di inclusione ed esclusione

Gli atleti sono stati selezionati per lo studio sulla base della loro appartenenza alla prima squadra di pallanuoto di Forlì. Gli atleti, al momento della selezione per lo studio, non dovevano presentare maggiori infortuni che potessero impedire loro di performare durante allenamenti e partite. Dei 14 individuati inizialmente come possibili partecipanti, gli stessi 14 hanno preso parte allo studio.

2.3 Disegno dello studio

Lo studio è un trial clinico randomizzato controllato, in cui è stato analizzato il campione costituito da 14 atleti della squadra di pallanuoto di Forlì, suddiviso in maniera casuale in due gruppi da 7 atleti ciascuno: un gruppo di confronto (Cfr) e un gruppo di intervento (Int) ^[Tab II].

Tabella II: caratteristiche partecipanti divisi per gruppo

Partecipanti (14)	Gruppo Cfr (7)	Gruppo Int (7)
Altezza m, media ± SD	1.86 ± 0.03	1.81 ± 0.05
Età anni, media ± SD	19.42 ± 4.58	22.71 ± 3.9
Peso kg, media ± SD	82.29 ± 10.52	83.86 ± 7.86
Arto dominante dx/sx, n(%)	6 (85.71%) , 1 (14.29%)	6 (85.71%) , 1 (14.29%)
Ruolo n(%)		
0	2(28.58%)	1(14.29%)
1	0(0%)	1(14.29%)
1 2	0(0%)	1(14.29%)
1 2 4 5	1(14.29%)	0(0%)
3	2(28.58%)	2(28.58%)
4	1(14.29%)	0(0%)
5	0(0%)	1(14.29%)
6	1(14.29%)	1(14.29%)

Ogni atleta selezionato per lo studio è stato valutato in due momenti: nella valutazione iniziale (T0) e tre mesi dopo nella valutazione finale (T1). In T0 e T1 sono stati valutati range of motion passivo (ROM) e forza della spalla di entrambi gli arti superiori. È stato poi consegnato il questionario per spalla e gomito della Kerlan–Jobe Orthopaedic Clinic, uno strumento validato per la valutazione della performance in atleti praticanti sport overhead. In questo articolo saranno analizzati esclusivamente i risultati delle valutazioni di ROM e forza.

In T0 sono stati somministrati ai due gruppi due protocolli di esercizi: al gruppo Cfr un protocollo di esercizi standardizzati con elastici, mentre al gruppo Int un protocollo di esercizi sport specifici (per via del fatto che anche al gruppo solitamente nominato “di controllo” è stata somministrata una terapia, questo è stato rinominato gruppo di confronto). Gli esercizi sono stati svolti da entrambi i gruppi per 12 settimane, con una frequenza di 3 volte a settimana.

2.4 Raccolta dati e misure di outcome

2.4.1 ROM: il ROM è stato valutato con l'utilizzo del dispositivo ActiveForce 2, un dinamometro digitale che permette di misurare in gradi l'ampiezza del movimento del segmento corporeo che si intende prendere in analisi. Il ROM è stato valutato nei movimenti di flessione, rotazione interna e rotazione esterna della spalla di entrambi gli arti superiori.

Per misurare la flessione, l'atleta è stato posizionato supino sul lettino, con l'arto superiore lungo il corpo in posizione anatomica, appoggiando il dinamometro al di sotto dell'inserzione del muscolo deltoide.

Per la misurazione della rotazione esterna, l'atleta si trova supino sul lettino, il fisioterapista, posizionato a fianco del lettino orientato verso il capo dell'atleta stesso a livello del suo torace, abduce la spalla di 90° e flette il gomito di 90°, portando dunque l'avambraccio perpendicolare al pavimento. Una volta posizionato il dinamometro prossimalmente al polso sulla superficie ventrale dell'avambraccio, il fisioterapista stabilizza il braccio sulla sua coscia più vicina al lettino, potendo così procedere con la mobilizzazione in rotazione esterna dell'arto superiore.

Per la misurazione della rotazione interna, l'atleta si trova supino sul lettino, il fisioterapista, posizionato a fianco del lettino orientato verso i piedi dell'atleta stesso a livello del suo capo, abduce la spalla di 90° e flette il gomito di 90°, portando dunque l'avambraccio perpendicolare al pavimento. Una volta posizionato il dinamometro prossimalmente al polso sulla superficie dorsale dell'avambraccio, il fisioterapista stabilizza il braccio sulla sua coscia più vicina al lettino, potendo così procedere con la mobilizzazione in rotazione interna dell'arto superiore.

Queste mobilizzazioni passive sono eseguite dando l'indicazione all'atleta di rimanere completamente rilassato. La mobilizzazione termina quando il fisioterapista percepisce il "fine corsa" dell'articolazione o nel caso in cui l'atleta lamentasse dolore o mostrasse segni di rigidità impedenti il normale movimento fisiologico dell'articolazione.

È stata eseguita una misurazione per ogni movimento.

2.4.2 Forza: la forza è stata misurata con lo stesso dinamometro in Newton nei movimenti di rotazione esterna e rotazione interna, sia a braccio addotto che a braccio addotto a 90°.

La rotazione esterna a braccio addotto è stata misurata posizionando l'atleta in stazione eretta rivolto verso lo stipite di una porta, portando il gomito ad una flessione di 90° e facendo in modo che il dinamometro fissato al dorso della mano toccasse il muro permettendo il mantenimento dell'intero arto superiore sullo stesso piano sagittale. Base d'appoggio leggermente allargata.

La rotazione interna a braccio addotto è stata misurata posizionando l'atleta in stazione eretta rivolto verso lo stipite di una porta, portando il gomito ad una flessione di 90° e facendo in modo che il dinamometro fissato al palmo della mano toccasse il muro permettendo il mantenimento dell'intero arto superiore sullo stesso piano sagittale. Base d'appoggio leggermente allargata.

La rotazione esterna a braccio addotto a 90° è stata misurata posizionando l'atleta spalle al muro, facendo in modo che capo, cifosi dorsale e sacro toccassero la parete. Il braccio è stato addotto a 90°, il gomito flesso a 90° in modo tale che l'avambraccio risultasse parallelo alla parete e perpendicolare al pavimento, il tutto con il dinamometro fissato sul dorso della mano. Base d'appoggio leggermente allargata.

La rotazione interna a braccio addotto a 90° è stata misurata posizionando l'atleta a fianco allo stipite di una porta, in modo tale che la linea che unisce le spalle sia parallela alla parete. Il braccio è addotto a 90° e il gomito flesso a 90°, facendo sì che l'avambraccio sia parallelo alla parete e perpendicolare al pavimento, il tutto permettendo all'atleta di appoggiare il dinamometro, fissato al palmo della mano, sul muro. Base d'appoggio leggermente allargata.

Queste erano le posizioni di partenza dei test di forza. Una volta raggiunte, all'atleta è stato richiesto di imprimere la maggiore pressione possibile sul dinamometro in seguito al conto alla rovescia, con l'indicazione di mantenere quanto più possibile un buon allineamento della postura, evitando così eccessivi compensi. La contrazione isometrica è stata mantenuta per 5 secondi in ciascuna misurazione, ed ogni atleta è stato incitato verbalmente in egual modo. È stata effettuata una misurazione per ciascun test di forza. In tutto sono stati eseguiti 4 test di forza per ciascun atleta.

2.5 Intervento

Come sopra riportato, si può affermare che gli interventi siano stati due: il protocollo di esercizi standardizzati prescritto al gruppo di confronto ed il protocollo di esercizi sport specifici prescritto al gruppo di intervento. Entrambi i gruppi hanno svolto gli esercizi 3 volte a settimana, prima dell'allenamento, per 12 settimane. Tutti gli atleti sono stati seguiti nell'esecuzione degli esercizi nelle prime due sedute. L'obiettivo dell'intervento è stato quello di determinare:

1. All'interno del campione (n=14) vi è una differenza statisticamente significativa tra i valori (ROM e forza) misurati prima e dopo l'intervento?
2. All'interno dei due gruppi (Cfr e Int) vi è una differenza statisticamente significativa tra i valori (ROM e forza) misurati prima e dopo l'intervento?
3. C'è una differenza statisticamente significativa nella variazione dei valori della forza misurati prima e dopo l'intervento tra il gruppo di confronto e quello di intervento?
4. Allo stesso grado di abduzione della spalla, vi è una differenza statisticamente significativa tra i valori della forza in rotazione interna ed esterna dello stesso arto superiore?
5. Tra i due gruppi, vi è una differenza statisticamente significativa nei rapporti tra i valori della forza in rotazione interna e rotazione esterna?

2.5.1 Protocollo di esercizi standardizzati:

- Abbassatori frontali: posizione di partenza con braccio teso e spalla flessa a 45° (elastico già in tensione). Posizione d'arrivo con braccio disteso lungo il corpo.
- Abbassatori laterali: posizione di partenza con braccio teso e spalla abdotta a 45° e elastico già in tensione. Posizione d'arrivo con braccio disteso lungo il corpo.
- Rotazione esterna braccio addotto: posizione di partenza con braccio addotto, appoggiato al corpo, gomito flesso a 90° e mano sulla pancia che afferra l'elastico in tensione. Posizione di arrivo con braccio ruotato esternamente.

- Rotazione interna braccio addotto: posizione di partenza con braccio addotto, gomito flesso a 90° e avambraccio in asse con la spalla. Elastico in tensione. Posizione d'arrivo con mano appoggiata sull'addome.
- Rotazione esterna braccio addotto a 90°: posizione di partenza con braccio addotto a 90°, gomito flesso a 90° e avambraccio parallelo al pavimento con elastico in tensione. Posizione d'arrivo con braccio addotto a 90°, gomito flesso a 90° e avambraccio verticale perpendicolare al pavimento.
- Rotazione interna braccio addotto a 90°: °: posizione di partenza con braccio addotto a 90°, gomito flesso a 90° e avambraccio verticale perpendicolare al pavimento con elastico in tensione. Posizione d'arrivo con braccio addotto a 90°, gomito flesso a 90° e avambraccio orizzontale parallelo al pavimento.

Tutti gli atleti del gruppo Cfr avevano a disposizione un elastico con resistenza 3,5kg-7kg, il quale, fissato all'altezza più consona, ha permesso loro di svolgere gli esercizi. Per gli esercizi degli abbassatori frontali e laterali e delle rotazioni esterne ed interne a braccio addotto, l'elastico è stato fissato all'altezza delle spalle dell'atleta. Per i restanti esercizi, l'elastico è stato fissato all'altezza del gomito.

Tutti gli esercizi sono stati eseguiti per entrambi gli arti superiori. Ogni esercizio è stato svolto per 5 ripetizioni per 3 serie, alternando arto superiore destro e sinistro. Nessun recupero tra le serie, mentre lavora un braccio, riposa l'altro. L'esecuzione degli esercizi è lenta e controllata, mantenendo attivo il tronco e la muscolatura scapolare.

2.5.2 Protocollo di esercizi sport specifici

- Rotazioni interne con braccio addotto a 90° con elastico (simulando il lancio): l'atleta è in piedi, con un elastico in tensione dietro di sé fissato all'altezza delle spalle. È effettuata una simulazione del lancio, controllando sia la fase di spinta che di ritorno
- Rotazioni esterne con braccio addotto a 90° con elastico (simulando il lancio): l'atleta è in piedi, con un elastico in tensione davanti a sé, fissato all'altezza delle spalle. È effettuata una rotazione esterna (simulando la fase di caricamento del lancio), controllando sia la fase di spinta che di ritorno

- Rotazioni esterne con pallina da prono: l'atleta è sdraiato a pancia in giù, sopra un rialzo (panca/tavolette), lascia cadere la pallina e la va a riprendere prima che tocchi terra, con l'arto disposto in modo tale che crei un angolo retto tra tronco e braccio e tra braccio e gomito. Il gomito è mantenuto sempre all'altezza del tronco.
- Plank laterale con rotazioni: l'atleta è sdraiato sul fianco, con il gomito e il piede appoggiati a terra. Partendo con il braccio superiore aperto, andare ad effettuare una rotazione portando il braccio al di sotto del proprio corpo.
- Swimmer: l'atleta è steso a pancia in giù, con un peso di 1 kg per mano (e.g. bottiglia d'acqua). Inizia il movimento con le braccia lungo i fianchi, tenendole tese, le porta verso le orecchie per poi riportarle lungo i fianchi, effettuando delle oscillazioni in modo da allontanare e avvicinare il peso dal pavimento.

Per i primi 4 esercizi sono state eseguite 5 ripetizioni per 3 serie da entrambi i lati. Per il quinto esercizio 4 ripetizioni per 3 serie per entrambi i lati.

2.6 Analisi statistiche

Per determinare in maniera casuale i due gruppi è stato utilizzato un random number generator, dopo che ad ogni partecipante era stato assegnato un numero da 1 a 14.

Le caratteristiche del campione sono state espresse con media \pm deviazione standard per le variabili quantitative e con frequenza assoluta (n) e frequenza percentuale (%) per le variabili qualitative.

Per rispondere ai quesiti 1,2 e 4 è stato utilizzato il *Wilcoxon signed test*, mentre per rispondere ai quesiti 3 e 5 il test di *Mann Whitney*.

È stato considerato come significativo un *p-value* $<0,05$. Tutti i valori delle misure di ROM e forza sono stati espressi arrotondandoli a due cifre dopo la virgola. I valori del *p-value* sono stati arrotondati ad una cifra significativa.

RISULTATI

3.1 Partecipazione allo studio

Tutti i partecipanti inizialmente arruolati nello studio lo hanno portato a termine. Non sono stati registrati eventi avversi nell'arco dei tre mesi.

3.2 ROM

Al termine dei tre mesi, analizzando l'intero campione, si può evincere come tutti gli atleti abbiano mostrato un significativo miglioramento del ROM in flessione [Tab III].

Tabella III: misurazione del ROM sugli atleti prima e dopo il periodo di allenamento

<i>outcomes</i>	<i>T0</i>	<i>T1</i>	<i>p-value</i>
<i>ROM flessione dx media ± deviazione standard</i>	182,84±8,13	196,93±11,26	0,002*
<i>ROM flessione sx media ± deviazione standard</i>	185,66±9,09	195,8±12,26	0,0001*
<i>ROM rot est dx media ± deviazione standard</i>	104,63±16,45	111,11±19,79	0,2
<i>ROM rot est sx media ± deviazione standard</i>	106,76±12,85	111,88±17,94	0,3
<i>ROM rot int dx media ± deviazione standard</i>	88,03±15,7	87,62±9,88	0,8
<i>ROM rot int sx media ± deviazione standard</i>	96,52±17,87	96,35±12,79	0,9

*Wilcoxon signed test; *p value < 0.05*

Nello specifico, il gruppo Int mostra essere migliorato significativamente nel ROM dei movimenti di flessione (spalla dx) e di rotazione esterna (spalla dx). Entrambi i gruppi mostrano miglioramenti significativi nel ROM in flessione (spalla sx). Non sono stati apprezzati miglioramenti significativi nel ROM dei restanti movimenti [Tab IV].

Tabella IV: misurazione del ROM sugli atleti divisi per gruppo prima e dopo il periodo di allenamento

outcomes	gruppo	T0	T1	p-value
ROM flessione dx media ± deviazione standard	Cfr	181,46±9,54	193,76±13,19	0,08
	Int	184,23±6,92	200,10±8,80	0,03*
ROM flessione sx media ± deviazione standard	Cfr	184,04±7,41	194,12±14,47	0,02*
	Int	187,28±10,87	197,49±10,48	0,02*
ROM rot est dx media ± deviazione standard	Cfr	109,37±18,50	112,72±24,07	0,7
	Int	99,88±13,84	109,50±16,24	0,05*
ROM rot est sx media ± deviazione standard	Cfr	110,53±11,42	110,98±18,42	1
	Int	102,99±13,94	112,79±18,87	0,2
ROM rot int dx media ± deviazione standard	Cfr	84,50±18,46	84,20±13,27	0,9
	Int	91,57±12,81	91,03±2,90	0,9
ROM rot int sx media ± deviazione standard	Cfr	92,55±19,70	87,98±8,67	0,6
	Int	100,49±16,34	104,73±86,69	0,5

Wilcoxon signed test; *p value < 0.05

3.3 Forza

Al termine dei tre mesi, gli atleti hanno mostrato un miglioramento significativo della forza nella misurazione di tutti i movimenti [Tab V].

Tabella V: misurazione della forza sugli atleti prima e dopo il periodo di allenamento

	T0	T1	p-value
Forza rot est 0° dx media ± deviazione standard	82,78±22,54	103,17±27,44	0,0009*
Forza rot est 0° sx media ± deviazione standard	77±20,61	93,06±27,84	0,009*
Forza rot int 0° dx media ± deviazione standard	41,05±11,02	55,07±12,99	0,0001*
Forza rot int 0° sx media ± deviazione standard	36,93±10,95	47,84±11,74	0,001*
Forza rot est 90° dx media ± deviazione standard	106,37±35,48	130,93±39,2	0,002*
Forza rot est 90° sx media ± deviazione standard	104±31,42	126,65±39,05	0,004*
Forza rot int 90° dx media ± deviazione standard	48,53±11,47	65,78±15,71	0,0001*
Forza rot int 90° sx media ± deviazione standard	49,89±13,31	69,73±19,73	0,0004*

Wilcoxon signed test; *p value < 0.05

Nello specifico [Tab VI], analizzando il campione stratificato per gruppo, si denota il fatto che non sia stato registrato un miglioramento significativo della forza nei movimenti di rotazione interna con spalla addotta e di rotazione esterna con spalla

abdotta a 90° nel gruppo di Int. Nel gruppo Cfr non è stato riscontrato un miglioramento significativo nel movimento di rotazione esterna a spalla addotta. Tutti i restanti movimenti testati hanno invece mostrato un miglioramento significativo sia per il gruppo Int che per il gruppo Cfr.

Tabella VI: misurazione della forza sugli atleti divisi per gruppo prima e dopo il periodo di allenamento

	gruppo	T0	T1	p-value
Forza rot est 0° dx media ± deviazione standard	Cfr	73,04±17,68	96,30±21,51	0,02*
	Int	92,51±23,81	110,04±32,54	0,05*
Forza rot est 0° sx media ± deviazione standard	Cfr	71,33±14,81	86,04±20,42	0,2
	Int	82,67±25,02	100,09±33,86	0,05*
Forza rot est 90° dx media ± deviazione standard	Cfr	35,69±8,56	54,30±11,95	0,02*
	Int	46,42±11,08	55,84±14,89	0,02*
Forza rot est 90° sx media ± deviazione standard	Cfr	33,48±12,20	48,37±13,34	0,02*
	Int	40,39±9,10	47,32±10,95	0,2
Forza rot int 0° dx media ± deviazione standard	Cfr	95,61±36,59	126,64±43,68	0,08
	Int	117,13±33,44	135,21±37,12	0,02*
Forza rot int 0° sx media ± deviazione standard	Cfr	90,60±27,70	120,64±27,99	0,02*
	Int	117,39±30,88	117,13±33,44	0,2
Forza rot int 90° dx media ± deviazione standard	Cfr	45,45±10,19	65,76±15,84	0,02*
	Int	51,60±12,63	65,79±16,84	0,02*
Forza rot int 90° sx media ± deviazione standard	Cfr	45,65±9,86	65,16±13,64	0,02*
	Int	54,13±15,64	74,31±24,66	0,05*

Wilcoxon signed test; *p value < 0.05

Dal momento in cui sono stati riscontrati numerosi miglioramenti significativi in entrambi i gruppi, sono state messe a confronto le variazioni dei valori della forza riscontrate in ogni movimento di ciascun gruppo [Tab VII]. Le variazioni sono state ottenute, per ogni valutazione della forza, sottraendo al valore misurato in T1 il valore misurato in T0. È stata poi eseguita la media aritmetica sia per il gruppo Cfr che per il gruppo Int.

Tabella VII: confronto tra la variazione pre e post trattamento dei valori della forza in ciascun gruppo

	Cfr	Int	p-value
Variatione media forza rot est 0° dx media T1-T0	37,49	29,46	0,5
Variatione media forza rot est 0° sx media T1-T0	14,28	20,03	0,7
Variatione media forza rot est 90° dx media T1-T0	15,98	8,45	0,1
Variatione media forza rot est 90° sx media T1-T0	12,51	6,83	0,2
Variatione media forza rot int 0° dx media T1-T0	20,16	15,42	0,6
Variatione media forza rot int 0° sx media T1-T0	30,65	23,04	0,2
Variatione media forza rot int 90° dx media T1-T0	22,28	12,63	0,3
Variatione media forza rot int 90° sx media T1-T0	19,69	20,45	0,7

test di Mann Whitney; *p value < 0.05

Dalla tabella si nota come non vi sia una differenza significativa nei miglioramenti apportati dai due protocolli, nonostante con entrambi sia stato riscontrato un miglioramento della forza negli atleti.

Confrontando i valori della forza in rotazione interna ed esterna dei due gruppi, risultano esserci delle differenze [Tab 8,9].

Nel gruppo Cfr [Tab VIII], è apprezzabile come, se in T0 in entrambi gli arti superiori non vi fosse una differenza rilevante tra la forza in rotazione interna e la forza in rotazione esterna nei movimenti con braccio addotto, in T1 si manifesti una differenza statisticamente significativa. La differenza scompare invece nelle rotazioni a braccio addotto a 90° dell'arto sinistro. Se in T0 queste mostravano una differenza rilevante, in T1 la differenza viene a mancare.

Tabella VIII: confronto tra i valori della forza in rotazione interna ed esterna nel gruppo Cfr

Outcomes gruppo Cfr	T	Rotazione interna	Rotazione esterna	p-value
Rotazioni 0° dx media ± deviazione standard	T0	95,61±36,59	73,04±17,68	0.2
	T1	126,64±43,68	96,30±21,51	0.02*
Rotazioni 0°sx media ± deviazione standard	T0	90,60±27,70	71,33±14,81	0.08
	T1	120,64±27,99	86,04±20,42	0.02*
Rotazioni 90°dx media ± deviazione standard	T0	45,45±10,19	35,69±8,56	0.1
	T1	65,76±15,84	54,30±11,95	0.2
Rotazioni 90°sx media ± deviazione standard	T0	45,65±9,86	33,48±12,20	0.05*
	T1	65,16±13,64	48,37±13,34	0.08

Wilcoxon signed test; *p value < 0.05

Nel gruppo Int ^[Tab IX] si vede come vi siano differenze significative sia in T0 che in T1 nelle rotazioni a braccio addotto in entrambi gli arti superiori. Compare poi una differenza nelle rotazioni dell'arto sinistro a braccio addotto a 90° in T1.

Tabella IX: confronto tra i valori della forza in rotazione interna ed esterna nel gruppo Int

Outcomes gruppo Int	T	Rotazione interna	Rotazione esterna	p-value
Rotazioni 0° dx media ± deviazione standard	T0	117,13±33,44	92,51±23,81	0.02*
	T1	135,21±37,12	110,04±32,54	0.03*
Rotazioni 0° sx media ± deviazione standard	T0	117,39±30,88	82,67±25,02	0.02*
	T1	117,13±33,44	100,09±33,86	0.03*
Rotazioni 90° dx media ± deviazione standard	T0	51,60±12,63	46,42±11,08	0.4
	T1	65,79±16,84	55,84±14,89	0.4
Rotazioni 90° sx media ± deviazione standard	T0	54,13±15,64	40,39±9,10	0.2
	T1	74,31±24,66	47,32±10,95	0.03*

Wilcoxon signed test; *p value < 0.05

Per quantificare la differenza tra i valori di forza in rotazione interna ed esterna per ciascun movimento di rotazione, è stato effettuato un rapporto tra i due valori. Al numeratore il valore della forza in rotazione interna e al denominatore il valore della forza in rotazione esterna. Mettendo a confronto la media dei rapporti di ciascun gruppo ^[Tab X], non risultano esserci differenze statisticamente significative.

Tabella X: confronto tra i rapporti dei valori della forza in rotazione interna ed esterna tra i due gruppi

outcomes	Gruppo Cfr	Gruppo Int	p-value
RateoIR0°/ER0°dxT0 media ± deviazione standard	1,3±0.42	1.27±0.19	0.9
RateoIR0°/ER0°sxT0 media ± deviazione standard	1.26±0.28	1.45±0.30	0.4
RateoIR0°/ER0°dxT1 media ± deviazione standard	1.29±0.22	1.25±0.19	0.8
RateoIR0°/ER0°sxT1 media ± deviazione standard	1.41±0.12	1.34±0.3	0.3
RateoIR90°/ER90°dxT0 media ± deviazione standard	1.31±0.33	1.13±0.25	0.4
RateoIR90°/ER90°sxT0 media ± deviazione standard	1.46±0.38	1.41±0.5	0.8
RateoIR90°/ER90°dxT1 media ± deviazione standard	1.25±0.39	1.23±0.38	1
RateoIR90°/ER90°sxT1 media ± deviazione standard	1.41±0.32	1.61±0.58	0.7

test di Mann Whitney; *p value < 0.05

DISCUSSIONE

In letteratura scientifica non si riscontrano molti approfondimenti con ad oggetto la comparazione tra i due diversi protocolli di esercizi con specifico riferimento alla disciplina della pallanuoto. Si possono trovare fonti riguardanti l'esercizio terapeutico per nuotatori d'élite o per atleti di altri sport *overhead*; questi, però, non possono essere messi sullo stesso piano della pallanuoto. Pur mantenendo delle caratteristiche simili ad altri sport, la pallanuoto si differenzia molto: rispetto al nuoto cambia la postura, rispetto al baseball viene a mancare una base d'appoggio, cambia la biomeccanica del tiro, cambiano dimensioni e peso della palla da lanciare. Vi sono contatti fisici, scontri di gioco, diversi ritmi ed intensità dello sforzo richiesto.

Questo studio si propone di indagare se, tra due diversi protocolli di esercizi, vi potessero essere delle differenze negli effetti da essi sortiti. Differenze che sarebbero poi state analizzate per comprendere quale dei due protocolli meglio si sarebbe prestato ad integrare l'allenamento di atleti con un alto rischio infortunio.

I risultati ottenuti ci mostrano come tutti gli atleti siano migliorati sotto il profilo della forza, ma come non vi siano evidenti differenze statisticamente significative tra il gruppo confronto e il gruppo intervento. Osservando nello specifico il confronto tra forza in rotazione interna e forza in rotazione esterna, si nota come il gruppo Cfr abbia sviluppato una differenza significativa nelle rotazioni a braccio addotto.

Per quanto riguarda il ROM, sappiamo che nei pallanuotisti la tendenza generale è quella di sviluppare un ampio range di movimento nel movimento di rotazione esterna della spalla ma, allo stesso tempo, di sviluppare una restrizione nel movimento di rotazione interna ^[1]. I risultati ottenuti mostrano come, nell'arco dei tre mesi di durata dell'intervento, non vi siano stati cambiamenti significativi nei movimenti di rotazione interna. Solo il gruppo di intervento mostra un aumento significativo del ROM in rotazione esterna, mantenendo però simile il valore del ROM in rotazione interna dal pre al post intervento.

Lo studio ha dovuto fronteggiare diverse limitazioni e criticità, prima fra tutte la bassa numerosità del campione. Va sottolineato come gli atleti abbiano continuato a svolgere le loro attività quotidiane, talvolta esigenti dal punto di vista fisico, e come queste

potrebbero aver influenzato i risultati. Inoltre, il modo ideale per misurare la forza di un gesto specifico come quello del lancio nella pallanuoto sarebbe quello di testare contrazioni muscolari eccentriche e concentriche con dispositivi isotonici ma, per via della strumentazione a nostra disposizione, ciò non è stato possibile.

Saranno necessari studi addizionali per andare ad indagare quale esercizio o protocollo di esercizi possa risultare più efficace per migliorare parametri di ROM e forza nei pallanuotisti.

CONCLUSIONE

Questo trial clinico randomizzato ha analizzato gli effetti di due diversi protocolli di esercizi su una popolazione di pallanuotisti di serie C. I risultati ottenuti non hanno evidenziato differenze significative, se non minime, tra i due gruppi di studio. Non sono stati riscontrati effetti avversi causati dagli esercizi somministrati. La forza è migliorata in tutti gli atleti, e questo è noto essere un fattore protettivo per il rischio infortuni. Nel corso della stagione non sono stati riscontrati infortuni alla spalla tali da impedire lo svolgimento degli allenamenti, ma non vi è certezza di una correlazione tra questo dato e l'intervento svolto. Le minime differenze individuate, nonostante la ridotta numerosità del campione, manifestano la necessità di effettuare in futuro nuovi studi per meglio capire quale tipologia di esercizi meglio si predisponga all'allenamento dei giocatori di pallanuoto.

BIBLIOGRAFIJA

1. Croteau F, Paradelo D, Pearsall D, Robbins S. Risk Factors for Shoulder Injuries in Water Polo: a Cohort Study. *IJSPT*. 2021;16(4):1135-1144
2. Hams, A., Evans, K., Adams, R., Waddington, G., & Witchalls, J. (2019). Epidemiology of shoulder injury in sub-elite level water polo players. *Physical Therapy in Sport*, 35, 127–132
3. Miljenko Franić, Alan Ivković, and Ratko Rudić Injuries in Water Polo *Croat Med J*. 2007 Jun; 48(3): 281–288
4. Colville, J. M., & Markman, B. S. (1999). COMPETITIVE WATER POLO, Upper Extremity Injuries. *Clinics in Sports Medicine*, 18(2), 305–312
5. Webster, M. J., Morris, M. E., & Galna, B. (2009). Shoulder pain in water polo: A systematic review of the literature. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 3–11
6. Miller, A. H., Evans, K., Adams, R., Waddington, G., & Witchalls, J. (2018). Shoulder injury in water polo: A systematic review of incidence and intrinsic risk factors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(4), 368–377
7. Donald A. Neumann, Shoulder Complex. In: *Kinesiology of the Musculoskeletal System, Foundation for Rehabilitation*. Third edition. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2017. p. 119.
8. Donald A. Neumann, Shoulder Complex, Arthrology. In: *Kinesiology of the Musculoskeletal System, Foundation for Rehabilitation*. Third edition. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2017. p. 125-136.
9. Donald A. Neumann, Shoulder Complex, Muscle and Joint Interaction. In: *Kinesiology of the Musculoskeletal System, Foundation for Rehabilitation*. Third edition. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2017. p.148-162.
10. Donald A. Neumann, Shoulder Complex, Function of the rotator cuff muscles during elevation of the arm. In: *Kinesiology of the Musculoskeletal System, Foundation for Rehabilitation*. Third edition. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2017. p. 157-158.
11. Riemann B, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*. 2002; 37(1):71–79
12. Miller, A. H., Evans, K., Adams, R., Waddington, G., & Witchalls, J. (2018). Shoulder injury in water polo: A systematic review of incidence and intrinsic risk factors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(4), 368–377

13. Yaghoubi, M., Esfehiani, M. M., Hosseini, H. A., Alikhajeh, Y., & Shultz, S. P. (2015). Comparative Electromyography Analysis of the Upper Extremity between Inexperienced and Elite Water Polo Players during an Overhead Shot. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(2), 79–87
14. Tijmen Egtberts, <https://swimswam.com/the-biomechanics-of-a-water-polo-shot/>, 10/10/2023
15. Giulia Angelino, <https://www.besport.org/sportmedicina/disfunzioni-di-spalla-nellatleta-praticante-la-pallanuoto-un-approccio-funzionale.htm>, 10/10/2023
16. Smith, H. K. (1998). *Applied Physiology of Water Polo*. *Sports Medicine*, 26(5), 317–334
17. De Jesus, K., Figueiredo, P., De Jesus, K., Pereira, F., Vilas-Boas, J. P., Machado, L., & Fernandes, R. J. (2012). Kinematic analysis of three water polo front crawl styles. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 715–723
18. De Martino I, Rodeo SA: The Swimmer’s Shoulder: Multi-directional Instability. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2018 Jun;11(2):167-171
19. Mountjoy M, Junge A, Alonso JM, et al. Sports injuries and illnesses in the 2009 FINA world Championships (Aquatics). *Br J Sports Med* 2010;44:522–7
20. Croteau, F., Brown, H., Pearsall, D., & Robbins, S. M. (2021). Prevalence and mechanisms of injuries in water polo: a systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 7(2)
21. Klein M, Tarantino I, Warschkow R, et al. Specific shoulder pathoanatomy in semiprofessional water polo players: a magnetic resonance imaging study. *Orthop J Sports Med* 2014;2:1–6
22. Galluccio, F., Bellucci, E., Porta, F., Tofani, L., De Paulis, A., Bianchedi, D., ... Matucci-Cerinic, M. (2017). The waterpolo shoulder paradigm: results of ultrasound surveillance at poolside. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3(1)
23. Wheeler, K., Kefford, T., Mosler, A., Lebedew, A., & Lyons, K. (2013). The volume of goal shooting during training can predict shoulder soreness in elite female water polo players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(3), 255–258
24. Hams, A., Evans, K., Adams, R., Waddington, G., & Witchalls, J. (2019). Reduced shoulder strength and change in range of motion are risk factors for shoulder injury in water polo players. *Physical Therapy in Sport*