

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

**SCUOLA DI SCIENZE MEDICHE E FARMACEUTICHE
DIPARTIMENTO DI MEDICINA SPERIMENTALE (DIMES)**

Corso di laurea magistrale in Scienze e tecniche dello sport



Tesi di Laurea magistrale

**La pliometria nell'allenamento del calcio: studio degli effetti sulla
performance**

Relatore

Prof. Patrizio Bruzzo

Candidato

Marco Allegri

SOMMARIO

Capitolo 1: Introduzione	3
1.1 La pliometria e il ciclo di stiramento-accorciamento	3
1.2 Fisiologia e meccanica dell'esercizio pliometrico.....	5
1.3 Programmazione dell'allenamento pliometrico.....	6
Capitolo 2.....	9
2.1 Modello fisiologico del gioco del calcio.....	9
2.2 Utilità della pliometria nel calcio.....	13
Capitolo 3: Studio	21
3.1 Obiettivo dello studio.....	21
3.2 Materiali e metodi	22
3.3 Risultati	28
3.4 Discussione	31
3.5 Limitazioni	34
3.6 Applicazioni pratiche	35
Capitolo 4: Bibliografia	37

Capitolo 1: Introduzione

1.1 La pliometria e il ciclo di stiramento-accorciamento

L'allenamento pliometrico (plyometric training, PT) è una comune modalità di condizionamento fisico. Nella sua forma più tipica comprende esercizi: di salto, di lancio che possono essere effettuati a corpo libero o con pesi contenuti (palle mediche). Inoltre, è ampiamente usato in ambito sportivo per migliorare le performance atletiche. Numerosi studi hanno inoltre osservato come PT aumentava, durante attività ad alto impatto, la biomeccanica e il controllo neuromuscolare dei gesti specifici, diminuendo, al tempo stesso, i rischi di infortuni degli arti inferiori negli sport di squadra ⁽¹⁾.

La pliometria è ormai utilizzata da diverse decine di anni nell'allenamento di atleti sia in Europa che in Russia. Questo termine, coniato da Fred Wilt nel 1975, deriva da due parole greche *plythein* o *plyo* che significa aumentare e *metric* che significa misurare. Tipicamente si intende l'incremento di parametri relativi a test: di lancio, di servizio, di altezza del salto e di velocità di sprint ⁽²⁾.

Questa tipologia di allenamento è caratterizzata da movimenti in cui si ha un rapido allungamento, seguito da un altrettanto veloce accorciamento del muscolo, andando in questo modo a sfruttare il ciclo di stiramento-accorciamento (SSC) ⁽³⁾.

La pliometria porta a vari adattamenti muscoloscheletrici: adattamenti positivi relativi alla massa ossea, un effetto comune all'allenamento dinamico, ma il PT in quanto associato a forze reattive al suolo, che possono arrivare anche a sette volte il proprio peso corporeo, sembrano essere particolarmente benefiche per la massa ossea. La componente elastica di tendini, legamenti e muscoli ha un ruolo decisivo, circa la rigidità (stiffness) delle componenti stesse. Questa comporterebbe una maggior velocità di trasmissione di forza dal muscolo allo scheletro, consentendo maggiori tassi di sviluppo della forza ⁽⁷⁾.

Osservando invece gli adattamenti neuromuscolari, la letteratura appare contrastante: da un lato la sperimentazione animale ha riportato un aumento delle fibre di tipo 2, nella sperimentazione umana appaiono pareri e risultati contrastanti ⁽¹⁾; Potteiger e altri non hanno trovato differenze nella composizione delle fibre dei muscoli allenati ⁽⁴⁾, mentre Malisoux e altri hanno identificato un incremento delle fibre tipo 2a ⁽⁵⁾.

Il ciclo di stiramento-accorciamento (SSC) è un elemento cardine e fondamentale dell'allenamento pliometrico che sfrutta due capacità specifiche. l'immagazzinamento energetico della componente elastica in serie e la stimolazione del riflesso miotatico ⁽³⁾.

Esso può essere classificato secondo due diciture: lento se i tempi di contatto al suolo sono $>0,25s$, veloce se il tempo di contatto al suolo è $<0,25s$ ⁽¹⁾.

Inoltre, è caratterizzato da tre fasi distinte secondo dei parametri meccanici e neurofisiologici. La prima fase è quella di prearico, anche detta eccentrica, la seconda è la fase di transizione (ammortizzazione) e la terza è la fase concentrica, Fig. 1.

In entrambe le classificazioni del SSC l'allungamento preventivo aumenta la forza esprimibile in fase concentrica dalla muscolatura. Questo sarebbe possibile attraverso diversi meccanismi quali: l'immagazzinamento e il rilascio di energia elastica, il potenziamento della componente contrattile, le interazioni tra la componente contrattile ed elastica, il contributo dei riflessi spinali e il tempo di sviluppo della forza ⁽⁷⁾.

Un maggiore tasso di allungamento muscolo-tendineo è fondamentale nelle esercitazioni pliometriche; maggiore sarà la percentuale di allungamento, maggiore sarà il reclutamento delle unità motorie e l'attività muscolare nella fase concentrica del SSC ⁽³⁾.

È stato ipotizzato come l'allenamento pliometrico potrebbe aumentare le performance, sia del SSC veloce che di quello lento in modo specifico, rispetto alla tipologia di esercizi pliometrici svolti durante la programmazione ⁽¹⁾.

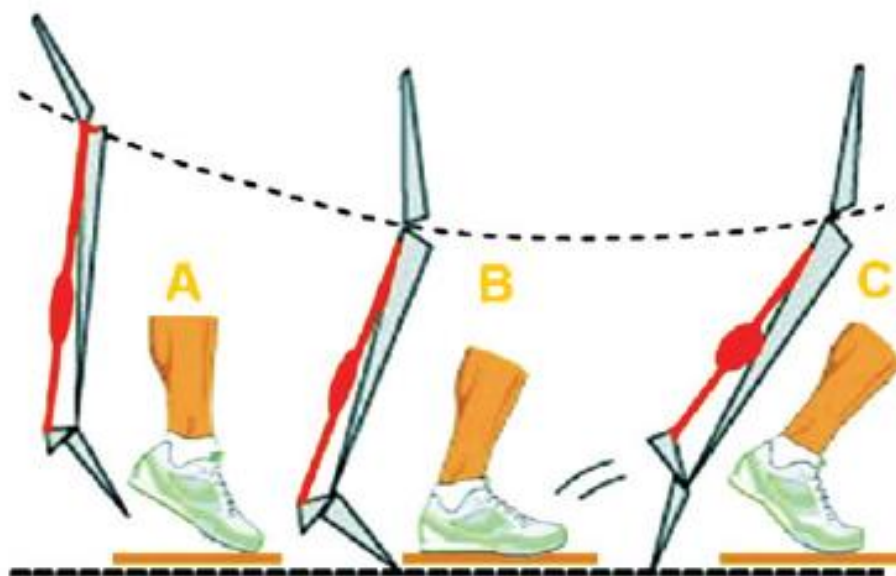


Fig. 1. Le 3 fasi del SSC (37)

1.2 Fisiologia e meccanica dell'esercizio pliometrico

Fisiologicamente parlando, durante un movimento pliometrico la componente contrattile actomiosinica riveste un ruolo chiave nello sviluppo della forza, creando maggior tensione grazie al pre-allungamento e al principio della curva tensione-allungamento.

L'aumento elevato di produzione di forza porta con sé una buona probabilità di indolenzimenti muscolari ad insorgenza ritardata, comunemente detti DOMS: fenomeno comune a una qualsiasi tipologia di esercizio eccentrico a cui il corpo non è abituato. Conseguenza altresì di, microtraumi del tessuto connettivo dovuti alla rapida fase eccentrica. La durata dei DOMS varia in base alla familiarità che il soggetto ha con questa tipologia di esercizi, andando dai 7-10 giorni in caso di totale inesperienza, fino a nessun tipo di sintomo in caso di atleti altamente allenati ⁽²⁾.

A livello neurofisiologico, il riflesso miotatico è artefice del potenziamento dell'azione concentrica durante il SSC. Esso costituisce, in breve, la risposta involontaria del corpo ad una perturbazione esterna di rapido allungamento muscolare. I fusi neuromuscolari, sollecitati dalla rapida fase eccentrica, stimolano le fibre afferenti Ia, le quali inviano un segnale al midollo spinale attraverso la radice dorsale dello stesso, attivando infine il motoneurone α , che porta ad un'azione muscolare concentrica della muscolatura agonistica ⁽³⁾.

Meccanicamente parlando, la muscolatura durante l'attività sportiva assorbe, decelera e produce forza grazie all'energia elastica immagazzinata e poi potenziata dalle componenti muscolo-tendinee. Le parti meccaniche del muscolo sono tre, già anticipate in precedenza: la componente contrattile (CC) costituita da actina, miosina e ponti trasversi, la componente parallela contrattile (PEC) formata da epimisio, perimisio, endomisio e sarcolemma, la componente seriale contrattile (SEC) costituita per lo più da tendini. CC, SEC e PEC interagiscono tra loro nello sviluppo della forza. Durante un'attività di tipo pliometrico, la SEC è la componente che riveste maggior importanza; precisamente immagazzina energia cinetica a seguito del rapido allungamento preventivo delle strutture (effetto molla). Di conseguenza, maggiore è la forza immagazzinata prima della fase concentrica, maggiore sarà il tasso di rilascio della stessa. Da notare che, se passa troppo tempo dall'azione eccentrica e questa prolungata più del dovuto o richiede un movimento eccessivo di una data articolazione, sarà presente un dissipamento e una dispersione di energia cinetica sotto forma di calore. Infine, si ricordi che la SEC è responsabile del 70-75% dell'incremento di forza durante la fase concentrica. Come ormai è risaputo, la parte concentrica di un movimento è la più debole tra le 3 modalità di contrazioni possibili del muscolo. Tuttavia, effettuando un SSC è stimato un aumento della forza prodotta in concentrica in un range che va dal 10% al 40%; questo incremento è una conseguenza della fase eccentrica del ciclo, a cui partecipano SEC, CC e PEC ^(2,3).

1.3 Programmazione dell'allenamento pliometrico

L'allenamento pliometrico, in quanto esercitazione contro resistenza, segue i medesimi principi della periodizzazione, favorendo la progressione e il sovraccarico progressivo. Come per le altre modalità di esercizio, questo può essere ottenuto attraverso la manipolazione di differenti parametri quali: modalità, frequenza, intensità, durata, recupero e progressioni. Gli elementi precedenti, insieme ad un adeguato riscaldamento e una valutazione dell'atleta, sono parametri importanti per sviluppare un adeguato programma pliometrico. Altro fattore chiave, come vedremo in seguito, è la qualità dell'esecuzione degli esercizi.

La prima cosa da valutare è il soggetto stesso. Bisogna osservare quale sport praticata, quale posizione che ricopre e il suo livello di allenamento. Tutti questi parametri sono da tenere in considerazione durante la programmazione.

Dopodichè, si passa alla parte del corpo da lavorare e alla tipologia di esercizi, anch'essi dei parametri importanti. Sono presenti pliometrie sia per la parte superiore del corpo, sia per la parte inferiore del corpo; al contrario è particolarmente discussa e controversa la presenza o meno di vere e proprie esercitazioni per il tronco.

L'intensità, essendo uno dei fattori più importanti e più variabili della pliometria, influenza direttamente il volume, seguendo l'indicazione generale per cui: all'aumentare dell'intensità, il volume dovrebbe diminuire. In riferimento all'intensità degli esercizi, si intende l'esecuzione dei vari gesti motori con la massima contrazione volontaria (MVC) possibile. Generalmente, si ricerca un'intensità pari all'80-100% della MVC. In aggiunta, si trovano ulteriori elementi che influenzano l'intensità di un'esercitazione pliometrica, quali: il tasso di allungamento del muscolo (o velocità di allungamento), il punto di contatto (un esercizio mono podalico sarà più intenso sulle strutture muscolari rispetto ad un esercizio bi podalico), l'altezza di esercizio (più è alto il centro di gravità, maggiore sarà la forza d'atterraggio), la velocità, intesa come tempi di contatto al suolo (diminuendola risulterà maggiore l'intensità) e infine il peso corporeo (più è elevato più sarà lo stress muscolare) -si noti la possibilità di aggiungere zavorre alle esercitazioni-.

La frequenza viene intesa come il numero, solitamente settimanale, di sessioni pliometriche. Queste sono variabili in base al periodo dell'anno, all'esperienza dell'atleta e allo sport praticato, generalmente vanno da una a tre. Essendo presente scarsità di studi riguardo questo specifico argomento, la maggior parte dei coach e preparatori atletici tende a basarsi più sui tempi di recupero tra le sessioni (generalmente vengono indicate 48-72 ore).

Essendo richiesto un impegno massimale, quindi di tipo anaerobico, i tempi di recupero tra le serie e tra gli esercizi prescritti deve essere completo. Per completo si intende un rapporto lavoro-recupero che va da 1:5 fino anche a 1:10, in correlazione con la tipologia di esercizio ed il volume.

Per volume di allenamento nelle sessioni pliometriche si intende il numero di contatti dei piedi o del piede al suolo (parte inferiore del corpo) e il numero di prese e/o lanci per sessione (parte superiore del corpo). Le tabelle 1 e 2 riportano le linee guida di Chmielewski e altri in riferimento ai volumi consigliati ^(2,3,8,9).

<i>Esperienza nelle esercitazioni pliometriche</i>	<i>Numero di contatti (volume)</i>
<i>Principiante (poca/nulla esperienza)</i>	Da 80 a 100
<i>Intermedio (esperienza intermedia)</i>	Da 100 a 120
<i>Avanzato (elevata esperienza)</i>	Da 120 a 140

Tabella 1. Volume di allenamento consigliato in base al livello di esperienza dell'atleta nelle esercitazioni pliometriche ⁽⁹⁾.

<i>Intensità</i>	<i>Serie x Ripetizioni per singolo esercizio</i>	<i>Ripetizioni totali</i>
<i>Bassa</i>	10 x 12	400
<i>Media</i>	7 x 10	350
<i>Alta</i>	5 x 8	300
<i>Molto alta</i>	3 x 6	200

Tabella 2. Volume raccomandato per singolo esercizio e per sessione in base all'intensità dell'esercizio ⁽⁸⁾.

Ancora non chiara è la durata ottimale dei programmi di allenamento pliometrico, in generale la maggior parte degli studi di riferimento propongono programmi che variano da 6 a 10 settimane ^(3,10). Alcuni studi hanno, in ogni caso, evidenziato degli aumenti nella capacità di salto verticale anche solo dopo 4 settimane di allenamento pliometrico ⁽¹¹⁾.

Essendo la pliometria una tipologia di allenamento contro resistenza, dove il carico esterno applicato è solitamente il proprio peso corporeo o comunque basse percentuali del proprio 1RM, segue i principi base del sovraccarico progressivo: una combinazione di variazioni in volume, frequenza e intensità seguendo il tipo di sport, la fase della stagione e la pianificazione generale dell'allenamento di forza e condizionamento ⁽³⁾.

Un riscaldamento adeguato precedente ad un allenamento pliometrico è fondamentale. Gli esercizi si susseguono, come generalmente affermato, dal generico allo specifico. La tabella 3 indica esercitazioni tipiche per un programma di riscaldamento precedente ad una sessione pliometrica ⁽³⁾.

<i>Esercizio</i>	<i>Spiegazione</i>
<i>Marcia</i>	Simula i movimenti di corsa
<i>Jogging</i>	Prepara agli impatti ad alta intensità; Toe jogging, Jogging a gambe tese Calciata dietro.
<i>Skipping</i>	Simula le attività pliometriche con enfasi su rapidità e spinta
<i>Lavoro sui piedi</i>	Preparano ai cambi di direzione durante gli esercizi pliometrici
<i>Affondo</i>	Basato sull'affondo in camminata, può essere multidirezionale

Tabella 3. Esercitazioni di riscaldamento pliometrico ⁽³⁾.

Ovviamente, l'allenamento pliometrico è solo una parte del complesso programma che un atleta dovrebbe seguire. La maggior parte degli sport sfruttano più sistemi energetici e richiedono dunque altre forme di esercizi. Si rende altresì necessario valutare, in base allo sport, la programmazione degli allenamenti. Per un'ottimizzazione del miglioramento fisico si dovrebbero associare all'allenamento pliometrico anche esercitazioni contro resistenza. Le linee guida suggeriscono di associare queste due modalità di allenamento lavorando però distretti muscolari distanti tra loro durante la singola seduta; ad esempio, pliometria parte superiore e contro resistenza parte inferiore. In linea generale è sconsigliato eseguire delle esercitazioni contro resistenza pesanti seguite da quelle pliometriche; tuttavia, esistono metodologie che combinano queste due forme di allenamento, in modo da ottenere maggiori output di forza durante la fase pliometrica, sfruttando il concetto di Post Activation Potentiation ^(3,12).

Per quanto riguarda, invece, l'allenamento pliometrico e aerobico, componente di molti sport, tra cui il calcio, si consiglia di eseguire l'esercitazione pliometrica prima del protocollo aerobico, in quanto quest'ultimo potrebbe andare ad inficiare la capacità di espressione di forza dell'atleta ⁽³⁾. Allo stesso tempo però è consigliato evitare esercitazioni ad alta intensità se l'obiettivo della successiva fase è un protocollo aerobico intenso ⁽¹³⁾.

La tecnica d'esecuzione degli esercizi è, probabilmente, la considerazione più importante di cui tener conto durante la progettazione di un programma pliometrico. In questo modo si massimizza la performance e si minimizza il rischio infortuni. In riferimento alla parte inferiore del corpo, la tecnica di atterraggio è la componente principale: spalle, ginocchia e punte dei piedi devono essere allineate nella veduta sagittale, mentre sul piano frontale è da evitare il valgismo dinamico delle ginocchia, in modo da limitare problematiche all'articolazione del ginocchio ⁽³⁾.

Capitolo 2

2.1 Modello fisiologico del gioco del calcio

Il calcio è lo sport più comune al mondo, praticato da entrambi i sessi e a tutte le età, sia a livello agonistico che amatoriale. La performance di un giocatore dipende da molti fattori ⁽¹⁴⁾.

Durante una partita di calcio un giocatore percorre mediamente 10 km, con fluttuazioni di questo valore dovute a diversi fattori tra cui: la posizione (i centrocampisti corrono di più) e il livello a cui è svolta l'attività (professionista o amatore). La modalità di locomozione in una partita varia dalla camminata fino allo sprint ^(14,15,16).

Il livello dell'atleta è un fattore determinante nel risultato finale dei vari ritmi di locomozione e della distanza totale percorsa; è stato provato come la distanza totale percorsa dei giocatori di elite sia del 5% maggiore rispetto ad atleti non di livello inferiore, allo stesso tempo il primo gruppo avrebbe percorso più distanza nel primo tempo rispetto che nel secondo, mentre il gruppo non d'élite avrebbe riportato risultati identici sia nel primo che nel secondo ⁽¹⁵⁾.

Data la durata di una partita (90 min), la performance degli atleti sarà sicuramente influenzata dal metabolismo aerobico, con lavoro mediamente molto vicino alla soglia anaerobica (SA), questo ovviamente perché mantenere un'intensità superiore alla SA per 90 minuti è impossibile, a causa dell'accumulo di lattato nel sangue che tale intensità comporta. Chiaro e visionabile da chiunque è dunque come, durante una partita siano presenti momenti ad altissima intensità, perpetuati nel tempo, che comportino ovviamente un accumulo di lattato, il quale sarà, almeno parzialmente, smaltito durante le fasi a bassa intensità ⁽¹⁴⁾.

Rimanendo nell'ambito anaerobico si evidenzia come a prescindere dal livello dell'atleta, le concentrazioni di lattato siano maggiori nel primo tempo rispetto che nel secondo. Da precisare, come il sistema anaerobico intervenga in una partita calcistica in tutte quelle azioni e momenti che comprendono sprint brevi, salti, contrasti e duelli ⁽¹⁴⁾.

Per quanto riguarda la frequenza cardiaca massima (FCmax) raggiungibile da un atleta durante una partita, questa si mantiene in un range che va dal' 80% al 93% della propria FCmax, ciò consente di calcolare una media pari a circa l'85% della FCmax corrispondente, di conseguenza, a circa un 75% del massimo consumo di ossigeno (VO2max). Considerando che, la SA dei giocatori di calcio è stata stabilita in un range che va dal 76,6% al 90,03% della propria FCmax, verrebbe riconfermato quanto affermato in precedenza rispetto all' intensità media durante una partita ⁽¹⁴⁾.

Osservando le distanze percorse a diverse velocità durante una partita di calcio (Fig. 2) si conferma la natura intermittente del calcio ⁽¹⁸⁾. Un giocatore passa dal 41,8% al 45% del tempo a camminare ($\approx 6\text{km/h}$), circa il 20% a stare fermo, dal 17% al 19% in una fase di jogging ($\approx 8\text{km/h}$) e dal 3,7% al 2,9% del tempo a correre all'indietro. In riferimento a ritmi di corsa differenti e più elevati come bassa velocità ($\approx 12\text{km/h}$), moderata velocità ($\approx 15\text{km/h}$), alta velocità ($\approx 18\text{km/h}$) e sprint ($\approx 30\text{km/h}$), queste si attestano rispettivamente: al 9,5%, dal 3,8% al 4,5%, dal 2% al 3%, e dall'1% al 1,4% del tempo totale di una partita ⁽¹⁵⁾.

	Standing	Walking	Jogging	Low-speed running	Backwards running	Moderate-speed running	High-speed running	Sprinting	Total
Frequency (n)									
Top-class	163 ± 6	379 ± 10*	316 ± 15	198 ± 8	73 ± 4*	109 ± 7*	69 ± 5*	39 ± 2*	1346 ± 34*
Moderate	163 ± 10	398 ± 12	321 ± 13	185 ± 8	60 ± 4	96 ± 5	49 ± 3	26 ± 1	1297 ± 27
Mean duration (s)									
Top-class	7.0 ± 0.4	6.4 ± 0.3	3.0 ± 0.1	2.6 ± 0.0	2.7 ± 0.1	2.2 ± 0.0	2.1 ± 0.0	2.0 ± 0.0	3.5 ± 0.1
Moderate	7.1 ± 0.4	6.4 ± 0.3	3.1 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.4 ± 0.0	2.2 ± 0.0	1.9 ± 0.0	3.6 ± 0.1
% of total time									
Top-class	19.5 ± 0.7	41.8 ± 0.9	16.7 ± 0.9*	9.5 ± 0.4	3.7 ± 0.3*	4.5 ± 0.3*	2.8 ± 0.2*	1.4 ± 0.1*	100.0
Moderate	18.4 ± 1.5	43.6 ± 0.8	19.1 ± 0.9	9.4 ± 0.4	2.9 ± 0.2	3.8 ± 0.3	1.9 ± 0.1	0.9 ± 0.1	100.0

*Significant difference ($P < 0.05$) between top-class and moderate players.

Fig. 2 Frequenza, durata media e percentuale di tempo passata a determinate velocità per atleti top-class e giocatori di moderato livello ⁽¹⁵⁾.

Molti autori hanno trattato le azioni ad alta intensità durante una partita di calcio, tra questi Vilamitjana e altri, che sono andati più nello specifico analizzando le attività poco fa introdotte in base al ruolo ricoperto durante l'evento. Osservando la Figura 2 (Fig. 3) si può notare come terzini e fasce siano i ruoli che eseguono più metri per ogni minuto di partita ad alta intensità, le fasce svolgono il maggior numero di metri di sprint al minuto, gli attaccanti eseguono il maggior numero di sprint e movimenti ad alta intensità, i terzini hanno la maggior FC media durante la partita e infine tutti i ruoli (difensori centrali, terzini, centrocampisti e attaccanti) meno che le fasce, raggiungono FC massimali maggiori di 190 battiti per minuti (bpm). ⁽¹⁶⁾

Variable	Central defenders	Wide defenders	Midfielders	Wings	Forwards
HILR (m/min)					
1-3-4-3	15.5 ± 1.3	23.8 ± 4.7	18.1 ± 3.7	23.5 ± 2.0	17.9 ± 2.0
1-4-2-1-3	18.0 ± 1.3	23.7 ± 2.5	20.1 ± 3.1*	23.9 ± 1.7	23.6 ± 0.7*
HSSL (m/min)					
1-3-4-3	4.4 ± 0.9	8.1 ± 2.0	5.0 ± 1.3	9.4 ± 2.0	6.4 ± 1.0
1-4-2-1-3	6.0 ± 1.4	8.7 ± 1.1	5.2 ± 1.2	10.1 ± 1.2	10.7 ± 1.9*
#HIR (runs)					
1-3-4-3	19.8 ± 4.3	25.0 ± 2.7	17.0 ± 4.9	20.2 ± 0.8	28.0 ± 5.1
1-4-2-1-3	19.0 ± 1.8	25.1 ± 2.7	18.1 ± 3.4	25.7 ± 1.8*	26.9 ± 2.7
#SPR (runs)					
1-3-4-3	4.2 ± 1.1	7.2 ± 1.7	3.7 ± 2.4	5.4 ± 0.8	9.1 ± 3.7
1-4-2-1-3	5.1 ± 0.7	7.7 ± 1.2	3.9 ± 1.3	8.6 ± 1.0*	11.1 ± 2.5*
Mean HR (beats/min)					
1-3-4-3	167.4 ± 9.4	176.1 ± 6.1	170.9 ± 6.5	160.1 ± 12.7	172.1 ± 3.3
1-4-2-1-3	169.8 ± 6.3	174.1 ± 7.9	174.0 ± 7.2	160.6 ± 14.1	171.4 ± 3.0
Maximal HR (beats/min)					
1-3-4-3	190.4 ± 8.8	196.7 ± 3.4	193.7 ± 5.4	185.2 ± 4.4	194.9 ± 4.0
1-4-2-1-3	191.6 ± 7.5	195.4 ± 3.7	195.6 ± 3.9	182.2 ± 8.4	197.2 ± 3.9

Note. HILR = high intensity load rate; HSSL = high speed running/sprints load rate; #HIR = number of high intensity runs; #SPR = number of sprints; HR = heart rate. * $p < .05$.

Fig. 3. Media dei parametri ad alta intensità (FC, Sprint e corsa) di differenti formazioni rispetto al ruolo del giocatore (16).

Valutando ancora più nello specifico alcune fasi di sprint in una partita di calcio professionistico lo studio di Andrzejewski e altri del 2013, che ha preso in esame nello specifico le fasi di sprint di 147 atleti d'élite partecipanti la UEFA Europa League nel 2008-9 e nel 2010-11, ha portato interessanti spunti e risultati. In particolare, è stato evidenziato come durante un evento professionistico gli atleti svolgano una media di 237 ± 123 metri di sprint (≥ 24 km/h), valore che varia in base al ruolo dei giocatori (in particolare gli attaccanti è stato notato come coprano le maggiori distanze totali ad alte velocità, pari a 345 ± 29 metri). Il numero di azioni ad alta velocità svolte dai giocatori si sono rivelate solo per il $7 \pm 9\%$ di una distanza compresa tra 0-10 metri, la maggior parte degli sprint si svolgevano per distanze maggiori di 10m, fino a poco più di 20m; 10,1-20m erano il $48 \pm 16\%$ del totale, >20 m erano il $45 \pm 17\%$ del totale. Onde evitare si pensi che il calcio sia fortemente influenzato da sprint di lunga durata, gli autori hanno suddiviso il numero totale di azioni ad alta velocità anche in base alla durata delle stesse, suddividendole in 'Short' (S) e 'Long' (L) rappresentanti rispettivamente sprint < 5 secondi e > 5 secondi. L'analisi ha evidenziato come le attività 'L' siano un numero ridotto, andando da $1,7 \pm 1,6$ a $0,5 \pm 0,6$. Differente invece per gli sprint Short i quali sono stati dai $14,4 \pm 4,4$ a $7,9 \pm 3,7$, evidenziando dunque come azioni brevi ad alta intensità siano molto più frequenti rispetto a sprint di lunga durata (Fig. 4) (17).

	ED (n = 35)	CD (n = 39)	CM (n = 35)	EM (n = 20)	F (n = 18)
Total number of sprints	12.0 ± 4.9	8.7 ± 3.9	8.6 ± 4.3	14.9 ± 4.9	15.9 ± 5.1
Short-duration sprints (S)	10.3 ± 4.3	7.9 ± 3.7	8.1 ± 4.2	13.6 ± 4.1	14.4 ± 4.4
Long-duration sprints (L)	1.7 ± 1.6	0.8 ± 1.0	0.5 ± 0.6	1.3 ± 1.2	1.5 ± 1.6

*Differences in total number of sprints between all positions: F = EM > CD = CM ($p < 0.05$). Differences found for short-duration sprints (S): F = EM > CM = CD ($p < 0.05$) and long-duration sprints (L): ED > CM ($p < 0.05$). ED, external defenders; CD, central defenders; CM, central midfield players; EM, external midfield players; F, forwards.

Fig. 4. Numero di sprint in relazione al ruolo ricoperto durante una partita di calcio (17).

In totale un calciatore svolge tra le 1000 e le 1400 azioni di breve durata ad alta intensità, tra le quali è compresa la locomozione (sprint e alta intensità) ma anche i contrasti, i cambi di direzione, i salti per colpire di testa (la maggior parte di queste azioni avvengono quando il giocatore non è a contatto con la palla) ^(14,18). Prieto e altri, in un loro studio del 2022, evidenziano ulteriormente come le attività esplosive e ad alta intensità abbiano sempre più importanza nel calcio, anche a livello giovanile, e differenzino un giocatore di talento e altamente performante, da uno di livello inferiore. In questa tipologia di movimenti, viene inoltre evidenziato, come abbiano solitamente inizio da situazioni di bassa intensità o addirittura da momenti precedentemente statici ⁽¹⁹⁾.

Nell'uso comune e fruibile al pubblico, il dato che maggiormente viene accolto come uno dei maggiori indicatori di performance durante una partita di calcio è il possesso palla di squadra, (PPS) ossia il tempo che la palla è rimasta controllata dalla squadra rispetto alla durata totale dell'evento. Essendo il possesso palla un elemento fondamentale per poter effettuare azioni offensive, la sua importanza è facilmente deducibile. Le squadre più performanti sembrano essere, sia quelle con il maggior possesso palla, sia quelle con elevate condivisioni del possesso tra i singoli giocatori (conseguenti di un passaggio del pallone da un giocatore ad un altro).

Grazie ad uno studio di Link e Hoernig del 2017, è emerso che, mediamente, un giocatore mantiene il possesso della palla per $1:2 \pm 1:13$ minuti, durante un'intera partita di calcio. In particolare, il giocatore che ha per più tempo la palla in proprio controllo è il portiere con $1:38 \pm 0:58$ minuti, mentre i giocatori con meno tempo di possesso individuale risulterebbero essere gli attaccanti centrali (comunemente detti 'punta') con $0:49 \pm 0:43$ minuti totali ⁽²⁰⁾.

Negli studi che hanno analizzato il PPS durante una partita si può trovare una comune divisione in tre categorie, in base alla durata: 0-5 secondi, 5-12 secondi, >12 secondi. È stato osservato come il 38.8% del PPS avesse una durata di 5-12 secondi, mentre il 37,3% durava più di 12 secondi (nel primo campionato spagnolo, La Liga). Ovviamente questo dipende dalle preferenze e caratteristiche tecnico-tattiche del campionato. Nella EPL, i tempi di possesso palla sono compresi maggiormente tra i 5-12 secondi, facendo supporre come nel campionato inglese siano preferibili attacchi diretti, piuttosto che un giro palla sostenuto ⁽²¹⁾.

Ad approfondire l'aspetto del possesso palla troviamo lo studio di Sarmiento e altri, nel quale, analizzando i primi campionati di: Inghilterra, Italia, Germania e Spagna, hanno riportato come un aumento di anche solo 1 secondo nella durata dell'azione offensiva riduca del 2% le probabilità di successo e un passaggio extra riduca di addirittura il 7% la riuscita dell'azione ⁽²²⁾.

2.2 Utilità della pliometria nel calcio

Diversi studi hanno evidenziato come un giocatore professionista mantenga il possesso della palla per massimo circa due minuti durante una partita, questo impone un'altra ovvia verità; la maggior parte del tempo i giocatori non toccano il pallone, questo evidenzia dunque l'importanza dei restanti giocatori nello sviluppo e nel risultato di una partita. Inoltre, è stato notato come gli sprint e le corse ad alta intensità siano fattori chiave nella prestazione del calciatore militante nel primo campionato inglese ^(20, 23).

Uno studio del 2012 di Faude e altri ha analizzato 360 video di goal del primo campionato tedesco nella stagione 2007/2008 osservando come l'83% delle reti fosse preceduta da un'azione di potenza (sprint, salti, rotazioni, cambi di direzioni o combinazioni di queste). Nello specifico gli sprint in linea retta hanno contribuito al 45% dei goal, i salti al 16%, i cambi di direzione e le rotazioni al 6% ciascuno. Inoltre, è stato chiarito come, chi segnasse, eseguisse la maggior parte degli sprint senza la palla e senza un avversario che lo marcasse. I giocatori che, invece, avevano effettuato l'assist avevano eseguito la stessa gerarchia di azioni di potenza, dalla più alla meno comune, di coloro che poi avevano segnato, con la differenza che la maggior parte degli sprint lineari erano stati effettuati con la palla in possesso dell'atleta. Evidenziando, dunque, come potenza e velocità siano fattori decisivi nel professionismo (Fig. 5) ⁽²⁴⁾.

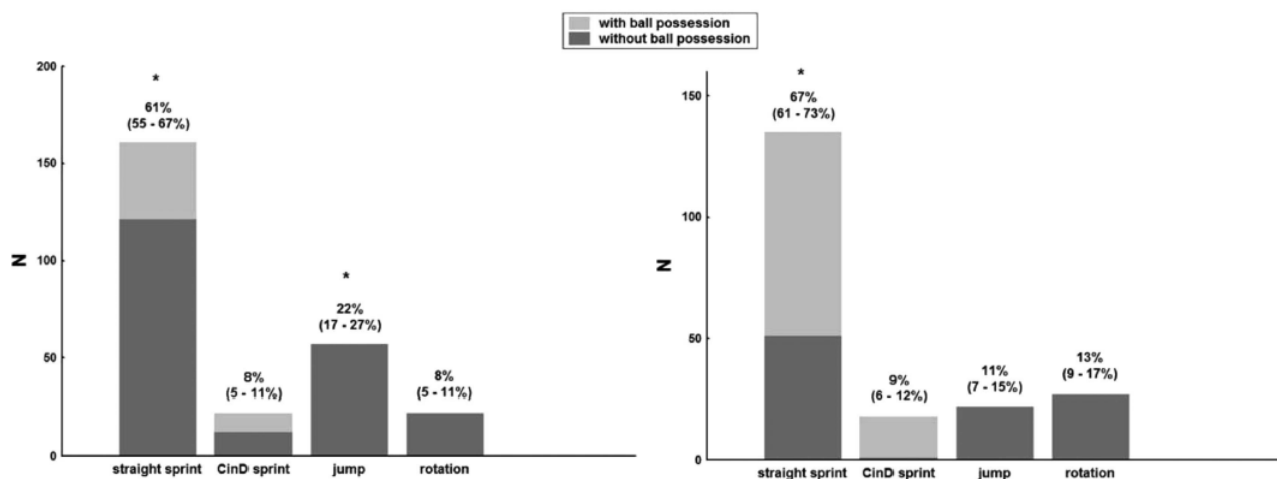


Fig. 5 Frequenza di azioni di potenza con e senza palla durante palle goal in chi effettua il goal (sinistra) e chi effettua l'assist (destra) ⁽²⁴⁾.

A riconferma di quanto precedentemente detto, un altro studio ha analizzato lo stesso tema di Faude e altri, con una differenza principale: i soggetti dell'analisi erano di sesso femminile. Sa questo è emerso come la maggior parte dei goal avvengano a seguito di uno sprint lineare, sia da parte di colei che conclude, sia di colei che effettua l'assist (rispettivamente $38,2\% \pm 3,4\%$ e $35,1 \pm 4,3\%$). In aggiunta, è stato osservato che, rapide decelerazioni hanno portato al $20,3\% \pm 2,8\%$ dei goal. Come differenze, invece, si possono riportare il solo contributo alle reti del $3,3\% \pm 1,2\%$ dei salti e il

notevole $18\% \pm 2,7\%$ e $11,8\% \pm 2,2\%$ delle reti segnate rispettivamente attraverso rotazioni e cambi di direzione. Oltre a riconfermare l'importanza precedentemente esposta nello studio maschile, Martinez-Hernandez e altri evidenziano così l'importanza dell'esplosività multidirezionale nella finalizzazione in porta ⁽²⁵⁾.

Tra le tante abilità importanti nel calcio, una di queste è il calciare il pallone, non per altro in italiano da il nome allo sport stesso. Seppur questa abilità sia la più usata durante una partita, per ovvie ragioni, è anche vero che i fattori determinanti per la sua performance sono l'accuratezza e la velocità di calciata del pallone. A parità di accuratezza, la palla che sarà più veloce avrà più probabilità di fare goal, in quanto il portiere avrà meno tempo per reagire. Calciare un pallone è un'abilità complessa dipendente da fattori tecnici, biomeccanici, fisiologici, neuromuscolari e di forza. L'utilizzo da parte del giocatore dell'arto dominante o non dominante per eseguire il gesto incide sulla velocità della palla. È stato osservato come, la massima velocità di calcio è significativamente correlata con la performance di salto verticale, ma solo per quanto riguarda l'arto dominante. Quest'ultimo dato suggerisce come entrambi i gesti utilizzino muscoli comuni ⁽²⁶⁾.

Diversi studi hanno riportato aumenti nella performance calcistica a seguito di programmi di allenamento volti alla forza massima, isocinetica, mista con inclusione della tecnica ed esplosiva. In merito all'ultima citata, uno studio del 2009 di Sedano e altri sembra aver trovato una correlazione positiva tra la forza esplosiva e la velocità di calcio del pallone (Fig. 6) ⁽²⁷⁾.

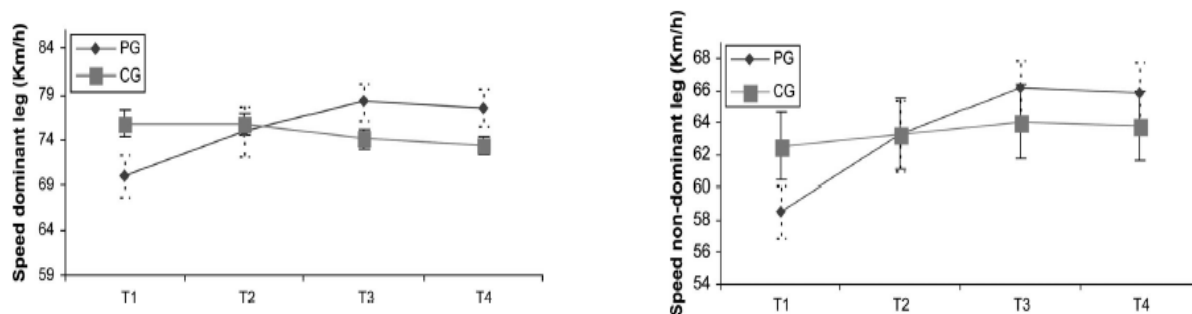


Fig. 6 Differenza nella velocità di calcio del pallone dopo programma di allenamento di forza max ed esplosivo in arto dominante (sinistra) e non (destra) ⁽²⁷⁾.

Ai calciatori sono richieste spesso azioni come sprint e decelerazioni, le quali includono cambi di direzione (COD) (solitamente queste hanno inizio mentre l'atleta si muove a bassa intensità oppure è relativamente fermo sul posto). Spesso si parla di COD e agilità usandoli come sinonimi, seppur siano due concetti diversi; l'agilità è la abilità che include compiti psicocinetici di azione-reazione (considerati open skill), i COD sono compiti pre-pianificati che non includono fattori psicocinetici (closed skill). I COD prettamente detti li ritroviamo in una partita di calcio, nello specifico in quelle situazioni dove la strategia di squadra prevede azioni predeterminate nelle quali i COD diventano

fattori determinanti per la finalizzazione. Velocità e potenza di un giocatore sono capacità condizionali importanti per migliorare i COD, predittori della performance di quest'abilità sono: la capacità di salto e lo sprint lineare ⁽¹⁹⁾.

Gli sport da campo di squadra impongono ai giocatori alte richieste di potenza generabile dagli arti inferiori. Durante un cambio di marcia improvviso, la richiesta muscolare aumenta notevolmente. La potenza degli arti inferiori si è rivelata relazionabile, sia all'accelerazione iniziale, sia alla velocità massima, durante uno sprint lineare massimale. Pur vero che, durante una partita, raramente i giocatori eseguono solo sprint in linea retta; in particolare nel calcio i giocatori eseguono più di 600 cambi di direzione durante i novanta minuti giocati. Come per lo sprint lineare, la potenza degli arti inferiori è già stata descritta come una componente importante dell'agilità e dei COD. Solitamente, la forza degli arti inferiori è misurata tramite test indiretti di salto quali: countermovement jump (CMJ) e standing broad jump (SBJ) ⁽²⁸⁾.

Tipologie di salto, che includono le componenti sia verticali che orizzontali di forza reattiva al suolo, predirebbero in modo più preciso la abilità di COD ⁽²⁹⁾.

Diversi studi hanno analizzato gli effetti dell'allenamento pliometrico, sia su diverse componenti presenti all'interno del gioco del calcio, sia sulle performance fisiche in generale ^(30, 35, 36).

Nurper Ozbar, nel suo studio del 2015, ha analizzato gli effetti di un allenamento pliometrico su varie componenti fisiche in giocatrici di calcio femminile universitarie. Nello studio citato, l'allenamento pliometrico era somministrato in due sedute settimanali per dieci settimane ad atlete con già pregressa esperienza nella suddetta tipologia di allenamento. Il protocollo prevedeva un gruppo di controllo e un gruppo sperimentale; quest'ultimo eseguiva il programma pliometrico a cui veniva applicato un pressoché lineare e graduale aumento, sia dell'intensità, sia del volume ogni due settimane, il primo gruppo, al contrario, non eseguiva nessun protocollo pliometrico. Alla fine del programma, le giocatrici hanno rieseguito i test di sprint (10-20-30m), CMJ, SBJ, potenza di picco (PP), velocità di calcio del pallone (KS). Il gruppo sperimentale ha visto aumenti significativi in ogni test (Fig. 7) ⁽³⁰⁾.

Test	Group	Pretest		Posttest		Differences		Within group, p	Between group, p
10-m Sprint, s	PG	2.3±	0.7	2.0±	0.1	-0.3±	0.2	0.005*	0.011*
	CG	2.2±	0.3	2.2±	0.2	-0.1±	0.2	0.674	
20-m Sprint, s	PG	3.8±	0.3	3.4±	0.2	-0.3±	0.2	0.005*	0.002*
	CG	3.8±	0.4	3.8±	0.4	-0.0±	0.2	0.721	
30-m Sprint, s	PG	5.3±	0.4	4.8±	0.2	-0.5±	0.3	0.005*	0.011*
	CG	5.4±	0.4	5.3±	0.4	-0.1±	0.1	0.005*	
Countermovement jump, cm	PG	40.1±	1.9	48.6±	1.6	8.5±	2.2	0.005*	0.000*
	CG	39.7±	1.8	42.3±	1.9	2.6±	0.5	0.004*	
Standing broad jump, cm	PG	182.5±	12.4	193.5±	12.6	11.0±	2.8	0.005*	0.000*
	CG	174.9±	3.7	179.2±	3.6	4.2±	0.9	0.004*	
Dominant leg kicking speed km/h	PG	83.2±	5.9	91.4 ±	7.7	8.2±	3.2	0.005*	0.000*
	CG	79.2±	3.6	82.9±	4.6	3.7±	1.1	0.003*	
Nandominant leg kicking speed km/h	PG	71.0±	4.2	79.5±	5.3	8.5±	2.1	0.005*	0.000*
	CG	71.1±	4.0	74.7±	3.5	3.5±	1.3	0.004*	
Peak power, W	PG	3438.9±	497.3	3894.5±	470.7	455.6±	119.2	0.005*	0.000*
	CG	3236.6±	388.8	3375.9±	382.9	139.4±	27.7	0.004*	

*p<0.005

Fig. 7 Variazione nella performance test e re-test dopo il completamento del programma pliometrico nel gruppo di controllo e sperimentale ⁽³⁰⁾.

Sempre in riferimento al calcio femminile, una metanalisi del 2021 di Pardos-Mainer e altri, ha comparato l'allenamento pliometrico con quello di forza massima, in riferimento alle capacità di salto verticale, COD e sprint lineare. Dopo un'approfondita scrematura di 1737 studi fino alla risultante di 12 studi effettivi, poi analizzati, è stato concluso che l'allenamento pliometrico (PT) può essere utilizzato, invece dell'allenamento della forza (ST), per migliorare le performance di salto verticale, sprint lineare e COD. Nello specifico: PT sembra più efficace dello ST per migliorare il salto verticale, inoltre PT porta a maggiori benefici nell'incremento dello sprint lineare rispetto allo ST con elevata specificità del PT (lo stesso risultato è stato espresso nei confronti dei COD). Questo perché PT utilizza salti ad alta velocità (poco tempo di contatto al suolo) multidirezionali (questa caratteristica è rappresentativa della maggior parte dei movimenti eseguiti in questo sport) ⁽³¹⁾.

Un altro studio al femminile del 2018 di Campillo e altri, ha analizzato, invece, gli effetti di un programma pliometrico di pari volume per sessione, con incremento del numero totale di contatti al suolo durante le settimane (ultima di tapering). Un gruppo eseguiva il protocollo solo una volta a settimana (PJT1), l'altro 2 volte a settimana (PJT2), in aggiunta era previsto un gruppo di controllo per comparare i risultati (il programma era svolto durante i centoventi minuti del normale allenamento in campo).

Come riportato nella Fig. 8 entrambi i gruppi sperimentali hanno ottenuto miglioramenti nel salto verticale (CMJ, DJ20), nella velocità di calcio del pallone, nello sprint lineare di quindici metri, nell'abilità di Cambio di direzione (CODA), nell'Intermittent Recovery 1 Yo-Yo test. Tuttavia non sono state trovate differenze significative tra il gruppo PJT1 e PJT2, questo fa supporre come un solo

allenamento a settimana per otto settimane combinato all'allenamento sport specifico sia sufficiente per portare ad incrementi prestazionali in giocatrici di calcio amatoriali ⁽³²⁾.

	Control (n = 7)		PJT-1 (n = 8)		PJT-2 (n = 8)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Countermovement jump (cm)	28.8 ± 4.9	29.9 ± 5.1	28.5 ± 6.9	31.5 ± 7.5 ^Y	27.4 ± 4.3	30.1 ± 4.7 ^Y
20-cm drop jump (cm)	28.7 ± 4.3	29.3 ± 4.6	27.2 ± 5.9	30.9 ± 7.8 ^Y	27.7 ± 5.8	31.3 ± 6.6 ^Y
Maximal kicking velocity (km.h ⁻¹)	67.3 ± 7.2	68.9 ± 7.5	65.1 ± 9.0	70.6 ± 8.9 ^Y	63.0 ± 9.5	68.9 ± 11.0 ^Y
15-m sprint time (s)	3.42 ± 0.2	3.45 ± 0.2	3.28 ± 0.1	3.01 ± 0.1 ^Y	3.43 ± 0.1	3.10 ± 0.1 ^Y
Change of direction speed time test (s)	4.96 ± 0.2	4.95 ± 0.4	4.94 ± 0.2	4.57 ± 0.2 ^Y	5.12 ± 0.3	4.74 ± 0.3 ^Y
Yo-Yo intermittent recovery test (m)	606 ± 175	612 ± 179	573 ± 237	628 ± 244 ^Y	630 ± 192	690 ± 203 ^Y

Fig. 8 Valori medi pre e post test dei 3 gruppi di studio: controllo, PJT1 e PJT2. (Y= differenza significativa pre-post ($p < 0,01$)) ⁽³²⁾.

Un altro studio del 2018 i Bianchi e altri ha analizzato la variazione di frequenza, quindi di volume settimanale, rispetto ad un programma pliometrico svolto in concomitanza con l'allenamento in campo di giovani calciatori professionisti Svizzeri (settore giovanile). Lo studio ha incluso 23 soggetti, suddivisi in due gruppi, uno ad alto volume (HPG) che svolgeva il protocollo comune due volte a settimana, il secondo gruppo a basso volume (LPG) invece utilizzava una frequenza di una volta a settimana. Il protocollo prevedeva 108 contatti al suolo per sessione.

I test, rieseguiti alla fine di 8 settimane di somministrazione del protocollo, prevedevano: salto in lungo da fermo, salto in lungo triplo ad una gamba (entrambi gli arti testati), sprint sui 10, 20, 30 e 40 metri, 505 COD test. Entrambi i gruppi hanno riportato miglioramenti significativi in tutti i test, anche se non sono state riscontrate differenze tra i due gruppi, nonostante la differenza di frequenza e dunque volume (Fig. 9) ⁽³³⁾.

Variable	Baseline	Follow-up	Delta difference	P level	ES	Variable	Baseline	Follow-up	Delta difference	P level	ES
	Mean ± SD	Mean ± SD	(90% CI)		(interpretation)		Mean ± SD	Mean ± SD	(90% CI)		(interpretation)
LPG						HPG					
Long jump	2.33 ± 0.15	2.48 ± 0.21	0.15	0.030	1.0	Long jump	2.18 ± 0.14	2.30 ± 0.17	0.12	0.040	0.77
(cm)			(0.07; 0.27)		(moderate)	(cm)			(0.04; 0.20)		(moderate)
Triple hop right	7.02 ± 0.72	7.25 ± 0.56	0.23	0.022	0.32	Triple hop right	6.81 ± 0.52	6.96 ± 0.59	0.15	0.021	0.28
(m)			(0.12; 0.34)		(small)	(m)			(0.05; 0.30)		(small)
Triple hop left	6.90 ± 0.60	7.18 ± 0.66	0.28	0.031	0.46	Triple hop left	6.75 ± 0.70	6.96 ± 0.68	0.2	0.015	0.32
(m)			(0.07; 0.48)		(small)	(m)			(0.08; 0.33)		(small)
Sprint 10 m (s)	1.84 ± 0.08	1.79 ± 0.08	-0.04	0.003	0.62	Sprint 10 m (s)	1.85 ± 0.07	1.77 ± 0.08	-0.07	0.004	1.0
			(-0.02; -0.07)		(moderate)				(-0.02; -0.12)		(moderate)
Sprint 30 m (s)	4.25 ± 0.15	4.19 ± 0.15	-0.05	0.014	0.4	Sprint 30 m (s)	4.36 ± 0.16	4.26 ± 0.15	-0.09	0.007	0.64
			(-0.02; -0.09)		(small)				(-0.04; -0.14)		(moderate)
Sprint 40 m (s)	5.48 ± 0.24	5.27 ± 0.27	-0.21	0.029	0.87	Sprint 40 m (s)	5.52 ± 0.18	5.46 ± 0.17	-0.06	0.004	0.39
			(-0.05; -0.04)		(moderate)				(-0.03; -0.09)		(moderate)
505 COD test	4.78 ± 0.12	4.69 ± 0.17	-0.08	0.197	0.75	505 COD test	4.83 ± 0.16	4.73 ± 0.16	-0.10	0.039	0.64
(s)			(0.03; -0.19)		(moderate)	(s)			(-0.14; -0.01)		(moderate)

Fig. 9 Media test e re-test rispettivamente prima e dopo 8 settimane di allenamento pliometrico nei gruppi LPG e HPG ⁽³³⁾.

Per quanto, inizialmente, potrebbe sembrare controintuitivo è stato osservato da diversi studi come la potenza muscolare possa aumentare le performance di resistenza alla corsa ^(34, 35, 36). In particolare, Lum e altri nel 2017 hanno analizzato gli effetti di sei settimane di allenamento intermittente di sprint (IST) e di un training pliometrico (PT); questo suddividendo 14 corridori allenati che corressero almeno tre volte a settimana per un totale di più di venti chilometri settimanali. A raccolta dati conclusa, gli autori hanno osservato come non ci fossero differenze significative tra i due gruppi ma, come entrambi avessero migliorato il picco di potenza sia relativo che assoluto (quest'ultimo non ha trovato una correlazione significativa con il tempo sui 10 chilometri).

Il picco relativo ha mostrato invece una correlazione moderata con il tempo di percorrenza dei 10km, portando dunque gli autori a concludere, che sia IST, sia PT portassero ad aumenti prestativi nelle corse su lunga distanza, grazie all'incremento di potenza muscolare, sottolineando come le variabili fisiologiche e biomeccaniche non avessero ottenuto miglioramenti (Fig. 10). Gli autori ipotizzano che questo sia avvenuto grazie ad un incremento prestativo del SSC che, se non contribuisse attivamente alla corsa, porterebbe ad un 30%-40% di maggior consumo di ossigeno durante la corsa ⁽³⁴⁾.

Variables	Intermittent sprint training				Plyometric training			
	Pre	Post	<i>p</i>	<i>d</i>	Pre	Post	<i>p</i>	<i>d</i>
Weekly training mileage (km)	32.7 ± 15.8	28.8 ± 16.1	0.03	0.3	26.1 ± 8.6	20.4 ± 11.3	0.004	0.6
10-km time trial timing (min)	53.95 ± 8.60	51.95 ± 7.93	0.03	1.4	50.47 ± 6.75	48.35 ± 7.10	0.03	1.3
Physiological variable								
<i>VO_{2max}</i> (mL/kg/min)	53.9 ± 7.4	54.6 ± 6.7	0.47	<0.1	54.4 ± 5.0	53.7 ± 6.7	0.56	0.1
<i>HR_{max}</i> (bpm)	185 ± 6	188 ± 11	0.86	0.2	183 ± 11	185 ± 12	0.69	0.1
<i>Speed at LT₂</i> (km/h)	12.2 ± 1.5	12.3 ± 1.5	0.31	<0.1	12.4 ± 1.0	12.4 ± 1.0	0.92	<0.1
<i>RE</i> (mL/kg/min)								
10km/h	38.5 ± 3.3	37.3 ± 3.1	0.33	0.2	37.9 ± 2.1	36.8 ± 1.7	0.42	0.3
12km/h	45.1 ± 3.4	44.7 ± 4.1	0.86	0.2	45.3 ± 1.8	44.6 ± 2.3	0.41	0.3
<i>HR</i> (bpm)								
10km/h	152 ± 15	152 ± 16	0.81	<0.1	152 ± 18	151 ± 18	0.51	<0.1
12km/h	171 ± 14	169 ± 14	0.46	0.1	161 ± 15	163 ± 13	0.35	0.1
<i>BLa</i> (mmol)								
10km/h	2.6 ± 1.2	2.5 ± 1.2	0.50	<0.1	2.5 ± 1.4	2.2 ± 1.0	0.09	0.3
12km/h	5.2 ± 2.8	4.5 ± 2.3	0.32	0.2	4.5 ± 2.4	3.5 ± 1.3	0.10	0.5
Biomechanical variable								
<i>FT</i> (s)								
10km/h	0.043 ± 0.027	0.043 ± 0.028	0.97	<0.1	0.042 ± 0.014	0.044 ± 0.013	0.18	0.2
12km/h	0.065 ± 0.030	0.069 ± 0.024	0.18	0.2	0.062 ± 0.001	0.063 ± 0.006	0.62	<0.1
<i>CT</i> (s)								
10km/h	0.293 ± 0.021	0.294 ± 0.018	0.59	<0.1	0.300 ± 0.011	0.300 ± 0.018	0.52	<0.1
12km/h	0.268 ± 0.018	0.267 ± 0.029	0.88	<0.1	0.263 ± 0.009	0.260 ± 0.012	0.41	0.1
<i>K_{leg}</i> (kN/m)								
10km/h	6.43 ± 1.71	6.15 ± 1.19	0.21	0.2	5.21 ± 0.50	5.18 ± 0.47	0.88	0.1
12km/h	6.87 ± 1.64	6.79 ± 1.28	0.41	0.2	6.12 ± 0.45	6.12 ± 0.20	0.98	<0.1
<i>K_{vert}</i> (kN/m)								
10km/h	12.70 ± 3.21	11.93 ± 2.32	0.12	0.2	10.01 ± 1.03	10.09 ± 1.18	0.85	<0.1
12km/h	16.47 ± 4.10	15.81 ± 2.20	0.41	0.2	14.14 ± 1.20	14.18 ± 1.21	0.96	<0.1
Muscle power								
<i>Peak power</i> (W)	3274 ± 133	3368 ± 136	0.002	0.7	3100 ± 269	3287 ± 247	0.01	0.7
<i>Relative peak power</i> (W/kg)	48.1 ± 6.7	49.5 ± 6.9	0.007	0.2	48.9 ± 5.8	51.7 ± 5.4	0.01	0.5
<i>Jump height</i> (m)	0.44 ± 0.05	0.45 ± 0.05	0.61	0.3	0.40 ± 0.03	0.41 ± 0.02	0.44	0.4

Note: Values in bold means significant difference.

Abbreviations: BLa = blood lactate; CT = contact time; FT = fight time; HR_{max} = maximal heart rate; K_{leg} = leg stiffness; K_{vert} = vertical stiffness; LT₂ = lactate threshold 2; RE = running economy; VO_{2max} = maximal oxygen uptake.

Fig. 10 Km settimanali, tempo 10km, variabile fisiologiche, biomeccaniche e di potenza muscolare⁽³⁴⁾.

Campillo e altri in due studi del 2015 dove hanno applicato protocolli pliometrici che prevedevano l'esecuzione; in uno di esercizi mono podalici, bi podalici o entrambi (3 gruppi + 1 di controllo), nel secondo studio di salti verticali, orizzontali o entrambi (3 gruppi + 1 di controllo), hanno riportato che i gruppi applicanti i protocolli pliometrici hanno ottenuto significativi miglioramenti a livello di forza esplosiva e quindi di performance in sprint, COD e nel YO-YO IRT1 test.

Gli autori hanno concluso sottolineando in entrambi gli studi come la combinazione nella modalità di esecuzione degli esercizi potesse portare a maggiori influenze positive nelle performance dei giovani calciatori, essendo il calcio uno sport multidirezionale. Questo suggerisce che l'allenamento pliometrico potrebbe ottenere beneficio attraverso l'incorporazione di altre modalità quali sprint, resistenza, tecnica e tattica^(35, 36).

In ultima, la metanalisi del 2023 di Junlei Lin e altri circa la correlazione tra salto orizzontale e le performance di uno sprint in linea retta sui 100m, ha portato a risvolti interessanti applicabili probabilmente anche al calcio. Lo studio aveva, come soggetti, individui almeno maggiorenni, ben allenati (professionisti e non) provenienti da 27 studi scelti dopo un'accurata selezione di 2815 studi.

Gli autori, dopo l'analisi dei dati, hanno concluso come le performance dello Standing Long Jump avessero una correlazione negativa elevata circa la massima velocità di sprint. Importante, circa l'oggetto del qui presente elaborato, è evidenziare come gli autori della metanalisi hanno osservato una correlazione negativa da moderata ad elevata delle prestazioni nel salto in lungo con la fase di accelerazione di uno sprint (0-30m) (come da grafico osservabile in Fig. 11) ⁽³⁸⁾.

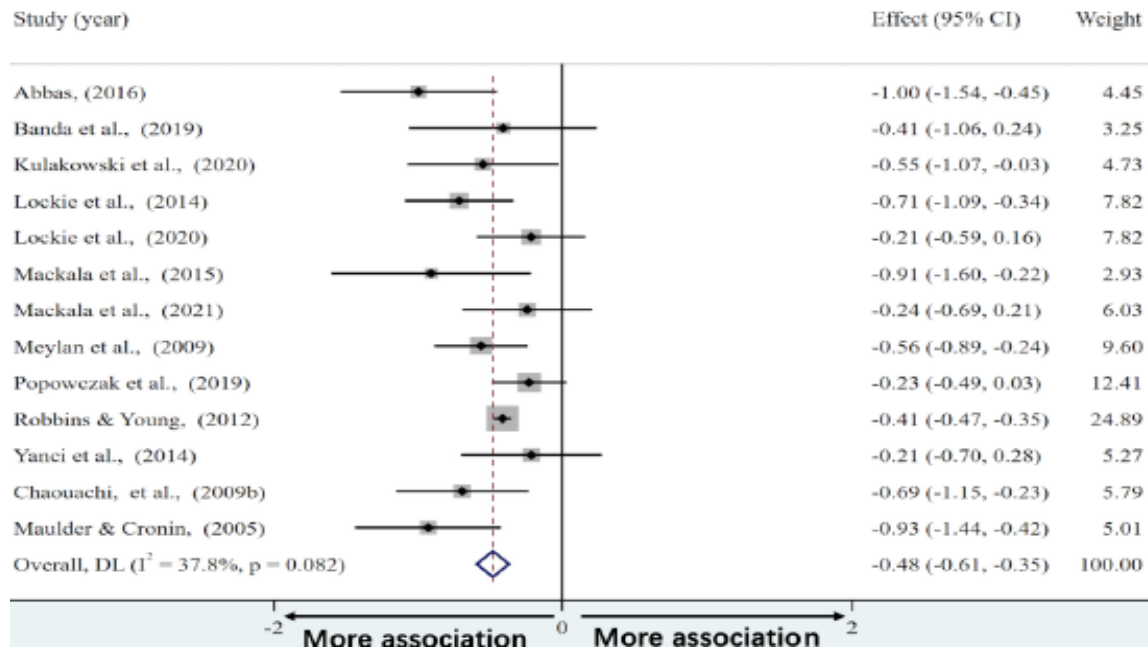


Fig. 11 Relazione tra Standing Long Jump e fase di accelerazione nello sprint sui 100m (38).

Capitolo 3: Studio

3.1 Obiettivo dello studio

Questo elaborato prende in analisi l'allenamento pliometrico applicato al calcio. Finora diversi autori hanno analizzato varie metodologie di allenamento, volte ad aumentare la performance atletica maschile e femminile del calciatore, rivolgendosi sia a soggetti adulti che giovani, professionisti e amatori/dilettanti ^(39, 40, 43, 44, 45).

Altrettanti studi sono stati svolti, in particolare, sull'allenamento pliometrico (balzi, solitamente svolti a corpo libero). All'atleta viene richiesto un elevato tasso di sviluppo della forza. Sebbene la letteratura scientifica sia ampia ed è ormai consolidato come l'allenamento pliometrico (PT) possa avere risvolti positivi nella performance atletica del calciatore, ancora rimangono da chiarire le modalità di somministrazione di questa metodologia ^(32,33, 35, 36, 40).

L'elaborato ha come obiettivo quello di paragonare due differenti programmi di allenamento pliometrico: il primo con un volume allenante doppio rispetto al secondo, ma allo stesso tempo con un'intensità media inferiore. La volontà dello studio è di comparare e analizzare quale delle due modalità di programmazione porta a maggiori risultati prestativi (se presenti), così da trovare la metodica più consona, da applicare in un contesto in season, tra alto volume ma bassa intensità e viceversa.

Nessuno studio in letteratura ha finora comparato due programmi di allenamento pliometrico secondo le modalità del qui presente elaborato. Nonostante ciò, alcuni studi hanno analizzato la differenza di volume, inteso come frequenza settimanale, dell'allenamento pliometrico, inoltre anche Campillo e altri hanno osservato l'effetto di un programma di balzi a basso volume ma alta intensità in season ^(32, 33, 41).

3.2 Materiali e metodi

3.2.1 Soggetti

Un totale di 17 giocatori di calcio, maschi, di età compresa tra i 19 e i 36 anni ($25 \pm 3,7$ anni), della squadra dilettantistica genovese, militante in seconda categoria, La Rabona Calcio Coronata, hanno partecipato allo studio. I calciatori hanno effettuato una fase di preparazione atletica composta da tre sedute a settimana un mese prima dell'inizio dello studio. La preparazione atletica era volta a migliorare le capacità condizionali dei soggetti, in vista della stagione sportiva. I criteri d'inclusione dello studio erano i seguenti: (I) età ≥ 18 anni, (II) aver effettuato almeno 2 settimane di preparazione atletica con lo staff tecnico prima dei test fisici, (III) assenza di condizioni fisiche che potessero incidere significativamente nello svolgimento del programma, (IV) aver completato almeno il 70% delle sedute totali della programmazione.

A conclusione del periodo di somministrazione del protocollo, il numero totale di partecipanti allo studio è diminuito a 12 soggetti, di cui gli esclusi sono rispettivamente: 3, per il non raggiungimento del minimo di sedute pliometrico e 2, per cause d'infortunio non dovute al protocollo pliometrico, quest'ultimi facenti parte del CG. La numerosità di ciascun gruppo è stata rispettivamente: 4 per il LVHI (basso volume, alta intensità), 5 per il HVLI (alto volume, bassa intensità), 3 per il CG (gruppo di controllo).

Le caratteristiche antropometriche dei giocatori sono presentate successivamente nella Tabella 4 (media \pm deviazione standard).

	Gruppi	Media + SD	p
Età	LVHI	27 \pm 6	0.315 †
	HVLI	24 \pm 3	0.791 †
	CG	23 \pm 1	
Altezza	LVHI	173 \pm 2	0.113 †
	HVLI	180 \pm 5	0.819 †
	CG	179 \pm 6	
Peso	LVHI	71 \pm 6	1.000 †
	HVLI	71 \pm 1	1.000 †
	CG	71 \pm 2	
BMI	LVHI	23 \pm 1	0.247 †
	HVLI	22 \pm 1	1.000 †
	CG	22 \pm 1	

LVHI= gruppo basso volume, alta intensità; HVLI= gruppo alto volume, bassa intensità; CG= gruppo di controllo, BMI = Body Mass Index
† Non significativa rispetto a CG ($p > 0,05$)

Tabella 4 caratteristiche antropometriche dei soggetti.

3.2.3 Design del Protocollo

Per un periodo di 9 settimane in season, i gruppi HVLI e LVHI hanno svolto i due differenti programmi pliometrici della durata di 15-20 minuti, eseguiti durante i regolari allenamenti in campo della durata di 90 minuti totali. Il gruppo LVHI ha eseguito il programma sempre preceduti da un riscaldamento, della durata di 15 minuti circa, svoltosi ed elaboratosi in accordo con lo staff tecnico della squadra (esercitazioni di attivazione, mobilità dinamica). Prima che ogni gruppo svolgesse il proprio protocollo, inoltre, sono stati realizzati esercizi preparatori alla pliometria come in accordo con le linee guida attuali ⁽³⁾. Il gruppo HVLI ha eseguito il proprio protocollo successivamente allo svolgimento di alcune esercitazioni calcistico - atletiche, nonostante questo, sono stati comunque somministrati gli otto esercizi preparatori alla pliometria: Affondi in camminata, Skip A, Skip B, Skip C, Andatura A, Andatura B, Andatura C, pogo jump in avanzamento (ogni esercizio è stato svolto per la lunghezza di 15 metri).

I tempi di recupero tra una serie e l'altra e tra un esercizio e l'altro non erano fissi ma variabili in base alle sensazioni dei giocatori, comunque entro il rapporto lavoro (recupero consigliato nel range da 1:5 a 1:10) ⁽³⁾.

Non essendo presente una pregressa esperienza nel PT, ogni seduta del programma è stata svolta sotto la supervisione del sottoscritto, con l'obiettivo di correggere e coordinare i partecipanti durante l'esecuzione delle varie esercitazioni. Quando veniva introdotto un nuovo esercizio e, all'occorrenza, a seguito di richiesta da parte dei giocatori o di visibile necessità da parte degli stessi, i soggetti sono stati istruiti sulla corretta esecuzione degli esercizi della seduta prima dello svolgimento degli stessi e, eventualmente, durante i recuperi. Inoltre, sono state date indicazioni ai giocatori di svolgere le esercitazioni con la massima intenzione possibile, intesa come la massima altezza di salto per il minimo tempo di contatto al suolo. In aggiunta, durante lo svolgimento, sono stati motivati verbalmente. Le sedute di PT sono state svolte ad una distanza di 48h l'una dall'altra.

Il gruppo CG ha invece continuato a svolgere il normale andamento delle sedute di allenamento, le quali non hanno incluso alcun tipo di esercitazione pliometrica per tutta la durata dello studio.

I due programmi di PT prevedevano volumi e intensità diversi in base al gruppo, entrambi avevano durata di nove settimane. Il gruppo LVHI prevedeva un volume totale, calcolato come contatti al suolo, a partire da 40 fino a 50, ma con intensità dell'esercizio da medie ad alte. Il gruppo HVLI seguiva un volume di allenamento doppio rispetto a LVHI ma con intensità da basse a medie.

Entrambi i gruppi svolgevano 4 esercizi per sessione, impostati secondo le indicazioni seguenti (i primi numeri fanno riferimento al gruppo LVHI, i secondi a HVLI): aumento del volume allenante

da 40/80 fino a 50/100 con cadenza settimanale, con incrementi di rispettivamente 5/10 contatti, ritornando al volume minore all'inizio della quarta settimana e proseguendo con lo schema precedente; durante l'aumento del volume, l'intensità rimaneva costante, rispettivamente media e bassa dalla prima alla terza settimana, medio (esercizi n° 1 e 2)/alta (esercizi n° 3 e 4) e bassa (esercizi n° 1 e 2)/media (esercizi n° 3 e 4) dalla quarta alla sesta settimana, infine alta e media dalla settimana alla nona settimana, il protocollo completo è riportato nella Tabella 5.

Per stabilire l'intensità degli esercizi sono state seguite le linee guida dell'eserciziario presente nel libro 'Manuale di condizionamento fisico e di allenamento della forza' dell'NSCA. Tutti e tre i gruppi sono stati sottoposti a tre test fisico-prestazionali volti a stimare la forza esplosiva e reattiva in un contesto calcistico quali: Sprint in linea retta di 20 metri (Sprint 20m), Salto in lungo da fermo con contro movimento (SBJ) e il Pro agility test 5-10-5.

	<i>Gruppo: HVLI</i>		<i>Gruppo: LVHI</i>	
	Esercizi	Serie x Rip	Esercizi	Serie x Rip
1° settimana	Two-foot ankle hop	4x10	Front barrier hop	2x5
	Squat jump	2x8	Double leg hop	2x6
	Salto in lungo da fermo	2x8	Double leg tuck jump	1x6
	Salto verticale a due gambe	1x8	Split squat jump	2x6-6
2° settimana	Two-foot ankle hop	5x10	Front barrier hop	3x5
	Squat jump	2x8	Double leg hop	2x6
	Salto in lungo da fermo	2x8	Double leg tuck jump	1x6
	Salto verticale a due gambe	1x8	Split squat jump	2x6-6
3° settimana	Two-foot ankle hop	6x10	Front barrier hop	4x5
	Squat jump	2x8	Double leg hop	2x6
	Salto in lungo da fermo	2x8	Double leg tuck jump	1x6
	Salto verticale a due gambe	1x8	Split squat jump	2x6-6
4° settimana	Two-foot ankle hop	4x10	Front barrier hop	2x5
	Squat jump	2x5	Double leg hop	2x5
	Double-leg tuck jump	3x5	Alternated leg zig-zag hop	2x10 (5-5)
	Split squat jump	3x5-5	Cycled split squat jump	2x10 (5-5)
5° settimana	Two-foot ankle hop	4x10	Front barrier hop	2x5
	Squat jump	2x5	Double leg hop	2x5
	Double-leg tuck jump	4x5	Alternated leg zig-zag hop	3x10 (5-5)
	Split squat jump	4x5-5	Cycled split squat jump	2x10 (5-5)
6° settimana	Two-foot ankle hop	4x10	Front barrier hop	2x5
	Squat jump	2x5	Double leg hop	2x5
	Double-leg tuck jump	5x5	Alternated leg zig-zag hop	3x10 (5-5)
	Split squat jump	5x5-5	Cycled split squat jump	3x10 (5-5)
7° settimana	Lateral barrier hop	3x15	Salto verticale a una gamba	1x5-5
	Double-leg tuck jump	3x5	Salto in avanti mono podalico	1x5-5
	Front barrier hop	2x5	Alternated leg zig-zag hop	3x10 (5-5)
	Double leg hop	2x5	Cycled split squat jump	3x10 (5-5)
8° settimana	Lateral barrier hop	3x15	Salto verticale a una gamba	2x5-5
	Double-leg tuck jump	3x5	Salto in avanti mono podalico	1x5-5
	Front barrier hop	3x5	Alternated leg zig-zag hop	3x10 (5-5)
	Double leg hop	3x5	Cycled split squat jump	3x10 (5-5)
9° settimana	Lateral barrier hop	3x15	Salto verticale a una gamba	2x5-5
	Double-leg tuck jump	4x5	Salto in avanti mono podalico	2x5-5
	Front barrier hop	4x5	Alternated leg zig-zag hop	3x10 (5-5)
	Double leg hop	3x5	Cycled split squat jump	3x10 (5-5)

Tabella 5. Programma di allenamento pliometrico della durata di nove settimane per i gruppi HVLI e LVHI. (n-n) = numero di ripetizioni per arto inferiore.

Negli esercizi che richiedevano l'utilizzo di ostacoli l'altezza di questi variava a seconda della disponibilità di attrezzatura. Per quanto riguarda gli esercizi: front barrier hop (FBH), alternated leg zig-zag hop (ZZH) e lateral barrier hop (LBH) le altezze degli ostacoli sono state mantenute in determinati range, così da non variare eccessivamente l'intensità degli esercizi. In particolare, durante il periodo di svolgimento del programma, il FBH ha mantenuto ostacoli alti da 40 cm a massimo 60 cm, ZZH e LBH hanno sempre mantenuto un'altezza dell'ostacolo compresa tra 10 cm e 15 cm.

3.2.2 Procedure di test

Tutti i test effettuati per osservare l'effetto del protocollo di allenamento sono stati svolti: una settimana prima e una settimana dopo l'inizio e la fine del programma stesso. La batteria di test è stata somministrata durante le due sedute di allenamento settimanali (serali) della squadra, suddividendo in due gruppi i partecipanti allo studio, così da far durare ogni batteria di test massimo un'ora circa. La batteria di test comprendeva: misurazioni antropometriche (età, altezza e peso) richieste a voce ai partecipanti, sprint in linea retta (Sprint 20m), salto in lungo da fermo con contro movimento (SBJ), pro agility test 5-10-5. Tutti i partecipanti hanno effettuato 2 prove di familiarizzazione in ciascun test prima dei tentativi effettivi, tra i test e le singole prove sono stati mantenuti almeno 2 minuti di riposo passivo. I giocatori non hanno effettuato attività ad alta intensità nelle 24 ore precedenti ed erano a digiuno da almeno 2 ore prima delle misurazioni. Le prove sono state somministrate in un campo da calcio in erba sintetica nel quale i giocatori avevano già praticato allenamenti durante la preparazione atletica estiva. I giocatori indossavano la divisa da allenamento. Dopo aver completato le misurazioni antropometriche ed antecedentemente alla somministrazione dei test, i partecipanti hanno effettuato un riscaldamento standardizzato consistente in corsa lenta, movimenti multidirezionali, mobilità dinamica e vari tipi di skip. Il tutto della durata di 15 minuti, in preparazione all'alta intensità richiesta nei test.

Misurazioni Antropometriche

Le variabili antropometriche sono state acquisite tramite breve colloquio individuale con i giocatori (età, altezza, peso); il body mass index (BMI) è stato ottenuto tramite la formula $BMI = \text{peso (kg)} / \text{altezza (m)}^2$.

Sprint test

I tempi di percorrenza durante uno sprint sono stati raccolti sulle distanze di 20m su campo in erba sintetica ⁽⁴⁶⁾. I tempi di percorrenza sono stati monitorati manualmente tramite cronometro digitale (Leofla LXLXL013). Sono stati consentiti due tentativi, il recupero tra gli sprint è stato stabilito a

due minuti. Durante il recupero i giocatori camminavano fino a ritornare alla linea di partenza. Per standardizzare la posizione di 'set' sono state date indicazioni di effettuare una partenza con 4 punti di appoggio (mani e piedi), come rappresentato in Fig. 12 ⁽⁴⁷⁾. Ai fini di stabilire il tempo di percorrenza dei 20 metri, per successivamente effettuare l'analisi statistica, è stata calcolata la media aritmetica dei valori delle due prove arrotondata allo 0,01 più vicino, così da cercare di bilanciare eventuali errori umani di anticipo e ritardo dati dall'uso del cronometro manuale.

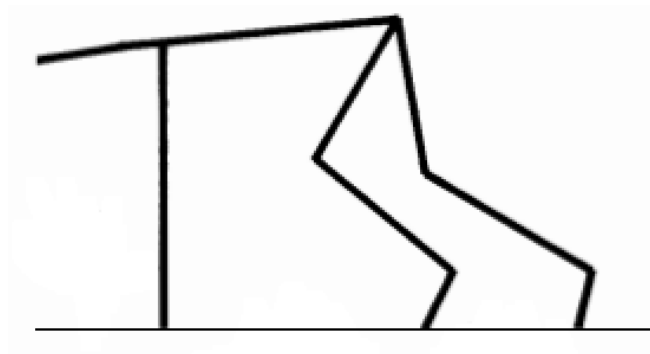


Fig. 12 Posizione di partenza per lo sprint su quattro punti di appoggio ⁽⁴⁷⁾

Salto in lungo da fermo con contro movimento (SBJ)

I giocatori hanno effettuato tre SBJ con l'obiettivo di saltare il più distante possibile, la misurazione è stata effettuata attraverso un metro a nastro. Per l'esecuzione del test sono state seguite le linee guida dell'NSCA ⁽³⁾. Il test è stato ripetuto 3 volte da ogni atleta con 2 minuti di recupero passivo tra i tentativi, la migliore delle tre prove è stata registrata ai fini dell'analisi statistica. Il seguente test è stato scelto data la sua semplicità di esecuzione e in quanto associato positivamente alla performance calcistica ⁽⁴⁸⁾. La Fig. 13 propone una semplice rappresentazione visiva del test ⁽⁴⁹⁾

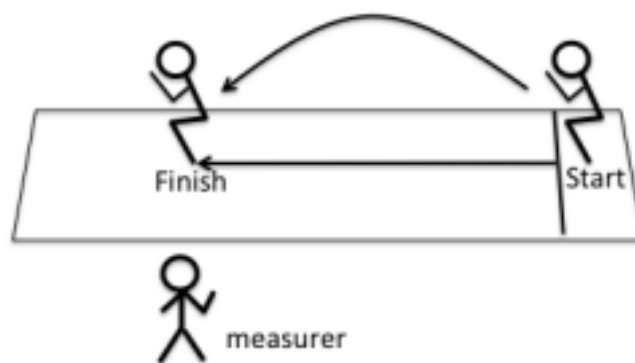


Fig. 13 rappresentazione del SBJ ⁽⁴⁹⁾.

Pro agility test 5-10-5

Il test è stato svolto secondo le linee guida generali dell'NSCA ⁽³⁾. I giocatori hanno effettuato 2 prove cronometrate con 2 minuti di recupero passivo tra i tentativi. Al fine di limitare l'errore umano dato dal cronometro manuale è stato preso come risultato finale la media aritmetica delle due prove arrotondata allo 0,01 più vicino, il valore ottenuto è stato preso in considerazione per l'analisi. La Fig. 14 mostra come si presentava il test; dei coni posti alla medesima distanza raffigurata rappresentavano le varie linee, al fine di standardizzare la prova sono state date le seguenti indicazioni: la partenza avviene con la mano sinistra che tocca il cono centrale, il cambio di direzione è valido se si tocca il cono corrispondente altrimenti la prova non è ritenuta valida, il cronometro viene fermato quando viene oltrepassata la linea centrale di partenza dopo il secondo cambio di direzione.

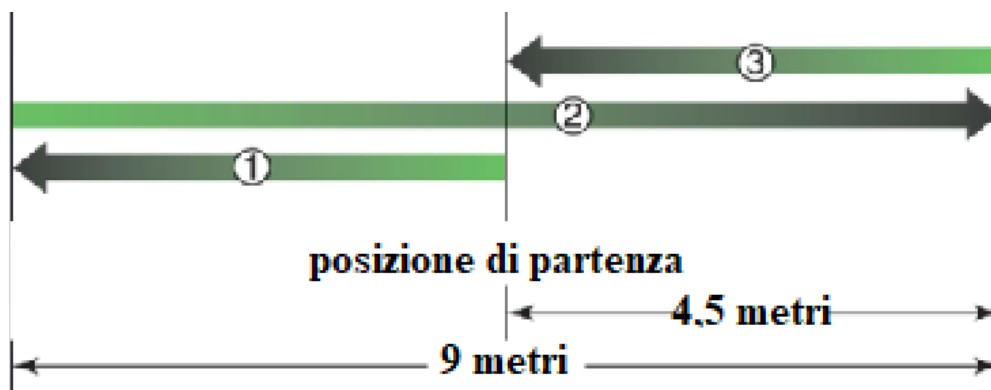


Fig. 14 Rappresentazione visiva del Pro agility test 5-10-5 (3).

3.2.4 Analisi statistica

La statistica descrittiva dei vari gruppi è stata espressa come la media del totale \pm la deviazione standard (SD) del gruppo stesso. La analisi statistica delle differenze tra test iniziali e finali di un gruppo è stata effettuata tramite il test T di Student. Per considerare una differenza significativa il valore p è stato stabilito a $p \leq 0.05$. L'analisi dati è stata effettuata tramite Microsoft Excel (Versione 2311).

3.3 Risultati

Le differenze antropometriche tra i gruppi sono riassunte nella Tabella 4. Non si sono presentate differenze antropometriche statisticamente significative tra i gruppi.

Differenze significative ($p \leq 0,05$) sono state riscontrate in diverse misurazioni dopo la somministrazione del protocollo di allenamento, queste si sono ulteriormente differenziate in alcuni casi per magnitudo della significatività.

Differenze estremamente significative ($p \leq 0.001$) sono state riscontrate nelle misurazioni tra pre e post protocollo nello Sprint test 20m per il gruppo LVHI. Per la stessa misurazione, le differenze sono state moderatamente significative ($0,01 < p \leq 0,05$) e non significative ($p > 0,05$) rispettivamente per il gruppo HVLI e CG.

Circa il Pro agility test 5-10-5, sono state riscontrate differenze molto significative ($0,001 < p \leq 0,01$) tra pre e post protocollo per entrambi i gruppi LVHI e HVLI. Il gruppo di controllo (CG) non ha riscontrato differenze significative tra le misurazioni.

Non sono state riscontrate differenze statisticamente significative ($p > 0,05$) nelle misurazioni tra pre e post protocollo per il SBJ in nessuno dei gruppi di studio (LVHI, HVLI, CG). Un riassunto delle misurazioni è osservabile nella Tabella 6.

Inoltre, sono state calcolate le differenze percentuali pre e post test in ciascun gruppo. I gruppi LVHI, HVLI e CG hanno tutti migliorato i tempi di percorrenza nello Sprint test e nel Pro agility test, ma solo LVHI e HVLI sono significativi (-15%, -12,1%, -3,9% e -10,4%, -10,8%, - 3,6%). Come già prima anticipato nessuna differenza statisticamente significativa è stata riscontrata nelle misurazioni del SBJ, nonostante ciò, i gruppi LVHI e HVLI hanno avuto leggeri aumenti percentuali, mentre CG ha rivelato un leggero peggioramento sempre non statisticamente significativo (+3,5%, +5,8%, - 2,8%). I dati delle variazioni percentuali sono visualizzabili graficamente nella Fig. 15.

Test	Gruppi	Pre protocollo	Post protocollo	p value
Sprint test 20m, s	LVHI	3,48 ± 0,12	2,96 ± 0,08	0,0004 †
	HVLI	3,34 ± 0,21	2,93 ± 0,18	0,014 †
	CG	3,22 ± 0,26	3,1 ± 0,21	0,537 §
Standing Broad Jump (SBJ), m	LVHI	245 ± 11	253 ± 11	0,343 §
	HVLI	245 ± 12	259 ± 18	0,186 §
	CG	275 ± 28	268 ± 25	0,731 §
Pro agility test 5-10-5, s	LVHI	4,91 ± 0,17	4,40 ± 0,12	0,003 ¥
	HVLI	4,87 ± 0,33	4,34 ± 0,10	0,009 ¥
	CG	4,68 ± 0,31	4,51 ± 0,24	0,494 §

*LVHI = gruppo basso volume ma alta intensità, HVLI = gruppo alto volume ma bassa intensità, CG = gruppo di controllo.
† Moderatamente significativo ($0,01 < p \leq 0,05$).
¥ Molto significativo ($0,001 < p \leq 0,01$).
‡ Estremamente significativo ($p \leq 0,001$).
§ Non significativo ($p > 0,05$).

Tabella 6 variazione di performance pre-protocollo e post protocollo per LVHI (n=4), HVLI (n=5) e CG (n=3)

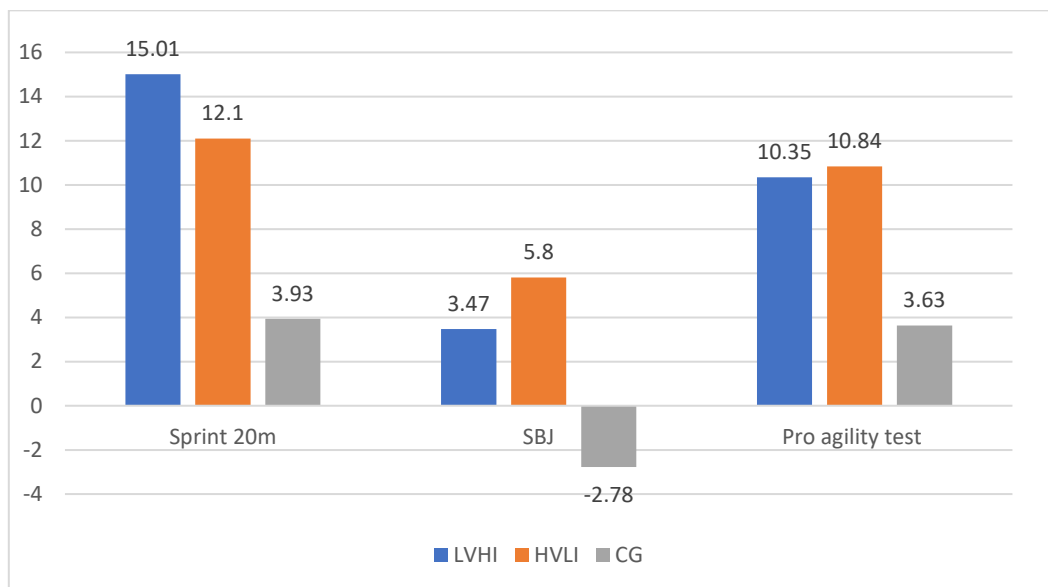


Fig. 15. Confronto grafico tra i gruppi delle variazioni percentuali tra pre e post protocollo in ogni misurazione.

Al fine di un confronto visivo delle misurazioni di ciascun test sono stati riportati graficamente i risultati dei diversi gruppi nei 3 test somministrati, Fig. 16, 17 e 18. Inclusive nella rappresentazione visiva sono presenti simboli, atti ad indicare il livello di significatività delle variazioni; † Moderatamente significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), ¥ Molto significativo ($0,001 < p \leq 0,01$), ‡ Estremamente significativo ($p \leq 0,001$).

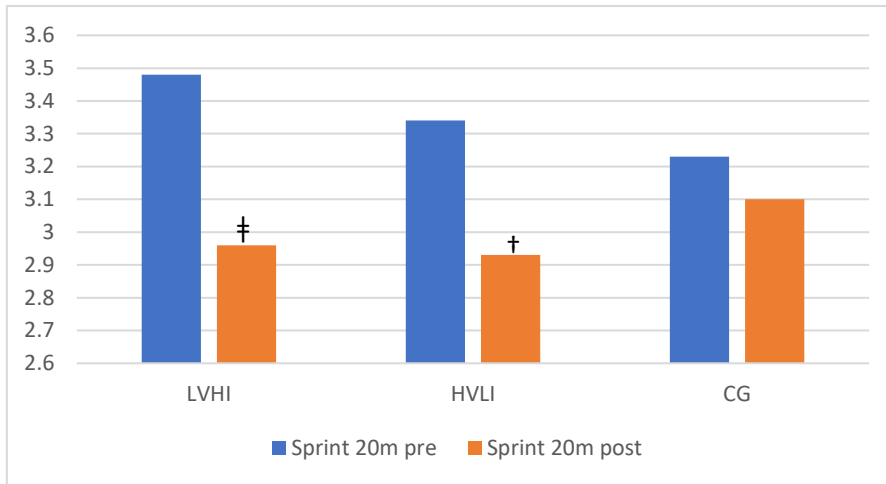


Fig. 16. Rappresentazione di confronto grafico pre e post protocollo dello Sprint test 20m

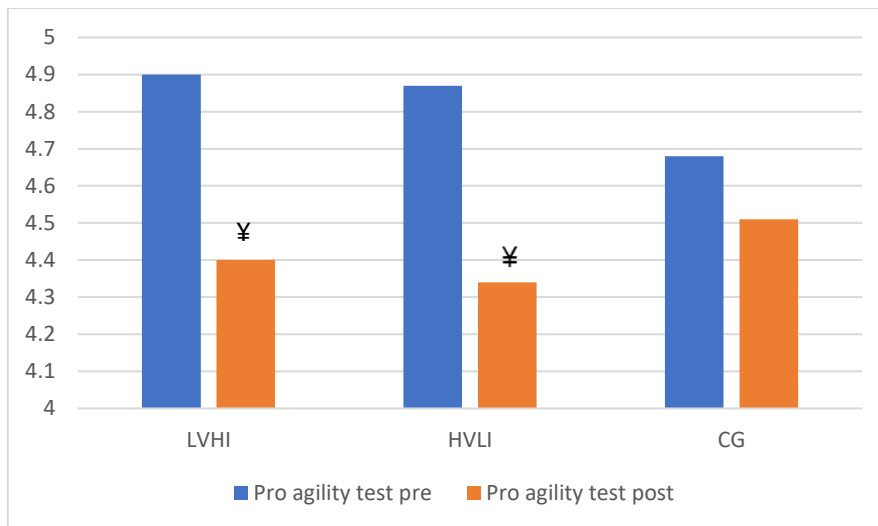


Fig. 17. Rappresentazione di confronto grafico pre e post protocollo del Pro agility test 5-10-5

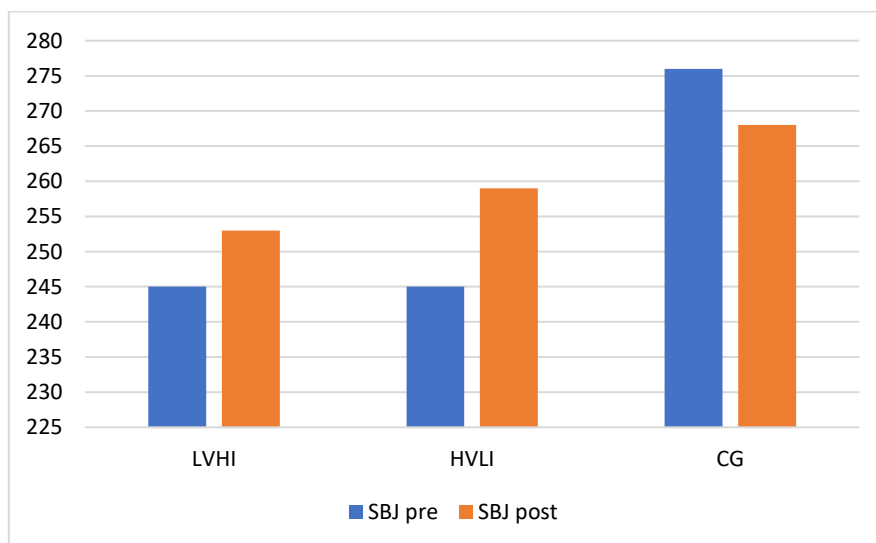


Fig. 18. Rappresentazione di confronto grafico pre e post protocollo del SBJ.

3.4 Discussione

Come da aspettative, dopo 9 settimane di allenamento, entrambi i gruppi sperimentali (LVHI e HVLI) hanno ottenuto significativi miglioramenti nel 20m Sprint test e nel Pro agility test.

L'intensità, il volume e la frequenza sono parametri molto importanti da tenere in considerazione al fine di ottimizzare un programma pliometrico. Nel presente studio, il protocollo è stato implementato in aggiunta al regolare allenamento calcistico svolto dalla squadra.

Le sessioni pliometriche sono state implementate 2 volte a settimana per una durata compresa tra i 15 e i 20 minuti, ma sembrerebbe sufficientemente idoneo implementare questa tipologia di allenamento anche solamente 1 volta a settimana ^(32,33).

La motivazione delle precedenti condizioni è stata necessaria, in quanto, la squadra ha eseguito il programma durante lo svolgimento del campionato. È stato deciso di comune accordo con la società di non prolungare la durata dello studio principalmente per due fattori: la volontà di non voler creare squilibri condizionali eccessivi all'interno della squadra e la presenza di festività, con interruzione del campionato, successivamente alle 9 settimane, che avrebbero comportato l'interruzione degli allenamenti per un periodo di 2 settimane.

È stato suggerito come, l'allenamento pliometrico comporti miglioramenti atletici specifici in base alla tipologia di esercitazioni proposte e come, l'integrazione di altre forme di allenamento, possa portare a benefici in ogni aspetto condizionale e atletico ^(1, 34, 43, 45, 50, 52, 51).

Diversi studi riportano come, la durata di un programma di allenamento pliometrico, sia solitamente compreso tra le 6 e le 10 settimane, al fine di migliorare aspetti atletici quali: i cambi di direzione, lo sprint e il salto verticale ^(1, 10, 37, 40). Una review ha stabilito come programmi della durata di 6-8 settimane siano i più efficaci dal punto di vista del rapporto durata – intensità ⁽⁵²⁾.

I protocolli implementati in questo studio hanno avuto durata di nove settimane. Il volume era variabile da molto basso (40 contatti al suolo) ad intermedio (100 contatti al suolo) e l'intensità variava da bassa ad alta in riferimento al gruppo sperimentale specifico. Entrambi i gruppi sperimentali hanno riscontrato incrementi significativi della performance nello sprint sui 20 metri (-15% per LVHI e -12,1% per HVLI) e nel pro agility test (-10,4% per LVHI e -10,8% per HVLI).

Questi miglioramenti sono in accordo con quanto riportato da Villarreal e altri che evidenziano come la pliometria sia una metodologia adeguata a incrementare le performance di sprint nei 10 metri fino ai 40 metri ⁽⁵¹⁾.

In relazione alla capacità di cambio di direzione, testata nei tre gruppi attraverso il Pro agility test, i gruppi sperimentali hanno entrambi ottenuto un miglioramento significativo della performance, diminuendo i tempi di esecuzione di circa il 10%. Questi risultati si ritrovano in accordo con una recente metanalisi che riporta incrementi di performance fino al 14,63% , citati in diversi studi, dopo programmi pliometrici rispetto a prima della somministrazione, con relativa riduzione dei tempi di svolgimento (compresi tra 0,41s e 0,90s) ⁽⁵²⁾.

In riferimento al SBJ, le misurazioni post somministrazione del protocollo non hanno riportato cambiamenti significativi nella performance in nessuno dei tre gruppi presi in esame. Nonostante ciò, è stato riscontrato un miglioramento delle performance precedenti al protocollo pari al +3,5% in riferimento al gruppo LVHI e del +5,8% in riferimento al gruppo HVLI. Questi dati, in quanto non statisticamente significativi, sono in disaccordo con quanto riportato in una recente metanalisi che riporterebbe come le prestazioni del salto in lungo da fermo avrebbero una correlazione negativa da moderata a molto elevata con i tempi di percorrenza di sprint e accelerazione ⁽³⁸⁾.

Nonostante le variabili dell'allenamento designate per questo protocollo abbiano portato a risultati significativi, probabile, come affermato in una metanalisi del 2010, che la miglior strategia per aumentare le performance sia di effettuare 10 settimane di allenamento pliometrico per un numero totale di sedute superiore a 15, con un volume di allenamento superiore a 40 contatti per sessione, ad alta intensità ⁽⁵³⁾.

Osservando i risultati di questo studio, si può dedurre come il gruppo LVHI abbia ottenuto miglioramenti prestativi maggiori di HVLI a livello di significatività dell'incremento prestazionale nello sprint lineare, questo potrebbe essere dovuto alle maggiori intensità perdurate durante le 9 settimane a cui il gruppo LVHI è stato sottoposto a differenza dei soggetti di HVLI. Questo è riconducibile, probabilmente, alla maggior specificità del programma ad alta intensità, il quale riprodurrebbe i tempi di contatto al suolo molto brevi di un'accelerazione massimale sui 20m.

Si può notare come entrambi i gruppi sperimentali abbiano ottenuto livelli di significatività simili in riferimento al miglioramento prestazionale nel Pro agility test. Una possibile spiegazione di questo risultato potrebbe essere la multifattorialità condizionale del test in sé. Seppur esso comprenda fasi di corsa lineare brevi (9m- 4,5m), questa prova comprende anche capacità qual: la decelerazione, la coordinazione e la ripartenza. In riferimento all'ultima elencata, questa esige necessariamente tempi di contatto maggiori rispetto ad una corsa rettilinea, richiamando comunque nella sua esecuzione i tratti tipici di un'azione pliometrica (rapido allungamento, ammortizzazione e fase concentrica). Questa multifattorialità potrebbe aver portato, in unione con i maggiori tempi di contatto al suolo, al

miglioramento di entrambi i gruppi e all'efficacia, dunque, di entrambi i protocolli, senza che uno si rivelasse apparentemente migliore dell'altro.

A differenza di molti studi che hanno analizzato gli effetti di un allenamento pliometrico sulla performance di salto, tra cui quella orizzontale, in questo elaborato non sono state riscontrate differenze significative ($p \leq 0,05$) tra pre e post protocollo ^(35,36).

Seppur le differenze non siano significative, si sono comunque riscontrati leggeri miglioramenti nei gruppi sperimentali. A seguito di un colloquio con i soggetti di entrambi i gruppi sperimentali, alcuni di questi hanno commentato la loro performance affermando che, secondo loro, avrebbero potuto fare meglio se la loro comprensione della tecnica corretta di salto fosse stata maggiore.

Osservando i dati soggetto per soggetto si poteva infatti notare come la media di miglioramento fosse nettamente diminuita da alcuni atleti, i quali erano gli stessi che successivamente lamentavano questa mancanza tecnica. Sempre osservando i singoli casi, alcuni soggetti hanno ottenuto miglioramenti anche fino a + 30cm di salto orizzontale.

Circa quanto riportato precedentemente, è deducibile la necessità della corretta esecuzione del gesto per ottimizzare la performance; si potrebbe sostenere che la performance del SBJ sia stata anch'essa inficiata da una carenza tecnica dei soggetti dovuta, a una poca familiarità del gesto. Contemporaneamente i maggiori tempi di contatto al suolo, l'inferiore possibilità di sfruttare il SSC dell'intera parte inferiore del corpo e la diminuita velocità di esecuzione della fase eccentrica del test potrebbero aver richiesto una maggiore capacità di espressione di forza esplosiva da posizione statica – semi statica agli atleti, i quali avendo effettuato un programma strettamente pliometrico potrebbe averne limitato il miglioramento, rispetto ad esempio ad un programma integrato contro resistenza.

Allo stesso tempo però, pare esserci un leggero beneficio rispetto al non eseguire a priori un protocollo pliometrico durante la stagione sportiva.

Inoltre, sono presenti poche evidenze circa la maggior efficacia di programmazioni pliometriche ad alto o basso volume con relativa bassa o elevata intensità rispetto al miglioramento prestativo atletico nello sport, in particolare nel calcio.

I risultati del presente studio mostrano come: integrare la pliometria all'interno di una seduta di allenamento calcistico sia un valido metodo volto a migliorare le performance degli atleti circa l'accelerazione e i COD, a livello dilettantistico maschile su soggetti senza o con limitata esperienza in questa modalità di allenamento.

3.5 Limitazioni

Questo studio include alcune limitazioni di cui tenere conto ai fini di una valutazione oggettiva dei risultati stessi.

La numerosità dei tre gruppi era limitata a pochi soggetti, questo a causa della limitata numerosità della squadra. Questa condizione potrebbe portare i singoli dati ad avere un'elevata variabilità sulla media finale dei risultati, causando una variazione positiva o negativa importante a livello statistico.

Un'altra limitazione è la precisione delle misurazioni, non avendo a disposizione strumentazioni tecnologicamente avanzate come ad esempio fotocellule; tutte le misurazioni sono state prese manualmente. Nelle prove cronometrate, in particolare, è possibile che sia presente un errore umano di misurazione, il quale si è provato a compensare effettuando, come presentato precedentemente, la media di due misurazioni.

A livello invece di tempistiche, da tenere in considerazione il fatto che: il gruppo HVLI ha eseguito il protocollo pliometrico sempre successivamente al gruppo LVHI, avendo inoltre effettuato sempre esercitazioni calcistiche atletiche di natura prevalentemente aerobica prima di svolgere l'allenamento dello studio. Questo, seppur concesso ai soggetti di HVLI un periodo di recupero, potrebbe aver inficiato sulla loro capacità di esprimere intensità durante le esercitazioni e quindi aver successivamente limitato il miglioramento prestativo.

In ultima istanza, durante 3 delle 9 settimane di durata dello studio, il primo giorno di allenamento e dunque di somministrazione del protocollo è avvenuto a poco più di 24h dall'ultima partita effettuata dalla squadra. Essendo un contesto competitivo, si può affermare come i giocatori esprimano il massimo dell'intensità durante la competizione. In riferimento a ciò, è possibile che la performance di esecuzione del protocollo di coloro che hanno svolto la maggior parte della partita di campionato possa esser stata limitata da quest'ultima, nelle tre settimane citate, a causa del possibile non completo recupero del SNC.

3.6 Applicazioni pratiche

L'inclusione di esercitazioni pliometriche all'interno della classica seduta di allenamento calcistica può essere una valida opzione al fine di migliorare la performance atletica dei calciatori, con particolare riferimento a quei gesti tecnico atletici ricorrenti rapidi, che necessitano di un'elevata forza espressa in breve tempo quali: accelerazioni e cambi di direzione.

Gli adattamenti positivi ai protocolli possono essere ottenuti in tempi relativamente brevi, incrementando velocemente le performance e riducendo potenzialmente il rischio infortuni dei giocatori. In fase di programmazione e design dei protocolli, i professionisti devono essere a conoscenza delle diverse modalità e variabili di un'esercitazione pliometrica, consentendo così di selezionare movimenti specifici per lo sport al quale verrà applicato il programma.

Esercitazioni sia a minor volume ma elevata intensità, sia a maggior volume ma minor intensità sembrerebbero, dunque, essere entrambi efficaci al miglioramento delle performance atletiche. Nonostante l'affermazione precedente, è possibile ottimizzare i tempi di queste esercitazioni attraverso la scelta di programmi a minor volume in favore dell'intensità; necessitando questi di minor contatti al suolo si ridurrebbe drasticamente il numero di serie e quindi dei tempi impiegati per il completamento di tutte le esercitazioni, consentendo, soprattutto in contesti dove il tempo settimanale di allenamento è limitato, di accorciare i tempi, migliorando le prestazioni dei calciatori e avendo, al contempo, maggior minutaggio disponibile a qualsivoglia tipologia di esercitazione calcio specifica. L'alta intensità, inoltre, potrebbe essere più specifica data l'alta richiesta di forza esplosiva e reattiva dello sport stesso, presentandosi probabilmente come la modalità più indicata.

Il presente studio esorta, dunque, all'utilizzo di questa metodologia di allenamento durante la stagione sportiva, in quanto altamente efficace e facilmente somministrabile, anche e soprattutto, in contesti in cui l'attrezzatura disponibile per svolgere altre modalità di esercizio risulta limitata.

In ultima istanza, seppur l'allenamento pliometrico può portare a miglioramenti nelle varie performance condizionali di un giocatore di calcio, per ottimizzare gli adattamenti positivi, questa metodologia andrebbe adeguatamente applicata a programmi di allenamento più complessi che includano esercitazioni esplosive, di forza massima, di resistenza aerobica, di tecnica e di tattica, specifiche per il gioco del calcio, con la finalità di poter trasformare gli adattamenti positivi di ogni singola metodologia alla complessità dello sport stesso.

3.7 Prospettive future

La relazione tra volume e intensità ottimali durante la stagione sportiva calcistica potrebbe essere un tema interessante da analizzare in ricerche future.

In particolare, riguardo a diversi soggetti e atleti di vari livelli: giovanili e adulti, dilettanti e professionisti, maschi e femmine.

Programmazioni pliometriche con differenti variabili e ruoli specifiche potrebbero essere anch'esse tematiche e contenuti interessanti per futuri elaborati. Cercando di osservare se ed eventualmente come, le varie esercitazioni influenzino la performance ruolo specifica in campo.

Inoltre, una analisi prestativa di diverse lunghezze di sprint, diverse modalità di salto e di COD, nonché l'utilizzo di migliori strumentazioni per la raccolta dati, unite ad una maggiore numerosità, potrebbero portare a risultati interessanti circa l'allenamento pliometrico e il suo utilizzo calcistico.

I dati presentati in questo studio, uniti ad altri provenienti da studi futuri e passati, potrebbero contribuire ad apportare modifiche alle modalità di somministrazione dei programmi di forza e condizionamento.

Capitolo 4: Bibliografia

1. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med.* 2010 Oct 1;40(10):859-95. doi: 10.2165/11318370-000000000-00000. PMID: 20836583.
2. Davies G, Riemann BL, Manske R. CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Nov;10(6):760-86. PMID: 26618058; PMCID: PMC4637913.
3. Haff Gregory G, Triplett Travis N. *Manuale di condizionamento fisico e di allenamento della forza.* Ferriera di Torgiano (PG), Calzetti & Mariucci editori, 2020, 2° edizione, edizione italiana a cura di: Prof Pasquale Bellotti, Carla Varalda, Giovanni Di Maio, traduzione: Maria Luisa Schiavone.
4. Potteiger J A, Lockwood R H, Haub M D, Dolezal B A, Almuzaini K S, Schroeder J M, Zebas C J. Muscle Power and Fiber Characteristics Following 8 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 1999, 13(3), 275–279
5. Malisoux L, Francaux M, Nielens H, Renard P, Lebacqz J, Theisen D. Calcium sensitivity of human single muscle fibers following plyometric training. *Med Sci Sports Exerc.* 2006 Nov;38(11):1901-8. doi: 10.1249/01.mss.0000232022.21361.47. PMID: 17095922.
6. Walshe AD, Wilson GJ, Ettema GJ. Stretch-shorten cycle compared with isometric preload: contributions to enhanced muscular performance. *J Appl Physiol* (1985). 1998 Jan;84(1):97-106. doi: 10.1152/jappl.1998.84.1.97. PMID: 9451623.
7. van Ingen Schenau, G. J., Bobbert, M. F., & de Haan, A. (1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 389-415.
8. Dan Wathen. Literature review: explosive/plyometric exercises. *National Strength and Conditioning association Journal.* 1993 Nov: Volume 15.
9. Chmielewski TL, Myer GD, Kauffman D, Tillman SM. Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006 May;36(5):308-19. doi: 10.2519/jospt.2006.2013. PMID: 16715831.
10. Allerheiligen B, Rogers R. Plyometric program design, *National Strength & Conditioning Association.* 1995 Aug.
11. Potach DH, Katsavelis D, Karst GM, Latin RW, Stergiou N. The effects of a plyometric training program on the latency time of the quadriceps femoris and gastrocnemius short-latency responses. *J Sports Med Phys Fitness.* 2009 Mar;49(1):35-43. PMID: 19188894.
12. Lorenz D. Postactivation potentiation: an introduction. *Int J Sports Phys Ther.* 2011 Sep;6(3):234-40. PMID: 21904700; PMCID: PMC3164001.
13. Conceição M, Cadore EL, González-Izal M, Izquierdo M, Liedtke GV, Wilhelm EN, Pinto RS, Goltz FR, Schneider CD, Ferrari R, Bottaro M, Krueel LF. Strength training prior to endurance exercise: impact on the neuromuscular system, endurance performance and cardiorespiratory responses. *J Hum Kinet.* 2014 Dec 30; 44:171-81. doi: 10.2478/hukin-2014-0123. PMID: 25713678; PMCID: PMC4327368.
14. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 2005;35(6):501-36. doi: 10.2165/00007256-200535060-00004. PMID: 15974635.
15. Mohr M, Krustup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 2003 Jul;21(7):519-28. doi: 10.1080/0264041031000071182. PMID: 12848386.

16. Vilamitjana J J, Gonzalez J C, Verde P E. High-Intensity Activity According to Playing Position with Different Team Formations In Soccer. *Acta Gymnica*. 2021 Mar.
17. Andrzejewski M, Chmura J, Pluta B, Strzelczyk R, Kasprzak A. Analysis of sprinting activities of professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2013 Aug;27(8):2134-40. doi: 10.1519/JSC.0b013e318279423e. PMID: 23168374.
18. Chaouachi, Anis; Manzi, Vincenzo; Chaalali, Anis; Wong, Del P.; Chamari, Karim; Castagna C. Determinants Analysis of Change-of-Direction Ability in Elite Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26(10): p 2667-2676, October 2012. | DOI: 10.1519/JSC.0b013e318242f97a
19. Falces-Prieto M, González-Fernández FT, García-Delgado G, Silva R, Nobari H, Clemente FM. Relationship between sprint, jump, dynamic balance with the change of direction on young soccer players' performance. *Sci Rep*. 2022 Jul 18;12(1):12272. doi: 10.1038/s41598-022-16558-9. PMID: 35851296; PMCID: PMC9293905.
20. Link D, Hoernig M. Individual ball possession in soccer. *PLoS One*. 2017 Jul 10;12(7): e0179953. doi: 10.1371/journal.pone.0179953. PMID: 28692649; PMCID: PMC5503225.
21. Wang SH, Qin Y, Jia Y, Igor KE. A systematic review about the performance indicators related to ball possession. *PLoS One*. 2022 Mar 17;17(3): e0265540. doi: 10.1371/journal.pone.0265540. PMID: 35298562; PMCID: PMC8929629.
22. Sarmiento H, Figueiredo A, Lago-Peñas C, Milanovic Z, Barbosa A, Tadeu P, Bradley PS. Influence of Tactical and Situational Variables on Offensive Sequences During Elite Football Matches. *J Strength Cond Res*. 2018 Aug;32(8):2331-2339. doi: 10.1519/JSC.0000000000002147. PMID: 28737587.
23. Dellal A, Wong D P, Moalla W, Chamari K. Physical and technical activity of soccer players in the French First League – with special reference to their playing position. *International SportMed Journal*, Vol 11, 2010.
24. Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*. 2012;30(7):625-31. doi: 10.1080/02640414.2012.665940. Epub 2012 Mar 6. PMID: 22394328.
25. David Martínez-Hernández, Mark Quinn & Paul Jones (2023) Most common movements preceding goal scoring situations in female professional soccer, *Science and Medicine in Football*, DOI: 10.1080/24733938.2023.2214106
26. Rodríguez-Lorenzo L, Fernandez-Del-Olmo M, Sanchez-Molina JA, Martín-Acero R. Role of Vertical Jumps and Anthropometric Variables in Maximal Kicking Ball Velocities in Elite Soccer Players. *J Hum Kinet*. 2016 Oct 15; 53:143-154. doi: 10.1515/hukin-2016-0018. PMID: 28149419; PMCID: PMC5260584.
27. Campo, Silvia Sedano¹; Vaeyens, Roel²; Philippaerts, Renaat M²; Redondo, Juan Carlos¹; de Benito, Ana María¹; Cuadrado, Gonzalo¹. Effects of Lower-Limb Plyometric Training on Body Composition, Explosive Strength, and Kicking Speed in Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23(6): p 1714-1722, September 2009. | DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b3f537
28. George Lockie R. Contribution of leg power to multidirectional speed in field sport athletes. Jan 2014
29. Brughelli M, Cronin J, Levin G, Chaouachi A. Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Med*. 2008;38(12):1045-63. doi: 10.2165/00007256-200838120-00007. PMID: 19026020.
30. Ozbar N. Effects of plyometric training on explosive strenght, speed and kicking speed in female soccer players. *The Anthropologist*. Feb 2015.

31. Pardos-Mainer, E.; Lozano, D.; Torrontegui-Duarte, M.; CartónLlorente, A.; Roso-Moliner, A. Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and MetaAnalysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 401. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020401>
32. Ramirez-Campillo R, García-Pinillos F, García-Ramos A, Yanci J, Gentil P, Chaabene H and Granacher U (2018) Effects of Different Plyometric Training Frequencies on Components of Physical Fitness in Amateur Female Soccer Players. *Front. Physiol.* 9:934. doi: 10.3389/fphys.2018.00934
33. Bianchi M, Coratella G, Dello Iacono A, Beato M. Comparative effects of single vs double weekly plyometric training sessions on jump, sprint and COD abilities of elite youth football players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* Aug 2018. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.08804-7.
34. Lum D, Tan F, Pang J, Barbosa TM. Effects of intermittent sprint and plyometric training on endurance running performance. *J Sport Health Sci.* 2019 Sep;8(5):471-477. doi: 10.1016/j.jshs.2016.08.005. Epub 2016 Aug 17. PMID: 31534822; PMCID: PMC6742614.
35. Ramírez-Campillo R, Gallardo F, Henríquez-Olguín C, Meylan CM, Martínez C, Álvarez C, Caniuqueo A, Cadore EL, Izquierdo M. Effect of Vertical, Horizontal, and Combined Plyometric Training on Explosive, Balance, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2015 Jul;29(7):1784-95. doi: 10.1519/JSC.0000000000000827. PMID: 25559903.
36. Ramírez-Campillo R, Burgos CH, Henríquez-Olguín C, Andrade DC, Martínez C, Álvarez C, Castro-Sepúlveda M, Marques MC, Izquierdo M. Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2015 May;29(5):1317-28. doi: 10.1519/JSC.0000000000000762. PMID: 25474338.
37. Wang YC, Zhang N. Effects of plyometric training on soccer players. *Exp Ther Med.* 2016 Aug;12(2):550-554. doi: 10.3892/etm.2016.3419. Epub 2016 Jun 3. PMID: 27446242; PMCID: PMC4950532.
38. Lin J, Shen J, Zhang J, Zhou A, Guo W. 2023. Correlations between horizontal jump and sprint acceleration and maximal speed performance: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ* 11: e14650 <http://doi.org/10.7717/peerj.14650>
39. Ozbar N, Ates S, Agopyan A. The effect of 8-week plyometric training on leg power, jump and sprint performance in female soccer players. *J Strength Cond Res.* 2014 Oct;28(10):2888-94. doi: 10.1519/JSC.0000000000000541. PMID: 24852255.
40. Hammami M, Negra Y, Aouadi R, Shephard RJ, Chelly MS. Effects of an In-season Plyometric Training Program on Repeated Change of Direction and Sprint Performance in the Junior Soccer Player. *J Strength Cond Res.* 2016 Dec;30(12):3312-3320. doi: 10.1519/JSC.0000000000001470. PMID: 27135476.
41. Ramírez-Campillo R, Meylan C, Alvarez C, Henríquez-Olguín C, Martínez C, Cañas-Jamett R, Andrade DC, Izquierdo M. Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2014 May;28(5):1335-42. doi: 10.1519/JSC.0000000000000284. PMID: 24751658.
42. Meylan C, Malatesta D. Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res.* 2009 Dec;23(9):2605-13. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b1f330. PMID: 19910813.

43. Beato M, Bianchi M, Coratella G, Merlini M, Drust B. Effects of Plyometric and Directional Training on Speed and Jump Performance in Elite Youth Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2018 Feb;32(2):289-296. doi: 10.1519/JSC.0000000000002371. PMID: 29176387.
44. McKinlay BJ, Wallace P, Dotan R, Long D, Tokuno C, Gabriel DA, Falk B. Effects of Plyometric and Resistance Training on Muscle Strength, Explosiveness, and Neuromuscular Function in Young Adolescent Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2018 Nov;32(11):3039-3050. doi: 10.1519/JSC.0000000000002428. PMID: 29337833.
45. Sáez de Villarreal E, Suarez-Arrones L, Requena B, Haff GG, Ferrete C. Effects of Plyometric and Sprint Training on Physical and Technical Skill Performance in Adolescent Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2015 Jul;29(7):1894-903. doi: 10.1519/JSC.0000000000000838. PMID: 25635606.
46. Kobal R, Loturco I, Gil S, Cal Abad CC, Cuniyochi R, Barroso R, Tricoli V. Comparison of physical performance among Brazilian elite soccer players of different age-categories. *J Sports Med Phys Fitness.* 2016 Apr;56(4):376-82. Epub 2014 Dec 11. PMID: 25503710.
47. Schot PK, Knutzen KM. A biomechanical analysis of four sprint start positions. *Res Q Exerc Sport.* 1992 Jun;63(2):137-47. doi: 10.1080/02701367.1992.10607573. PMID: 1585060.
48. Lockie RG, Stage AA, Stokes JJ, Orjalo AJ, Davis DL, Giuliano DV, Moreno MR, Risso FG, Lazar A, Birmingham-Babauta SA, Tomita TM. Relationships and Predictive Capabilities of Jump Assessments to Soccer-Specific Field Test Performance in Division I Collegiate Players. *Sports (Basel).* 2016 Dec 3;4(4):56. doi: 10.3390/sports4040056. PMID: 29910304; PMCID: PMC5968899.
49. Watanabe, Eiji & Mishima, Takaaki & Seki, Kazuyoshi & Miyazaki, Masami & Sato, Takeshi & Sasaki, Satoshi. (2011). Relationship between motor skill and competition result of the collegiate badminton athletes. *BIO Web of Conferences.* 1. 00095. 10.1051/bioconf/20110100095.
50. Kubo K, Ishigaki T, Ikebukuro T. Effects of plyometric and isometric training on muscle and tendon stiffness in vivo. *Physiol Rep.* 2017 Aug;5(15): e13374. doi: 10.14814/phy2.13374. PMID: 28801518; PMCID: PMC5555899.
51. Sáez de Villarreal, Eduardo; Requena, Bernardo; Cronin, John B. The Effects of Plyometric Training on Sprint Performance: A Meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26(2): p 575-584, February 2012. | DOI: 10.1519/JSC.0b013e318220fd03
52. Čaprić, Ilma & Stankovic, Mima & Manić, Mila & Preljević, Adem & Špirtović, Omer & Djordjevic, Dusan & Spehcnjak, Marijan & Damjan, Bruno & Sporis, Goran & Trajković, Nebojša. (2022). Effects of plyometric training on agility in male soccer players-a systematic review. *Journal of Men s Health.* 18. 147. 10.31083/j.jomh1807147.
53. Sáez-Sáez de Villarreal E, Requena B, Newton RU. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2010 Sep;13(5):513-22. doi: 10.1016/j.jsams.2009.08.005. Epub 2009 Nov 7. PMID: 19897415.

Ringraziamenti

Vorrei innanzitutto ringraziare il mio relatore, il professor Bruzzo, che mi ha seguito con la massima disponibilità in questo percorso, grazie al quale ho avuto la possibilità di svolgere questo elaborato e di ampliare la mia conoscenza a riguardo.

Ringrazio la 'S.S.D. A.R.L. La Rabona Calcio Coronata', in particolare l'allenatore Poggio Michele per la disponibilità, tutto lo staff tecnico – dirigenziale e tutti gli atleti che hanno partecipato allo studio.

Ringrazio inoltre Beatrice, che mi ha sostenuto nella stesura di questo elaborato sia a livello mentale che pratico. Grazie per il tempo che mi hai dedicato.