



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA
"TOR VERGATA"**

FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

**DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE DELLO SPORT**

CICLO DEL CORSO DI DOTTORATO
22°

*ESERCITAZIONI BIPODALICHE E MONOPODALICHE:
ANALISI DEI PARAMETRI MECCANICI ED
ELETTROMIOGRAFICI E CONFRONTO TRA DIVERSE
METODICHE DI ALLENAMENTO*

VITO AZZONE

A.A. 2009/2010

Docente Guida/Tutor: Prof. Valter Di Salvo

Coordinatore: Prof. Antonio Lombardo

INDICE

ABSTRACT	5
INTRODUZIONE	7
I. REVIEW DELLA LETTERATURA	9
II. IPOTESI E OBIETTIVI	
2.1 Prima parte	17
2.2 Seconda parte	18
III. MATERIALI E METODI	
3.1 Disegno dello studio	19
3.1.1 <i>Prima Parte</i>	20
3.1.2 <i>Seconda Parte</i>	21
3.2 Caratteristiche e selezione dei soggetti studiati	22
3.3 Materiali	24
3.4 Protocollo dello studio Prima Parte	30
3.5 Protocollo dello studio Seconda Parte	34
3.5.1 <i>Confronto tra allenamento tradizionale e allenamento su superfici instabili</i>	34
3.5.2 <i>Confronto tra allenamento a prevalenza tradizionale e allenamento a prevalenza funzionale</i>	38
3.5.3 <i>Confronto tra allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento di accelerazioni e decelerazioni</i>	40
3.6 Analisi statistiche	46
IV. RISULTATI	
4.1 Risultati Prima Parte	47
4.1.1 <i>Determinare il carico che grava sulla gamba anteriore durante l'esecuzione di una contropiegata</i>	47
4.1.2 <i>Analisi elettromiografica di una contropiegata</i>	50
4.1.3 <i>Confronto tra squat parallelo e contropiegata</i>	52
4.1.4 <i>Confronto tra squat parallelo e squat monopodalico puro</i>	60
4.2 Risultati Seconda Parte	66
4.2.1 <i>Confronto tra allenamento tradizionale e allenamento su superfici instabili</i>	66
4.2.2 <i>Confronto tra allenamento a prevalenza tradizionale e allenamento a prevalenza funzionale</i>	73
4.2.3 <i>Confronto tra allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento di accelerazioni e decelerazioni</i>	83

IV. DISCUSSIONE

5.1	Discussione Prima Parte	89
	5.1.1 <i>Determinare il carico che grava sulla gamba anteriore durante l'esecuzione di una contropiegata</i>	89
	5.1.2 <i>Analisi elettromiografica di una contropiegata</i>	90
	5.1.3 <i>Confronto tra squat parallelo e contropiegata</i>	91
	5.1.4 <i>Confronto tra squat parallelo e squat monopodalico puro</i>	92
5.2	Discussione Seconda Parte	93
	5.2.1 <i>Confronto tra allenamento tradizionale e allenamento su superfici instabili</i>	93
	5.2.2 <i>Confronto tra allenamento a prevalenza tradizionale e allenamento a prevalenza funzionale</i>	97
	5.2.3 <i>Confronto tra allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento di accelerazioni e decelerazioni</i>	102

VI. CONCLUSIONI E APPLICAZIONI PRATICHE

6.1	Prima Parte	105
6.2	Seconda Parte	107
6.3	Limitazioni e future linee d'investigazione	109

BIBLIOGRAFIA	111
---------------------	-----

INDICE Abbreviazioni	117
-----------------------------	-----

ABSTRACT

La tesi è suddivisa in due grandi parti. Nella prima viene analizzata inizialmente la contropiegata, sia dal punto di vista meccanico che elettromiografico, mentre successivamente vengono confrontati lo squat parallelo, la contropiegata e lo squat monopodalico puro. L'obiettivo è analizzare eventuali differenze nell'applicazione di forza e testare l'ipotesi che, in ambito di forza massima, esiste una relazione lineare utilizzabile in allenamento tra esercitazioni bipodaliche e monopodaliche. Per fare questo i soggetti hanno eseguito una serie di prove a carichi crescenti, in tutti e tre gli esercizi, attraverso le quali abbiamo costruito per ogni soggetto le curve carico-durata e durata-forza, che ci hanno permesso di effettuare un'analisi di regressione lineare. Nella seconda parte, invece, vengono analizzati gli effetti sulle componenti di forza esplosiva reattiva e di coordinazione di tre studi sperimentali, in ognuno dei quali vengono confrontate due metodiche differenti di allenamento. Nel primo studio viene confrontato un allenamento tradizionale (GT) con un allenamento su superfici instabili (GSI), nel secondo studio un allenamento a prevalenza tradizionale (GPT) con uno a prevalenza funzionale (GPF), mentre nell'ultimo studio un allenamento a prevalenza tradizionale (PT) con un allenamento basato su accelerazioni e decelerazioni (GAD). Ai vari protocolli, strutturati nei tre anni di lavoro, ha partecipato un numero complessivo di sessantatre soggetti. Di questi solo dodici hanno preso parte all'analisi della contropiegata e al relativo confronto con lo squat parallelo, mentre per il confronto tra squat e squat monopodalico puro è stato preso in esame un gruppo di sei giocatori di rugby. Ai tre studi sperimentali, invece, ha partecipato un gruppo di giovani calciatori, rispettivamente quindici ai primi due e dodici all'ultimo, tutti appartenenti ad una società di calcio che militava nel campionato di allievi nazionali.

Dall'analisi della contropiegata risulta che sulla gamba anteriore grava circa il 70% del carico totale e che effettuando questo esercizio si stimola il riflesso da stiramento, nel momento in cui il piede della gamba posteriore viene sollevato da terra. Dal confronto dei valori di forza risulta che le azioni monopodaliche consentono un'applicazione maggiore di forza rispetto allo squat bipodalico. A parità di carico per gamba, tuttavia, nelle azioni monopodaliche si osserva una durata inferiore. Pertanto, se nella scelta dei carichi ci si basa solo su un calcolo meccanico, senza tener conto delle differenze di ogni singolo movimento, si corre il rischio di lavorare su espressioni di forza differenti. A tal proposito, dall'analisi di regressione lineare, risulta che per essere certi di ottenere una durata pari a 0,8 secondi (condizione necessaria per essere certi che si stia sviluppando un lavoro di forza massima) il carico extra da aggiungere deve essere nella contropiegata almeno il 65% del carico extra utilizzato nello squat, mentre nello squat monopodalico il 15%. Dall'analisi dei tre studi sperimentali si evince che gli stimoli balistici (pesistica adattata, pliometria e jump) consentono un miglioramento sia della forza che dell'altezza di salto. L'allenamento su superfici instabili, invece, consente un miglioramento del costo muscolare che a sua volta consente un miglioramento dell'altezza di salto, ma non produce nessun miglioramento di forza, anzi può produrre addirittura un suo peggioramento. Pertanto, se si vuole utilizzare questi esercizi è necessario integrarli con movimenti balistici. In realtà sarebbe più opportuno circoscrivere l'utilizzo delle superfici instabili alla fase riabilitativa e ricercare la stabilizzazione con frenate monopodaliche e arrivi in torsione dopo movimenti balistici. In questo modo, come si evidenzia dall'ultimo studio, oltre ad un miglioramento della forza e dell'altezza di salto, si produrrà anche un miglioramento dei parametri coordinativi (costo muscolare) e gli stimoli risulteranno più funzionali alle esigenze del calciatore.

INTRODUZIONE

L'obiettivo di ogni programma di allenamento è quello di indurre un miglioramento della condizione fisica. Tra le varie capacità condizionali, la forza risulta essere una delle più importanti per eccellere nella maggior parte delle discipline sportive. Spesso ci si chiede quale sia l'esercizio, il metodo o il programma di allenamento migliore per diventare più forti, tuttavia è difficile rispondere a queste domande in quanto, in realtà, non esiste un programma adatto per tutti, in qualsiasi momento e in qualsiasi condizione. Le necessità specifiche di ciascun soggetto cambiano costantemente e, inoltre, ciò che è efficace per un giocatore, o per uno sport, potrebbe non esserlo per un altro. Le ricerche scientifiche sull'allenamento della forza sono in continuo aumento e hanno portato allo sviluppo di un concetto fondamentale: il **MODELLO PRESTATIVO** che, nel corso degli ultimi anni, è diventato uno dei capisaldi della metodologia dell'allenamento. La forza di cui necessita un ciclista è sicuramente diversa dalla forza di cui necessita un calciatore o un kayaker. Uno dei miti da sfatare, quindi, è il concetto assoluto di forza che in ambito sportivo non ha alcun significato. Prima di strutturare un programma di allenamento è necessario conoscere le caratteristiche dello sport che devo allenare. Occupandomi di sport di squadra, in modo particolare di calcio, ho dovuto prendere in considerazione in che modo il calciatore applica la sua forza e quali sono le caratteristiche principali di questo sport. Ovviamente, ciò che caratterizza il calcio è sprintare più veloce, saltare più in alto, ma anche e soprattutto decelerare molto rapidamente e cambiare sia direzione che senso in maniera efficace. Non ci sono dubbi nell'identificare la forza esplosiva e la forza reattiva come le espressioni più importanti, unite alla capacità di reiterazione delle stesse. La maggior parte dei gesti calcistici, inoltre, vengono effettuati in appoggio monopodalico, quasi sempre in un regime di disequilibrio e variando la velocità in funzione dell'avversario, della palla e della situazione tattica contingente. Appare chiaro, quindi, che l'allenamento della forza del calciatore debba avvenire con modalità e finalità del tutto differenti rispetto ad un ciclista o ad un kayaker.

Tra i tanti test di valutazione effettuati presso il laboratorio di ricerca Human and Performance Lab, della Facoltà di Scienze Motorie dell'Università di Roma Tor Vergata, i salti monopodalici sono quelli che hanno catturato immediatamente la mia attenzione e hanno dato spunto ai lavori di ricerca che verranno presentati. Quello che mi ha colpito maggiormente è stato osservare come, in un salto monopodalico, un soggetto riesca ad esprimere dei valori di altezza di salto, di forza media e di attività elettrica, rapportati per ogni singola gamba, maggiori rispetto ad un salto bipodalico. Da queste osservazioni pratiche ho deciso di analizzare più affondo le differenze tra esercitazioni bipodaliche ed esercitazioni monopodaliche.

Un altro aspetto su cui ho concentrato la mia attenzione è stato l'allenamento funzionale, che negli ultimi anni sta prendendo sempre più piede nella metodologia dell'allenamento della forza. Questo nuovo modo di intendere l'allenamento focalizza l'attenzione sul movimento e non sul singolo muscolo. Dopo aver avuto la fortuna di conoscere questi concetti, come studente universitario, ho deciso nel corso del mio dottorato di ricerca di approfondirne l'applicazione pratica con le squadre di calcio con cui ho lavorato nel corso di questi anni.

I. REVIEW DELLA LETTERATURA

Lo sviluppo della forza è un presupposto fondamentale dell'allenamento di tutte le discipline sportive (Bosco 2002, Wilmore and Costill 2005, William P.Ebben 2005). Prima di parlare di forza, tuttavia, è necessario classificare le sue varie espressioni basandosi rigorosamente sui principi biologici che la governano. Buhle e Schmidtbleicher (Buhle 1985, 1989; Schmidtbleicher 1984; Buhle e Schmidtbleicher 1981) hanno inizialmente consigliato di suddividere le espressioni di forza in: forza massima, forza rapida e resistenza alla forza. Bosco, nel 1992 ha affermato che le varie espressioni di forza si possono classificare considerando sia gli aspetti neuromuscolari che ne modulano la tensione, che i processi metabolici che ne determinano la durata. Tenendo conto di questi principi, il Fisiologo Italiano ha suddiviso le varie espressioni di forza in: forza massima, forza dinamica massima, forza esplosiva e forza reattiva. Queste sono determinate prevalentemente da fattori neurogeni, seguono poi la resistenza alla forza veloce e la resistenza muscolare che sono collegate prevalentemente ai processi metabolici. Rispetto alla classificazione di Buhle e Schmidtbleicher quella proposta da Bosco si differenzia solo per l'aggiunta della forza reattiva, che è connessa con il prestiramento. Il prestiramento consente un potenziamento della prestazione muscolare ed è stato attribuito all'immagazzinamento ed alla utilizzazione di energia elastica (Marey e Demeny 1885; Cavagna e coll. 1971; Asmussen e Bonde-Petersen 1974; Asmussen e coll. 1976; Komi e Bosco 1978) ma soprattutto ad un'attivazione del riflesso da stiramento, che avviene attraverso la via afferente dei fusi neuromuscolari. (Prochazka e coll. 1977; Gottlieb e Agarwal 1979; Chan e coll. 1978). Martin, Carl e Lehnertz (1993), dopo un'attenta revisione di quanto riportato in letteratura, condividono la classificazione proposta da Bosco e concludono affermando che, secondo le conoscenze attuali, appare sensata una suddivisione in: forza massima, forza dinamica massima, forza esplosiva, forza reattiva e resistenza alla forza.

La prima parte della tesi focalizza l'attenzione sulla forza massima e sul confronto dei parametri meccanici ed elettromiografici tra esercitazioni bipodaliche e monopodaliche.

La seconda parte, invece, verte sull'analisi di tre studi sperimentali e sugli effetti che questi provocano sulle componenti di forza esplosiva reattiva e di coordinazione. In ognuno degli studi vengono confrontate due metodiche differenti di allenamento.

Per quanto riguarda la forza massima, secondo Bosco (2002), i carichi che possono essere definiti tali sono quelli che presentano molte difficoltà nel modulare la velocità di esecuzione e sono equivalenti a circa l'80% del carico massimo. Questo carico necessita del reclutamento di tutte le fibre muscolari (Sale 1998). Una volta reclutate tutte le unità motorie presenti in un muscolo, un ulteriore incremento di forza può essere ottenuto aumentando la frequenza degli stimoli nervosi (Bosco 2002). Nell'ambito della forza massima lo squat è senza dubbio l'esercizio principe per l'allenamento degli arti inferiori ma, allo stesso tempo, anche le esercitazioni monopodaliche di contropiegata e di squat monopodalico puro rappresentano una risorsa importante per gli allenatori (William P.Ebben 2005). Lo squat può essere eseguito in diversi modi, i principali sono: lo squat al multipower, lo squat frontale con il bilanciere davanti posizionato sulle spalle e il back squat con il bilanciere dietro. Con il multipower si ha il vantaggio di lavorare in maggior sicurezza, ma lo svantaggio di una minore stimolazione dei muscoli stabilizzatori. Tra squat frontale e back squat, invece, le articolazioni interessate, fatta eccezione per l'articolazione della spalla che non effettua l'extrarotazione, sono le stesse. Le differenze si notano dal punto di vista muscolare perchè il bilanciere avanti costringe il busto ad una posizione più verticale e

quindi ad utilizzare maggiormente i muscoli estensori delle gambe e delle cosce, mentre vi è un minor coinvolgimento degli erettori spinali. Il back squat, di conseguenza, è quello che consente di sollevare il carico maggiore. Un altro parametro fondamentale da tenere in considerazione, quando si esegue lo squat, è l'angolo di piegamento. Secondo Bosco e Colli (1992), infatti, lo sviluppo della tensione muscolare, che viene trasmessa alle strutture ossee attraverso articolazioni e tendini, viene influenzato dal braccio di leva che si crea al momento della contrazione. Pertanto, a parità di tensione sviluppata dalla componente proteica del muscolo, la forza trasmessa dipende fortemente dall'entità dell'angolo che si forma in una determinata articolazione. Il comportamento dei muscoli estensori delle gambe durante gli esercizi di $\frac{1}{4}$ di squat, $\frac{1}{2}$ di squat e full squat e quindi la potenza meccanica sviluppata aumenta in funzione dell'apertura dell'angolo di partenza del movimento. Ciò è determinato dalle condizioni meccaniche che si instaurano durante il piegamento del ginocchio. In $\frac{1}{4}$ di squat (angolo al ginocchio $130-150^\circ$), si determina, ad esempio, un braccio di leva più favorevole rispetto ad un $\frac{1}{2}$ di squat (90°) o ad uno squat parallelo (60°) e quindi, a parità di attivazione neurogena, la risposta biomeccanica risulterà più efficace. Queste condizioni biomeccaniche favorevoli, producono un'accelerazione maggiore, tuttavia il TUT (time under tension) risulta inferiore. A tal proposito, Bosco (2002) sostiene che è proprio un'attivazione neurogena prolungata che determina gli stimoli necessari ad indurre perturbazioni ormonali (testosterone e GH) e a favorire adattamenti biologici più elevati e duraturi. Per il miglioramento della forza massima, quindi, l'esercizio di back squat con un angolo al ginocchio di 60° sembra essere quello più efficace (Bosco 2002).

Le alternative principali al back squat sono rappresentate dalle esercitazioni monopodaliche di contropiegata e di squat monopodalico puro. Questo è confermato da un'indagine di William P. Ebben fatta nel 2005, dalla quale è emerso che tutti gli allenatori della Major League di Baseball, oltre allo squat, utilizzano la contropiegata e lo squat monopodalico puro per allenare la forza degli arti inferiori dei propri giocatori. Tuttavia, anche se queste esercitazioni rappresentano una risorsa importante per gli allenatori, in letteratura pochi studi si sono preoccupati di analizzarne le caratteristiche. Gli unici studi riportati riguardano l'assenza di rischi a livello delle articolazioni, le differenze biomeccaniche che si verificano tra diversi tipi di piegate e, infine, i vantaggi procurati dalle esercitazioni monopodaliche nello sviluppo della forza eccentrica, che risulta estremamente utile per prevenire i traumi muscolari. Infatti, Escamilla R e coll. (2009), dopo aver confrontato le forze di taglio a livello dell'articolazione del ginocchio tra lo squat bipodalico e lo squat monopodalico, hanno concluso che il carico sui legamenti crociati, anteriori e posteriori, rientra in un range di sicurezza e che quindi questo tipo di esercitazioni non comporta alcun rischio per la salute dei soggetti. Sean P and coll. (2004), invece, hanno analizzato le differenze biomeccaniche che si verificano durante una piegata in avanti, o affondo, e durante una piegata laterale, notando che il primo esercizio agisce maggiormente sugli estensori dell'anca, mentre la piegata laterale sollecita maggiormente i flessori plantari e a livello del ginocchio provoca una durata dello stimolo maggiore. Sven J and coll. (2009), hanno osservato che 28 calciatori, che per 2 giorni a settimana e per 6 settimane si sono allenati utilizzando l'esercizio di contropiegata, hanno ottenuto un miglioramento della performance di sprint ma soprattutto un aumento della forza eccentrica degli ischiocrurali. Gli autori ricordano che un decremento della forza eccentrica può essere un fattore di rischio per gli infortuni muscolari. Allo stesso tempo, l'allenamento eccentrico degli ischiocrurali rappresenta sia un trattamento riabilitativo efficace, sia una metodica preventiva per non incorrere in lesioni muscolari in queste zone del corpo, che sono estremamente sollecitate nel corso delle prestazioni sportive. In aggiunta a questo, occorre ricordare

che la maggior parte dei gesti sportivi si svolge in appoggio monopodalico e che pertanto queste esercitazioni producono un coinvolgimento importante dei muscoli stabilizzatori migliorando la propriocezione e la capacità di equilibrio (Colli 2008). Inoltre, i soggetti che per via di una scarsa mobilità dell'articolazione tibio tarsica hanno difficoltà ad effettuare correttamente lo squat parallelo potrebbero trarre vantaggio dall'esecuzione della contropiegata. La posizione di divaricata sagittale, infatti, provoca uno sblocco dell'articolazione coxo femorale che annulla le limitazioni a livello della tibio-tarsica. (Colli 2008). A differenza di quanto si verifica nello squat, dove vi è una distribuzione equa tra le due gambe, quando si effettua una contropiegata la distribuzione del carico totale (BW+carico extra) tende a cambiare e la gamba anteriore risulta essere più sollecitata di quella posteriore. Negli studi presenti in letteratura, tuttavia, nessuno si è preoccupato di calcolare come cambia questa distribuzione di peso, nonostante questo parametro risulti fondamentale per la scelta di un carico ottimale durante gli allenamenti.

Il primo step della mia tesi, quindi, è stato quello di analizzare la percentuale di carico che grava sulla gamba anteriore e soprattutto capire come questa può variare se si modificano alcuni parametri quali distanza dei piedi o posizione del ginocchio della gamba anteriore. Successivamente, per comprendere a pieno l'esercizio, è stata svolta un'analisi qualitativa riguardante la differenza di applicazione di forza e di attività elettrica tra gamba anteriore e gamba posteriore. Come secondo step, invece, i soggetti hanno svolto una serie di prove a carichi crescenti in tutti e tre gli esercizi, squat contropiegata e squat monopodalico puro, dove, oltre al parametro di carico EBW, sono stati analizzati anche i parametri di forza media e di durata. L'obiettivo degli studi è stato quello di mettere in risalto le differenze tra le esercitazioni bipodaliche e monopodaliche, di testare l'ipotesi che esiste una reazione lineare, in ambito di forza massima, e di trarre indicazioni pratiche ai fini dell'allenamento. Gli unici a sviluppare precedentemente un confronto tra esercitazioni bipodaliche ed esercitazioni monopodaliche sono stati William P. Ebben e coll. (2008), i quali hanno dimostrato che esiste una relazione lineare tra 6RM nello squat e 6RM negli esercizi di deadlift, lunge, stup up and leg extension. Gli autori, tuttavia, non hanno analizzato nè la differenza di forza media espressa al terreno nè tantomeno la differenza di durata, nonostante tale parametro risulti estremamente importante per la classificazione delle varie espressioni di forza (Bosco 2002). I soggetti testati nello studio di William P. hanno svolto un test massimale di 6RM per ogni esercizio e, mediante l'analisi della regressione lineare, sono state sviluppate delle equazioni che hanno consentito di identificare il 6RM da utilizzare negli esercizi ausiliari partendo dal carico utilizzato nello squat. L'analisi di regressione lineare è utilizzata in numerosi lavori scientifici (Cummings B. e coll. 1998; Horvat M e coll. 2007; Alcaraz P. 2009) e in statistica rappresenta un metodo efficace per determinare un fenomeno che dipende da un altro (McFedries 2008).

Nella seconda parte della tesi verranno confrontati, invece, alcuni protocolli di allenamento e l'attenzione si sposterà su espressioni di forza diverse: forza esplosiva e forza reattiva. Verranno analizzate, inoltre, anche le componenti coordinative, introducendo come nuovo concetto il costo muscolare, non ancora pubblicato e su cui si stanno sviluppando ulteriori approfondimenti. Così come in ambito metabolico il parametro di Costo Energetico è ormai un dogma della fisiologia muscolare, ed è diventato negli ultimi anni il fulcro dell'allenamento, anche in ambito neuromuscolare l'aspetto coordinativo riveste un'importanza rilevante e può essere identificato da un indice ben preciso: IL COSTO MUSCOLARE. In ambito metabolico per Costo Energetico si intende la quantità di energia spesa, al di sopra del valore di riposo, per trasportare 1kg del peso corporeo per 1mt di distanza. Si calcola per ogni forma di

locomozione, per la corsa e la marcia, ma anche per il nuoto ed il ciclismo. Si esprime in mlO₂/km/kg oppure in Kcal/km/Kg (j/m/kg) (P.E. di Prampero 1986). Il Costo Energetico può fornire indicazioni sulle capacità di prestazione, in quanto, a parità di potenza metabolica, minore è il CE, maggiore sarà la potenza espressa. Se ci si sposta nel versante neuromuscolare, si nota più o meno la stessa cosa. Infatti, nel corso di alcune prove svolte nel laboratorio Human Performance and Training Lab C. Bosco, della Facoltà di Scienze Motorie dell'Università di Roma Tor Vergata, ed effettuate dal nostro gruppo di ricerca, coordinato dal Professor Roberto Colli, abbiamo notato che nelle azioni di salto (CMJ e SJ), sia bipodaliche che monopodaliche, l'altezza di salto non era sempre direttamente proporzionale alla forza espressa al suolo, al contrario spesso accadeva che alcuni soggetti, pur esprimendo meno forza, riuscivano ad esprimere altezze di salto maggiori. Dopo aver ripetuto più volte le misurazioni, e aver constatato che effettivamente l'altezza di salto non dipende sempre dalla forza relativa espressa al suolo, abbiamo dedotto che evidentemente il parametro coordinativo, seppur in un gesto semplice come il salto, riveste un ruolo estremamente importante. Il rapporto tra forza relativa (F/bw) e altezza di salto fornisce il parametro di COSTO MUSCOLARE che si esprime in $N \cdot m \cdot t^{-1} \cdot Kg^{-1}$. Questo è un parametro di efficienza muscolare e rappresenta la forza necessaria a spostare 1kg del peso corporeo per 1 metro di distanza. Tuttavia, nonostante l'importanza dei parametri coordinativi, la metodologia dell'allenamento ha conosciuto, intorno agli anni '80 circa, un uso spropositato delle macchine di muscolazione in tutti gli sport, a prescindere dal modello prestativo e dal concetto di funzionalità, con conseguente isolamento muscolare e potenziamento settoriale. Il muscolo era considerato il principale attore del movimento, si privilegiavano movimenti analitici, dove si verificava l'inibizione sia dei muscoli sinergici che di quelli stabilizzatori, e non c'era nessun rapporto tra muscoli agonisti e antagonisti. In sostanza è stato annullato il concetto di coordinazione intermuscolare ma ancora più grave è stato annullato tutto il sistema di controllo. Il Sistema Nervoso Centrale, infatti, sulle macchine guidate non viene minimamente sollecitato, al contrario di quello che avviene in tutti gli sport dove, quest'organo, risulta essere fondamentale. Il Sistema Nervoso Centrale, tuttavia, non ragiona in termini di muscolo bensì di movimento e l'importanza della specificità, necessaria per garantire un transfert efficace dell'allenamento, è ormai ampiamente documentata in letteratura (Bosco 2002; Wilmore and Costill 2005; Howley E.T. e Don Franks B 2006). Allo stesso tempo, un presupposto fisiologico imprescindibile è quello di una realtà anatomica costituita non da muscoli isolati, come vengono descritti dai libri di anatomia, bensì da catene miofasciali avvolte dal sistema connettivale che dà loro contiguità formando le catene cinetiche (Buscquet L 1997). La coordinazione intermuscolare è quindi alla base di ogni movimento e sia l'allenamento che la rieducazione dovrebbero tener conto di questo principio. Rielaborando questi concetti si è sviluppata, negli ultimi anni, una nuova forma di allenamento, l'allenamento funzionale. Ad onor del vero, questa metodica era già diffusa a livello riabilitativo da tempo, per via di una serie di vantaggi legati alla riduzione e alla prevenzione dei traumi (Verhagen E.A 2005). I principi fondamentali su cui si basa l'allenamento funzionale sono: movimenti integrati, esercizi poliarticolari, poliassiali, con la presenza di stimoli di disequilibrio e che siano in grado di stimolare la core-stability (Jeffrey C.Ives and Greg A. Shelley 2003). Nel corso degli ultimi anni numerosi ricercatori stanno concentrando le proprie attenzioni sull'allenamento funzionale, con l'obiettivo di approfondire gli effetti e di migliorarne l'applicazione. Kean e coll. nel 2006 hanno mostrato, per esempio, un incremento dell'altezza di salto dopo 5 settimane di balance training. Confrontando, invece, esercizi effettuati su superfici instabili (swiss ball, disc 'o' sit, bosu), con altri effettuati in condizioni di

stabilità, è stato riscontrato che gli esercizi su superfici instabili provocano un incremento dell'attività muscolare, sia del tronco che degli arti inferiori (Anderson K and Behm DG 2005; Behm DG e coll. 2005a; Behm DG 2003; Marshall P and Murphy B 2006a; Marshall PW and Murphy BA 2006b). Il vantaggio ottenuto dalle superfici instabili potrebbe essere dovuto, secondo Behm DG (1995), ad adattamenti neuromuscolari e coordinativi. La novità, come spesso accade, ha portato numerosi allenatori a pensare che l'allenamento funzionale fosse la panacea di tutti i mali e potesse sostituire in toto tutte le altre metodiche. Inoltre, l'exasperata pubblicità propinata dalle ditte produttrici di materiale propriocettivo ha indotto a credere che allenamento funzionale significasse solo allenamento dell'equilibrio. Si sono diffuse così a macchia d'olio swiss ball, bosu, disc 'o' sit e tanti altri attrezzi che, seppur utili in alcune condizioni, non rappresentano l'unica maniera per effettuare l'allenamento funzionale. La presenza del disequilibrio, infatti, è solo uno dei principi che sono alla base di questa metodica ma non l'unica. Nessuno sport, inoltre, prevede che i giocatori si trovino in equilibrio su una swiss ball o su una bosu e soprattutto l'equilibrio statico è differente dall'equilibrio dinamico (Jeffrey M. e Willardson, 2007). Un approccio più specifico, a tal proposito, potrebbe essere quello di eseguire esercizi su superfici stabili ma in appoggio monopodalico e con l'ausilio di pesi liberi. Queste condizioni, oltre a stimolare la capacità di stabilizzazione, consentono un'elevata produzione dei livelli di forza (American College of Sports Medicine 2002; Baechle T.R. and coll. 2000; Garhammer J. 1981; McCurdy K.W. and coll. 2005; Yessis M. 2003; Willardson J. 2007; Willardson J.M. 2004; Panjabi M.M. 1992.) Inoltre, anche se precedenti ricerche hanno dimostrato che esercizi con instabilità indotta da superfici instabili (swiss ball, bosu) provocano un miglioramento dell'equilibrio statico (Cosio-Lima L.M and coll. 2003; Schibek J.S. and coll. 2001; Yaggie, J.A., and B.M. Campbell; 2006) si è visto che non sempre questo miglioramento era successivamente trasferito in gara. Behm e coll., ad esempio (2005b), avevano inizialmente ipotizzato una relazione tra la velocità, l'agilità e la capacità di mantenere l'equilibrio statico su una superficie instabile in giocatori di hockey su ghiaccio. L'assenza di correlazione riscontrata ($r=0,28$) indica però che la capacità di equilibrio statico non può essere trasferita in prestazioni, come l'hockey sul ghiaccio, che richiedono elevati livelli di equilibrio dinamico. Al fine di ottenere adattamenti specifici, quindi, gli autori consigliano di proporre esercizi su superfici uguali a quelle gara, dove la stabilizzazione deve essere ritrovata dopo azioni dinamiche che devono avvicinarsi il più possibile ai gesti gara (Willardson J. 2007). Un ulteriore aspetto interessante, che occorre sottolineare, è che l'allenamento su superfici instabili induce un peggioramento della produzione di forza, sia degli arti superiori che inferiori (Anderson K and Behm D. 2004; Behm DG and Anderson K.2006; Behm D.G. and coll. 2002; McBride J.M. and coll. 2006) e un peggioramento della forza della potenza e della velocità sia nell'esercizio di bench press (Koshida S. and coll. 2008) che in quello di squat (Kornecki S and Zschorlich V. 1994). Queste qualità, forza potenza e velocità, sono necessarie per poter eccellere negli sport che richiedono la capacità di accelerare, decelerare e saltare. Le tensioni, provocate dagli stimoli balistici, sono pertanto necessarie per produrre miglioramenti di forza e andrebbero collocate nella programmazione di ogni allenatore (Behm DG. 1995; Tan B. 1999). Questi stimoli balistici si possono ottenere con esercitazioni pliometriche (DJ), con esercitazioni di salto, con contromovimento (CMJ) e senza contromovimento (SJ), ma anche con esercitazioni derivanti dalla pesistica. Il miglioramento dell'altezza di salto in seguito ad esercitazioni pliometriche è testimoniato da diversi studi presenti in letteratura. (Asmussen E. e Bonde-Petersen F. 1974; Brown e coll. 1986; Komi e Bosco C. 1978). Allo stesso tempo se le esercitazioni pliometriche vengono confrontate con le

esercitazioni di CMJ, non si evidenziano sostanziali differenze. Infatti, Clutch D. and coll. nel 1983, dopo aver confrontato queste due metodiche, concludono affermando che entrambe contribuiscono in modo efficace ad un miglioramento dell'altezza di salto. Questi risultati vengono confermati anche dagli studi effettuati da Gehri and coll. nel 1998 e da Bartholomew S. nel 1985. In entrambi i casi gli autori affermano di non aver evidenziato alcuna differenza tra l'allenamento con DJ e quello con CMJ e che tutte e due le metodiche provocano un miglioramento dell'altezza di salto. Nel 2009, invece, Villarreal and coll. hanno sviluppato una meta-analysis sui vari metodi di allenamento della forza esplosiva, selezionando oltre 70 articoli sui principali motori di ricerca (ADONIS, ERIC, SPORTSDiscus, EBSCOhost, MedLine e PubMed). Le parole cercate sono state: jump training, drop jump, depth jump, stretch-shortening cycle, plyometric, plyometrics, training of power, plyometric training, pliometrique, entrainment pliometrique. Dall'analisi di tutti gli studi risulta che a causa di numerose variabili, quali il livello dei soggetti, l'età, il sesso, la durata il volume e la frequenza degli allenamenti, appare praticamente impossibile identificare un protocollo unico. Nonostante tutto gli autori concludono affermando che per ottimizzare il miglioramento dei parametri di forza esplosiva la strada più efficace è quella di combinare le metodiche pliometriche con quelle di CMJ e SJ, al posto di utilizzarle singolarmente. Per quanto riguarda gli esercizi derivanti dalla pesistica classica (slancio e strappo), numerosi studi hanno focalizzato l'attenzione sull'analisi dei parametri meccanici relativi a forza, potenza e velocità (Cavan P.K. and coll 1996; Garhammer J. 1993; Garhammer J. and coll. 1992; MC Bride J.M. and coll. 1999). Colli and coll. nel 2009 hanno introdotto il termine di pesistica adattata, affermando che i giocatori di sport di squadra dovrebbero utilizzare gli esercizi di pesistica con una tecnica diversa da quella utilizzata dai weight lifting. A tal proposito gli autori riportano un confronto tra le due tecniche dove vengono analizzati i parametri di forza, velocità e altezza di salto e vengono proposte alcune varianti da apportare alle esercitazioni di girata, push press e strappo, al fine di renderle più efficaci per i giocatori di sport di squadra. La differenza principale tra le due tecniche è che in quella adattata viene enfatizzata la fase di salto, mentre in quella classica la fase di incastro. In quest'ultimo caso, per via dell'entità del carico che risulta elevato, la fase di volo deve essere minima. La corretta esecuzione deve prevedere una rapida decontrazione della muscolatura e un'abilità ad incastrarsi sotto il bilanciere, questa è la fase più selettiva dove si verificano i principali errori. Nel caso dei giocatori di sport di squadra, invece, le finalità sono quelle di sviluppare la forza dinamica massima, la forza esplosiva e la forza reattiva. Di conseguenza i carichi non devono essere elevati e ai soggetti va chiesto di esprimere la massima altezza di salto possibile. Questo, oltre a consentire un'applicazione di forza maggiore, permette di utilizzare varianti in appoggio monopodalico e privilegiando gli aspetti torsivi. Nonostante tutto, però, pochi studi si sono preoccupati di analizzare gli effetti di un allenamento di pesistica sui parametri di forza esplosiva. Uno dei pochi lavori presenti in letteratura è quello sviluppato da Tricoli V. and coll, nel 2005, dove è stato fatto un confronto tra un allenamento basato su esercizi di salto, con un altro basato su esercizi di pesistica. Gli autori concludono affermando che gli esercizi di pesistica, anche se necessitano di più tempo per l'apprendimento della tecnica, consentono di ottenere miglioramenti maggiori rispetto al protocollo tradizionale. Naruhiro Hori e coll. nel 2008 hanno provato a mettere in relazione la girata di potenza (power clean) con gli sprint in linea e con cambio di direzione, riscontrando delle correlazioni statisticamente significative. In sostanza, i soggetti con elevate prestazioni nella girata riescono ad esprimere elevate prestazioni anche negli sprint, sia in linea che con cambi di direzione. Gli autori, quindi, concludono affermando che gli sprint e la girata hanno delle qualità neuromuscolari in

comune. Gli sprint vengono spesso usati, negli studi scientifici, come test di valutazione, tuttavia il loro utilizzo come metodica specifica di allenamento è stata spesso trascurata. A tal proposito Markovic G. e coll. nel 2007 hanno confrontato un protocollo di allenamento pliometrico con un altro basato sull'esecuzione di sprint. Gli autori hanno concluso sostenendo che anche un allenamento basato sugli sprint è in grado di produrre un miglioramento dei parametri esplosivi e potrebbe rappresentare una variante utile da combinare con le metodiche tradizionali. Tuttavia, anche il gesto di sprint risulta estremamente specifico; Warren B.Y. e coll. (2001), infatti, sostengono che se ci si allena solo con sprint in linea si migliora solo in linea e non nelle prove con cambi di direzione. Allo stesso tempo anche se ci si allena effettuando solo cambi di direzione il transfer sulle prove in linea risulterà basso. In sostanza queste due metodiche andrebbero proposte insieme se si vuole ottenere un miglioramento complessivo della capacità di sprint.

Alla luce di quanto evidenziato in letteratura il primo punto cardine dell'allenamento è il concetto di funzionalità, quindi movimenti integrati, esercizi poliarticolari, poliassiali, con la presenza di stimoli di disequilibrio e che siano in grado di stimolare la core-stability. Il secondo punto cardine è che questi esercizi vanno abbinati ad esercizi balistici, tra cui anche esercizi di pesistica adattata, che stimolino il sistema neuromuscolare migliorando la produzione di forza. La ricerca di stabilizzazione va effettuata su superfici simili a quelle di gara, con azioni di arresto e frenate, meglio se effettuate in situazioni di appoggio monopodalico.

II. IPOTESI E OBIETTIVI

2.1 Ipotesi e obiettivi Prima Parte

Nell'ambito della forza massima lo squat è senza dubbio l'esercizio principe per l'allenamento degli arti inferiori ma, allo stesso tempo, anche le esercitazioni monopodaliche di contropiegata e di squat monopodalico puro rappresentano una risorsa importante per gli allenatori (William P.Ebben e coll. 2005).

A tal proposito è stata svolta inizialmente un'analisi della contropiegata, con l'obiettivo di determinare il corretto carico che grava sulla gamba anteriore, in funzione della posizione assunta.

Successivamente, è stata sviluppata un'analisi elettromiografica con l'obiettivo di valutare il comportamento delle due gambe nel corso di questo esercizio.

Terminata l'analisi della contropiegata, sono state analizzate e messe a confronto un'esercitazione bipodalica come lo squat parallelo con due esercitazioni monopodaliche, la contropiegata e lo squat monopodalico puro. L'obiettivo era di evidenziare eventuali differenze nell'applicazione di forza tra l'azione bipodalica e quella monopodalica.

Inoltre, l'esecuzione di una curva carico-velocità, come test di valutazione, risulta estremamente utile per pianificare con esattezza i carichi d'allenamento (William P.Ebben 2008). Tuttavia, quando si utilizzano diversi esercizi e si deve lavorare con gruppi numerosi di soggetti, diventa difficile pensare di effettuare dei test di valutazione per ogni esercizio ausiliario che si vuole proporre (William P.Ebben 2008). Per ovviare a questi problemi l'analisi di regressione lineare e le equazioni che si ricavano da essa rappresentano un'alternativa estremamente utile e pratica per prescrivere i carichi di lavoro in modo corretto.

L'ultimo obiettivo dello studio, quindi, è stato quello di testare l'ipotesi che, in ambito di forza massima, esiste una relazione lineare tra lo squat e le esercitazioni monopodaliche che possa risultare utile nella pratica quotidiana dell'allenamento.

2.2 Ipotesi e obiettivi Seconda Parte

Dalla review della letteratura emerge l'importanza di proporre allenamenti funzionali, dove ci sia un coinvolgimento di più catene muscolari e soprattutto del Sistema Nervoso Centrale. Allo stesso tempo, emerge anche la necessità di associare alcuni esercizi balistici che stimolino il sistema neuromuscolare.

Partendo da questi presupposti abbiamo sviluppato il primo studio sperimentale dove abbiamo confrontato un allenamento tradizionale con un allenamento effettuato su superfici instabili. Il primo consisteva nell'esecuzione di balzi a carico naturale eseguiti in diversa modalità (DJ, CMJ, SJ), dove l'elemento balistico era predominante. Il secondo allenamento, invece, non prevedeva elementi balistici ma solo esercizi di squat, squat monopodalico e affondi eseguiti su superfici instabili quali swiss ball, disc 'o' sit e bosu. L'obiettivo dello studio era di valutare gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, forza reattiva e di coordinazione di queste due metodiche utilizzate singolarmente. L'ipotesi dello studio era che entrambi i protocolli non sono sufficienti, se svolti singolarmente, a produrre un miglioramento di tutti i parametri neuromuscolari.

Successivamente, terminato il primo studio e appurate le conclusioni, è partito il secondo studio sperimentale dove abbiamo confrontato un allenamento a prevalenza funzionale con un allenamento a prevalenza tradizionale, con l'obiettivo di valutare gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, reattiva e di coordinazione. Nel primo caso oltre all'esecuzione di esercizi su superfici instabili, utilizzati nello studio precedente, sono stati inseriti anche degli esercizi balistici, di pesistica adattata e di jump, dove al soggetto veniva richiesto di effettuare arrivi in torsione e frenate monopodaliche. Nel secondo allenamento a prevalenza tradizionale, invece, gli esercizi dominanti sono stati sempre movimenti balistici di jump, eseguiti in diversa modalità, di pesistica adattata e di drop jump; oltre a questi tuttavia i soggetti hanno svolto anche una piccola percentuale di altri esercizi su superfici instabili. La prima ipotesi di partenza era che se le due metodiche vengono miscelate e usate contemporaneamente si ottiene un miglioramento più efficace di tutti i parametri neuromuscolari. La seconda ipotesi, invece, era che gli esercizi su superfici instabili non sono l'unico modo per allenare la capacità di equilibrio e di stabilizzazione, ma devono essere integrati da movimenti balistici con una dominanza torsiva e monopodalica. Lo studio, inoltre, ha avuto anche lo scopo di indagare se è più efficace proporre inizialmente un allenamento a prevalenza tradizionale, e successivamente uno a prevalenza funzionale, o viceversa.

Infine, nel terzo studio abbiamo confrontato un allenamento a prevalenza tradizionale con un allenamento basato sull'esecuzione di accelerazioni e decelerazioni con cambi di senso e di direzione. L'obiettivo era valutare gli effetti di queste due differenti metodiche sulle componenti di forza esplosiva, di coordinazione e sulle capacità di sprint. Inoltre, per quanto riguarda l'allenamento a prevalenza tradizionale, in questo caso, gli esercizi su superfici instabili sono stati del tutto abbandonati e sono stati completamente sostituiti da esercizi balistici con una dominanza di stabilizzazione torsiva e monopodalica. Questo è stato fatto con l'obiettivo di dimostrare che le superfici instabili non sono indispensabili e che la capacità di stabilizzazione può essere allenata anche con movimenti balistici che prevedano arrivi torsivi e frenate monopodaliche.

III. MATERIALI E METODI

3.1 Disegno dello studio

Come già descritto in precedenza, questa tesi di dottorato si suddivide in due grandi aree.

La prima parte focalizza l'attenzione sulla forza massima, in particolare sull'analisi della contropiegata e sul confronto dei parametri meccanici ed elettromiografici tra esercitazioni bipodaliche e monopodaliche. Il confronto è fatto tra squat parallelo e contropiegata, e tra squat parallelo e squat monopodalico puro.

La seconda parte, invece, verte sull'analisi di tre studi sperimentali, in ognuno del quale vengono confrontate due metodiche differenti di allenamento e vengono analizzati gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, di forza reattiva e di coordinazione.

3.1.1 *Prima Parte*

➤ OBIETTIVI

- Determinare la percentuale di carico che grava sulla gamba anteriore durante una contropiegata.
- Analisi elettromiografica della contropiegata.
- Analisi e differenze dell'applicazione di forza tra l'azione bipodalica e quella monopodalica.
- Identificare una relazione, in ambito di forza massima, tra esercitazioni bipodaliche e monopodaliche.

➤ SOGGETTI

- Analisi contropiegata e relativo confronto con lo squat parallelo: 12 studenti (23±4 anni, 76±14 kg, 177±10 cm)
- Analisi elettromiografica della contropiegata: 2 studenti (26±2 anni, 74±5,7 kg, 172±5 cm).
- Confronto tra squat parallelo e squat monopodalico puro: 6 giocatori di rugby (24±4 anni, 87±11 kg, 180±5 cm).

➤ STRUMENTI UTILIZZATI

- Force platform Muscle Lab Bosco System, per l'analisi della forza media e della durata.
- Elettromiografo Muscle Lab Bosco System, per l'analisi dell'attività elettrica dei muscoli analizzati durante l'azione di contropiegata.
- Encoder lineare Ergo Speed, per l'analisi della velocità.

➤ TEST EFFETTUATI

- Prove a carichi crescenti squat parallelo.
- Prove a carichi crescenti contropiegata.
- Prove a carichi crescenti squat monopodalico puro.

➤ PARAMETRI ANALIZZATI

- Percentuale di carico che grava sulla gamba anteriore durante una contropiegata.
- Carico extra body weight (Kg).
- Forza media (Newton).
- Durata (secondi).
- EMG, attività elettrica muscolare (Mv).

3.1.2 Seconda Parte

➤ OBIETTIVI

- Valutare gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, forza reattiva e di coordinazione di due diversi protocolli di allenamento: il primo (GT) basato su un allenamento tradizionale, mentre il secondo basato su un allenamento effettuato su superfici instabili (GSI).
- Valutare gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, forza reattiva e di coordinazione di due diversi protocolli di allenamento: il primo (GPT) basato su un allenamento a prevalenza tradizionale, mentre il secondo basato su un allenamento a prevalenza funzionale (GPF).
- Valutare gli effetti, sulle componenti di forza esplosiva, forza reattiva e di coordinazione, di due protocolli di allenamento: il primo (GPT) basato su un allenamento a prevalenza tradizionale, senza elementi di corsa, con balzi, esercizi funzionali di stabilizzazione e pesistica adattata; mentre il secondo gruppo (GAD) basato sull'esecuzione di accelerazioni e decelerazioni effettuati con diverse modalità di cambio di direzione e di senso.

➤ SOGGETTI

- Confronto tra allenamento tradizionale e allenamento funzionale: 15 soggetti: (17±0,3 anni, 67±7,7 kg, 172±4,8 cm).
- Confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento a prevalenza funzionale: 15 soggetti (17±0,5 anni, 67,6±5,8 kg, 175±3,6 cm)
- Confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento fatto da accelerazioni e decelerazioni: 12 soggetti (17±0,4 anni, 66,8±5,4 kg, 174±4,1 cm).

➤ STRUMENTI UTILIZZATI

- Force Platform Kistler Quattrojump, per l'analisi della forza media, della durata e dell'altezza di salto.
- Ergojump Bosco System, per l'analisi dell'altezza di salto, dei tempi di contatto e della potenza espressa.
- Sistema di fotocellule TAC, per l'analisi del tempo relativo agli sprint.

➤ TEST EFFETTUATI

- PRIMO STUDIO: CMJ bl bipodalico – CMJ bl monopodalico – 7 salti stiffness.
- SECONDO STUDIO: CMJ bl bipodalico — CMJ bl monopodalico – 7 salti stiffness.
- TERZO STUDIO: CMJ bl bipodalico – CMJ bl monopodalico – 30 mt in linea – navetta 15+15 mt.

➤ PARAMETRI ANALIZZATI

- PRIMO STUDIO. Forza media (Newton) – Altezza di salto (cm) – Costo muscolare (N/mt/Kg).
- SECONDO STUDIO. Forza media (Newton) – Altezza di salto (cm) – Costo muscolare (N/mt/Kg).
- TERZO STUDIO. Forza media (Newton) – Altezza di salto (cm) – Costo muscolare (N/mt/Kg) – Tempo (s).

3.2 Caratteristiche e selezione dei soggetti studiati

Ai vari protocolli, strutturati nei tre anni di lavoro, ha partecipato un numero complessivo di sessantatre soggetti ($19,6\pm 3,6$ anni, $73\pm 8,7$ kg, $175,6\pm 3$ cm). Il gruppo risulta abbastanza eterogeneo, sono presenti studenti, calciatori e giocatori di rugby. Tutti quanti sono stati precedentemente informati sul progetto a cui erano stati assegnati, sulle modalità di esecuzione e sul tempo necessario al suo svolgimento. Dopo aver preso atto, di quanto precedentemente indicato, hanno accettato di partecipare al lavoro e si sono impegnati a rispettare tutte le indicazioni ricevute.

Di questi sessantatre solo dodici (23 ± 4 anni, 76 ± 14 kg, 177 ± 10 cm) hanno preso parte al progetto inerente all'analisi della contropiegata e al relativo confronto con lo squat parallelo. Questi dodici soggetti erano tutti studenti appartenenti al Corso di Laurea in Scienze Motorie della Facoltà di Medicina dell'Università di Roma Tor Vergata, erano tutti fisicamente attivi e, seppur a livello amatoriale, si allenavano da diverso tempo utilizzando sia lo squat che la contropiegata. Di conseguenza, non è stato necessario prevedere un periodo di addestramento a tali esercizi dal momento che la tecnica risultava già consolidata. Per quanto concerne l'analisi elettromiografica, sono stati analizzati solo due soggetti (26 ± 2 anni, $74\pm 5,7$ kg, 172 ± 5 cm), dei dodici complessivi. Questo perchè tale indagine voleva essere solo di tipo qualitativo e non quantitativo.

Nel confronto tra squat e squat monopodalico puro, invece, al posto del gruppo di soggetti presi in esame nello studio precedente è stato utilizzato un gruppo di sei giocatori di rugby ($23,8\pm 3,8$ anni, $87,2\pm 11,4$ kg, 180 ± 5 cm). La motivazione di questa scelta è stata dettata dal fatto che gli studenti non riuscivano ad eseguire lo squat monopodalico puro con efficacia. Infatti, una poca mobilità dell'articolazione tibio-tarsica e la scarsa dimestichezza con l'esercizio non solo rendevano difficoltosa l'esecuzione ma avrebbero potuto inficiare l'esito delle prove. I rugbisti, al contrario, utilizzando tale esercizio routinariamente durante i propri allenamenti, riuscivano ad eseguirlo in maniera corretta e avrebbero sicuramente fornito dei risultati più veritieri. I rugbisti appartenevano alla società sportiva CUS ROMA RUGBY che militava nel campionato di Serie B.

La seconda parte della tesi, come spiegato precedentemente, verte sul confronto tra diverse metodiche di allenamento orientate allo sviluppo della forza esplosiva e reattiva. La collaborazione con la società di calcio professionistica Cisco Roma, in qualità di preparatore fisico e responsabile dei preparatori del settore giovanile, mi ha consentito di svolgere i protocolli di lavoro in due anni differenti e di conseguenza con due gruppi diversi.

Al primo lavoro, dove è stato fatto un confronto tra un allenamento tradizionale e un allenamento su superfici instabili, hanno partecipato quindici giovani calciatori ($17\pm 0,3$ anni, $67\pm 7,7$ kg, $172\pm 4,8$ cm) che militavano nel campionato di allievi nazionali nella stagione 2006/07, corrispondente al mio primo anno di dottorato. I soggetti che hanno iniziato lo studio erano 19 e sono stati randomizzati ed assegnati al proprio gruppo di lavoro in questa maniera: 9 al gruppo tradizionale (GT) e 10 al gruppo di allenamento su superfici instabili (GSI). Nel corso degli allenamenti, tuttavia, quattro soggetti non sono riusciti a terminare lo studio a causa di infortuni. Di questi quattro, tre appartenevano al gruppo tradizionale mentre solo uno al gruppo che ha effettuato il lavoro su superfici instabili. Tutti i soggetti hanno svolto lo stesso numero di allenamenti, lo stesso lavoro metabolico, la stessa tipologia di allenamento tecnico tattico proposto dall'allenatore e, inoltre, la differenza del minutaggio relativo alle

partite ufficiali non è risultata statisticamente significativa. L'unica differenza era appunto legata alle caratteristiche del gruppo di lavoro a cui erano stati assegnati.

Nella stagione 2008/09, corrispondente al mio terzo anno di dottorato, ho ripreso la collaborazione con la Cisco Roma, che era cessata nell'anno 2007/08, e ho avuto pertanto la possibilità di strutturare altri due protocolli di allenamento. Questa volta però ho dovuto utilizzare un altro gruppo di calciatori, che militavano sempre nel campionato di Allievi Nazionali.

Il primo di questi due lavori consisteva nel confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento a prevalenza funzionale. A questo protocollo hanno preso parte quindici soggetti ($17\pm 0,5$ anni, $67,6\pm 5,8$ kg, $175\pm 3,6$ cm) che sono stati suddivisi in questo modo: 8 sono stati assegnati al primo gruppo a prevalenza tradizionale (GPT), mentre 7 al secondo gruppo a prevalenza funzionale (GPF).

Il secondo lavoro, invece, consisteva nel confronto tra l'allenamento a prevalenza tradizionale, descritto precedentemente e un'ulteriore metodica composta da accelerazioni e decelerazioni eseguite con diverse modalità di cambi di direzione e di senso. Questo lavoro è stato svolto sempre nella stagione 2008/09 ma due mesi dopo la fine del protocollo precedente. A questo studio hanno partecipato solo 12 ($17\pm 0,4$ anni, $66,8\pm 5,4$ kg, $174\pm 4,1$ cm) dei 15 soggetti utilizzati precedentemente. Degli altri tre, uno era infortunato mentre gli altri due erano stati ceduti al mercato di gennaio. I soggetti sono stati randomizzati e suddivisi equamente nei due gruppi di lavoro previsti.

Anche in questo caso, in entrambi i protocolli, il lavoro metabolico, tecnico, tattico e lo stesso numero di gare, sia amichevoli che ufficiali, non ha subito sostanziali differenze; nonostante le difficoltà che questo comporta e che solo chi opera quotidianamente sul campo, a diretto contatto con i giocatori, può conoscere.

3.3 Materiali

Per identificare la percentuale di peso rispetto al BW, che grava sulla gamba anteriore durante una contropiegata, è stata utilizzata la Force Platform del Muscle Lab Bosco System 4000e (Figura 1). Il Muscle Lab Bosco System 4000e è uno strumento di valutazione funzionale capace di rilevare ed amplificare i processi biologici che si verificano nel muscolo durante la contrazione sia dinamica che isometrica. Ha una frequenza di campionamento di 100 Hertz e può essere interfacciato con una serie di strumentazioni tra cui appunto la Force Platform, che consente nello specifico di analizzare la forza impressa al suolo durante tutti i movimenti antigravitari.



Figura 1 - Force Platform Muscle Lab Bosco System 4000e per la valutazione della forza espressa al terreno.

La force platform è costituita da una base rettangolare che trasmette la sollecitazione esercitata dal soggetto su di essa, ad un secondo elemento, i trasduttori di forza. I trasduttori di forza sono rappresentati da quattro celle di carico che hanno il compito di registrare la frazione del carico totale che viene trasmesso a terra tramite il basamento. Nel momento in cui una persona sale su una piattaforma dinamometrica, lo strumento registrerà un segnale equivalente al suo peso, comportandosi né più né meno come una semplice bilancia. Il peso (o forza peso) è una grandezza vettoriale che esprime la forza con cui un corpo è attratto dalla terra, viene solitamente misurato mediante il Kg-peso, un'unità di misura pratica che corrisponde al Kg-massa attratto dalla Terra alla latitudine di 45° , nel vuoto e a livello del mare. La relazione tra Kg-peso

e Newton, che è la vera unità di misura della forza, è la seguente: $1 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m*s}^{-2} = 9,81 \text{ Newton}$ (Dal Monte, Faina 2003).

Per quanto concerne l'analisi qualitativa di una contropiegata, sviluppata con un carico di forza massima, abbiamo utilizzato il Muscle Lab Bosco System 4000e interfacciato con un elettromiografo di superficie (Figura 2). In questo modo abbiamo potuto acquisire dei dati scincronizzati tra la forza e l'attività elettrica muscolare, tale tecnica è stata validata scientificamente ed è utilizzata in numerosi lavori di valutazione funzionale (Paoli A. e coll. 2009).



Figura 2 - Elettromiografo Muscle Lab Bosco System 4000e per la valutazione dell'attività elettrica muscolare.

Per elettromiografia si intende l'insieme delle tecniche per il rilievo, l'elaborazione, la rappresentazione e l'interpretazione dei segnali elettrici generati durante la contrazione volontaria o indotta dai muscoli scheletrici. Il segnale elettromiografico, o mioelettrico, è la tensione rilevata con due o più elettrodi all'interno del volume conduttore (rilevamento con aghi) oppure sulla superficie della pelle (rilevamento di superficie). Rispetto alla più consolidata elettromiografia con aghi, la tecnica cutanea non permette, naturalmente, di rilevare l'attività delle singole unità motrici ma quella dovuta ad un effetto di sommazione dei potenziali d'azione di più fibre muscolari. Tuttavia, l'utilizzo di elettrodi di superficie semplifica sensibilmente le operazioni di prelievo del segnale e, unitamente alla non invasività della tecnica, rende possibile l'effettuazione di registrazioni nel contesto di test massimali o di competizioni (Dal Monte, Faina 2003).

Dopo aver analizzato la contropiegata, i quindici studenti hanno svolto una serie di prove a carichi crescenti sia nello squat che nella contropiegata. Nel corso di queste prove è stata utilizzata la Force Platform del Muscle Lab Bosco System 4000e per valutare la forza impressa al suolo e la durata della fase concentrica. Lo studio relativo al confronto tra squat e squat monopodalico puro prevedeva, invece, solo le prove a carichi crescenti per costruire le relative curve carico-durata e forza-durata, necessarie per analizzare le differenze tra i due esercizi. Per fare questo quindi è stata utilizzata solo la Force Platform del Muscle Lab Bosco System 4000e.

In entrambi gli studi è stato utilizzato l'ergo speed, un encoder lineare che calcola lo spazio in funzione del tempo e da cui è possibile ricavare la velocità di spostamento del bilanciere (Figura 3).

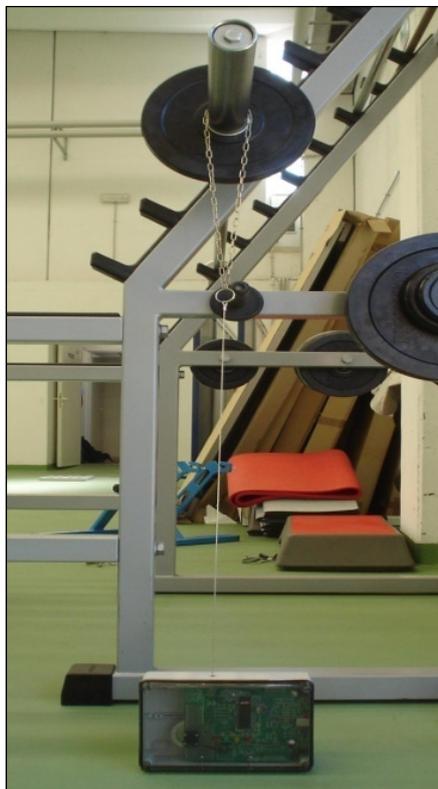


Figura 3 – Ergo speed: encoder lineare per la misurazione dei parametri cinematici spazio, durata e velocità.

Nella seconda parte della tesi dove dovevano essere valutate le azioni di salto, CMJ bipodalico e CMJ monopodalico, è stata utilizzata la Force Platform Kistler Quattrojump (Figura 4). Questa piattaforma di forza ha una frequenza di campionamento di 1000 Hertz, a differenza di quella del Muscle Lab che risulta essere di 100 Hertz. Questa differenza di campionamento non incide in azioni di lunga durata come quelle di forza massima analizzate precedentemente, mentre in un'azione esplosiva può influire soprattutto sul parametro di durata, da cui si ottiene l'altezza di salto. Occorre ricordare, a tal proposito, che l'altezza di salto è direttamente proporzionale al tempo di volo ($h=122,6 \cdot T_v^2$) (Asmussen e Bonde-Petersen 1974). Pertanto, al fine di ottenere dei dati più precisi, riguardanti la durata e l'altezza di salto, abbiamo deciso di cambiare piattaforma di forza e utilizzare una con una frequenza di campionamento maggiore.

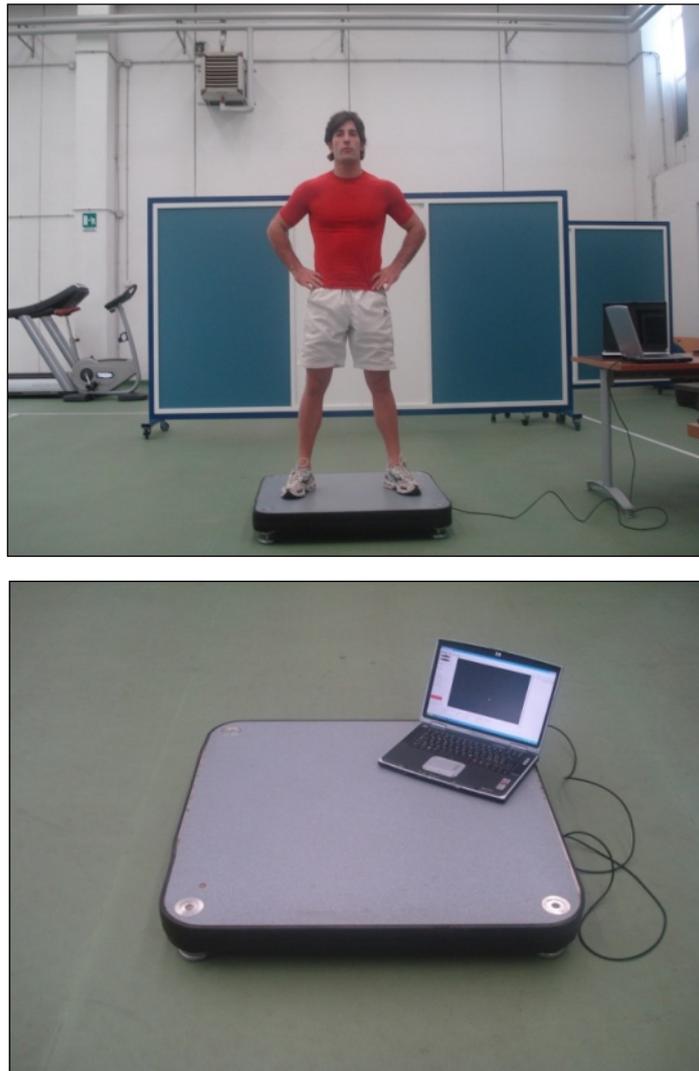


Figura 4 – Force Platform Kistler Quattrojump per la valutazione della forza espressa al terreno.

Per quanto concerne l'analisi del test di stiffness è stato utilizzato l'Ergojump Bosco System (Figura 5), brevettato dal Prof. Carmelo Bosco (1980, Copyright, brevetto n° 1221088). L'ergojump è un tappetino a conduttanza connesso ad un PC, il circuito viene aperto dal soggetto al momento dello stacco e viene chiuso dallo stesso al termine della fase di volo, quando i piedi toccano il terreno. Il software consente di calcolare il tempo di contatto e il tempo di volo di uno o più salti. I primi lavori di ricerca, usando questo sistema, apparvero in Italia negli anni ottanta (Bosco 1980) e nella letteratura internazionale subito dopo (Bosco 1981 a,b; 1983). La paternità dell'idea, tuttavia, è di Asmussen e Bonde-Petersen che, nel 1974, introdussero con una geniale intuizione il sistema di misurare il sollevamento del centro di gravità del soggetto durante la prova di salto misurando il tempo impiegato nella fase di volo. Dalle formule introdotte da questi due fisiologi e biomeccanici nacque l'Ergojump Bosco System, che in un primo momento forniva solo il tempo di volo. Successivamente, invece, con microprocessori che si basavano su modelli matematici e procedimenti biomeccanici, divenne possibile calcolare automaticamente l'altezza di salto (h) e nelle prove di potenza, come appunto il test di stiffness, il tempo di lavoro positivo e negativo (eccentrico) e la potenza meccanica sviluppata ed espressa in watt/kg.



Figura 5 – Ergo Jump Bosco System per l'analisi dei parametri di Altezza di salto (cm), Tempi di contatto (ms) e Potenza espressa (watt).

Nell'ultimo lavoro, dove oltre ai salti, valutati sempre con la Quattrojump, dovevano essere valutati anche gli sprint, è stato utilizzato un sistema di fotocellule elettriche TAC della Ttsport (Figura 6). Questo sistema è composto da un unico software e da un SAD (Sistema Acquisizione Dati) ai quali sono collegate delle fotocellule senza fili che ricevono i dati in telemetria tramite una piccola antenna. Permette di rilevare i tempi con estrema precisione al millesimo di secondo e di scaricarli ad un PC, tramite una porta seriale, per raccogliarli in un foglio di calcolo Excel. Le fotocellule erano sistemate su appositi cavalletti in funzione della distanza prefissata dal test.

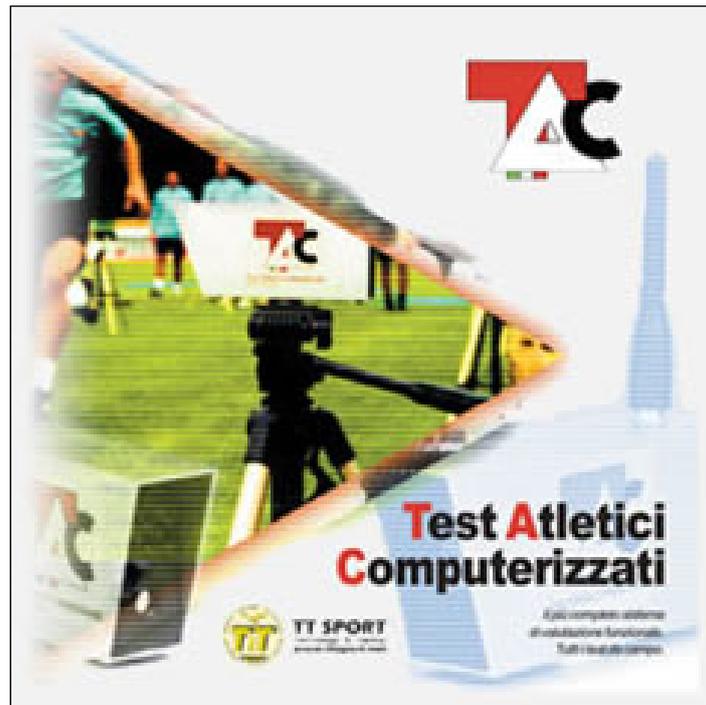


Figura 6 – Fotocellule elettriche TAC TTsport per la rilevazione del tempo impiegato ad effettuare gli sprint.

3.4 Protocollo dello studio Prima Parte

Al fine di determinare il corretto carico che grava sulla gamba anteriore e su quella posteriore sono state eseguite una serie di contropiegate nelle seguenti posizioni (Figura 7):

- Contropiegata con proiezione del ginocchio della gamba anteriore che cade in direzione della punta del piede, con piedi distanti 30-60-80 cm.
- Contropiegata con tibia della gamba anteriore perpendicolare a terra, con piedi distanti 30-60-80 cm.
- Contropiegata con step dietro, piedi distanti 60 cm e due differenti altezze, 20 e 40 cm.

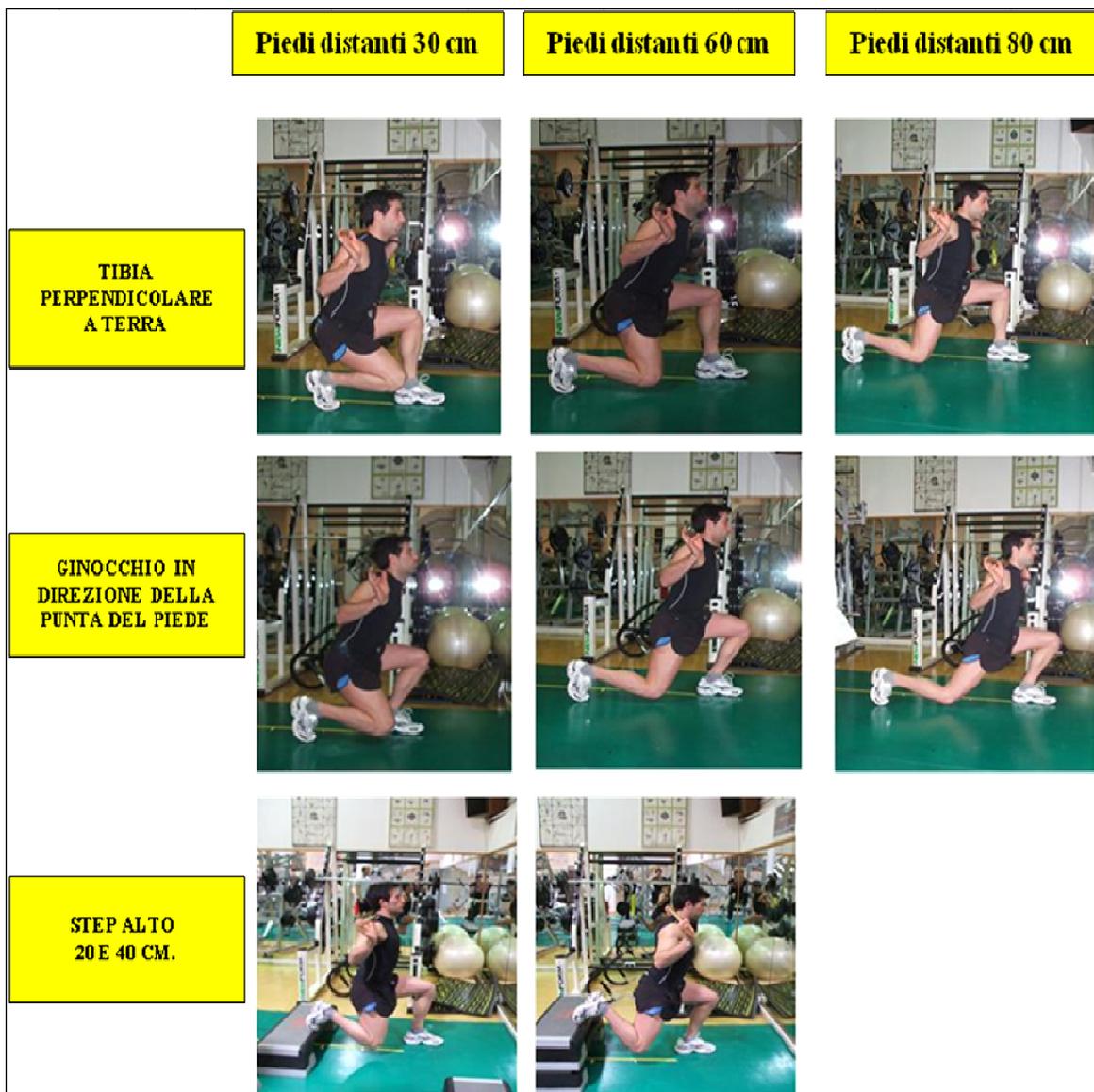


Figura 7 - Analisi della contropiegata modificando i parametri della lunghezza dei piedi e della posizione del ginocchio della gamba anteriore.

Con la Force Platform del Muscle Lab Bosco System, opportunamente calibrata inizialmente, abbiamo analizzato la forza impressa al suolo e di conseguenza la percentuale di peso rispetto al BW che grava sulla gamba anteriore a seconda della posizione. Le prove sono state svolte tutte lo stesso giorno nello stesso laboratorio di ricerca, lo Human Performance and Training Lab C. Bosco della Facoltà di Scienze Motorie dell'Università di Roma Tor Vergata, e sono terminate nell'arco di 3 ore, dalle 9:30 alle 12:30 circa. Non è stato necessario effettuare alcun riscaldamento in quanto le prove consistevano solo nel raggiungere la posizione richiesta e mantenerla per 5 secondi, il tempo sufficiente per effettuare la registrazione. La successione delle prove è avvenuta esattamente nella maniera in cui sono state descritte precedentemente, quindi la prima prova è stata con proiezione del ginocchio della gamba anteriore che cade in direzione della punta del piede e piedi distanti 30 cm. Dopo aver fatto eseguire a tutti i soggetti la prima prova siamo passati alla seconda, lasciando inalterata la posizione ma aumentando solo la distanza dei piedi, poi alla terza e poi a tutte le altre fino a terminare con contropiegata con step dietro, piedi distanti 60 cm e altezza step di 40 cm. Per ogni posizione i soggetti hanno effettuato una misurazione sia della gamba anteriore che di quella posteriore, per valutare eventuali dispersioni che tuttavia non si sono verificate.

Per quanto concerne l'analisi elettromiografica della contropiegata sono stati analizzati due soggetti che hanno eseguito questo esercizio con un carico di forza massima, ognuno dei quali equivalente al Body Weight del soggetto (70 Kg e 75 Kg). I test di valutazione sono stati svolti nello stesso laboratorio, alla stessa ora ma in due giorni diversi. Il riscaldamento è stato identico per entrambi i soggetti, che hanno eseguito una serie di contropiegate prima a carico naturale e poi con un sovraccarico extra che è aumentato progressivamente fino ad arrivare al BW con cui è stata effettuata la prova. L'esercizio iniziava con il soggetto in equilibrio ortostatico e il bilanciere sulle spalle, da questa posizione il soggetto portava una gamba indietro piegandola fino a sfiorare il pavimento con il ginocchio, in modo tale da formare tra gamba e coscia un angolo di 90°. La gamba anteriore rimaneva in avanti e contribuiva, come visto precedentemente, al mantenimento di gran parte del carico totale. Durante le prove sono stati forniti alcuni accorgimenti fondamentali: mantenere il busto eretto, per evitare sovraccarichi a livello del rachide, far sì che la proiezione a terra del ginocchio della gamba anteriore non oltrepassasse la punta del piede, per evitare di provocare tensioni elevate a livello del ginocchio e, infine, cercare di evitare il valgismo o il varismo del ginocchio della gamba anteriore. Una volta raggiunta la posizione di coscia parallela il soggetto doveva imprimere forza per ritornare nella posizione di partenza. Attraverso la Force Platform del Muscle Lab è stata registrata la forza impressa al suolo, sia dalla gamba anteriore che da quella posteriore, mentre con l'elettromiografo del Muscle Lab abbiamo ottenuto i valori di attività elettrica muscolare, sincronizzati con quelli di forza. Avendo a disposizione una sola piattaforma dinamometrica i soggetti hanno effettuato prima una contropiegata con la gamba anteriore sulla pedana e la gamba posteriore fuori e successivamente un'altra contropiegata con la gamba anteriore fuori e la gamba posteriore sulla pedana. Per la sincronizzazione delle due gambe abbiamo preso come momento iniziale l'istante in cui la velocità, registrata con l'endoder, dal valore zero (bilanciere fermo) passava ad un valore positivo (inizio della fase di spinta). Questo istante corrispondeva all'inizio dell'applicazione di forza concentrica da parte del soggetto. Per quanto riguarda l'elettromiografia di superficie, invece, i muscoli analizzati sono stati il vasto laterale e il vasto mediale, sia della gamba anteriore che di quella posteriore. Per quanto riguarda l'EMG abbiamo preso in considerazione esclusivamente il timing di attivazione. Il posizionamento degli elettrodi è avvenuto solo dopo l'applicazione di crema conduttrice e previa pulizia della cute. Ciascun

elettrodo è stato applicato sulla cute sovrastante il muscolo scheletrico indagato, rispettando i dettami che regolano l'applicazione degli stessi (Merletti 2000). Ogni soggetto ha effettuato tre prove che non hanno mostrato sostanziali differenze per quanto riguarda l'andamento dinamografico e il timing di attivazione muscolare.

Successivamente, i soggetti hanno svolto una serie di prove a carichi crescenti sia nello squat (Figura 8) che nella contropiegata (Figura 9). Le prove sono state effettuate tutte nello stesso laboratorio di ricerca, lo Human Performance and Training Lab C. Bosco della Facoltà di Scienze Motorie dell'Università di Roma Tor Vergata, ma in quattro giorni diversi. I soggetti, infatti, sono stati suddivisi in due gruppi da sei soggetti ciascuno; nei primi due giorni si sono svolte le prove relative allo squat, mentre negli altri due giorni le prove relative alla contropiegata.



Figura 8 - Squat Parallelo

Figura 9 - Contropiegata.

Figura 10 - Squat Monopodalico

Per quanto riguarda lo squat sono state eseguite in media $5,5 \pm 1$ prove con un range da 4 a 7 prove. La scelta dei carichi è stata fatta in rapporto al BW, si è partiti da un carico pari al 50% del BW che è stato incrementato progressivamente fino ad arrivare al massimale reale. Con una velocità media maggiore di 0,5 m/s, sono state effettuate 3 prove, mentre quando la velocità è scesa al di sotto di 0,5 m/s, i soggetti hanno eseguito solo due prove. In entrambi i casi è stata scelta la prova dove il soggetto esprimeva la velocità media più alta.

Per l'esercizio di contropiegata, invece, sono state svolte $4,5 \pm 1$ prove con un range da 3 a 6 prove. Anche in questo caso il carico è aumentato progressivamente, a differenza dello squat, tuttavia, non è stato provato il massimale reale. Il test è terminato quando la velocità media è scesa sotto ai 0,5 m/s. La scelta dei carichi nella contropiegata è stata fatta in modo tale che i soggetti sollevassero, sia nella prova bipodolica che in quella monopodalica, lo stesso carico extra body weight, in modo tale da poter confrontare le prove con un carico ponderato. Per fare questo abbiamo dovuto sviluppare, inizialmente, un'equazione che ci ha consentito di ponderare il carico corretto da utilizzare nella contropiegata conoscendo i kg extra BW utilizzati nello squat. In questa maniera abbiamo potuto identificare 39 prove nelle quali i soggetti hanno sviluppato sia lo squat che la contropiegata con lo stesso carico per gamba.

Nella tabella 1 oltre all'equazione utilizzata, vengono riportati alcuni esempi dei carichi utilizzati dai soggetti.

$$\text{Carico contropiegata} = (\text{carico squat} + \text{BW}) * 0,714 - \text{BW}$$

SOGGETTO	BW	KG SQUAT	% PESO	KG CONTROPIEGATA
1	76	100	70%	50
2	76	130	70%	70
3	100	100	70%	42
4	100	140	70%	70

Tabella 1: Esempi relativi ad alcuni soggetti del carico utilizzato nello squat e di quello corrispondente utilizzato nella contropiegata, calcolato con l'equazione sopraindicata.

La stessa struttura organizzativa è stata mantenuta nel confronto tra squat parallelo e squat monopodalico puro (Figura 10). In questo caso le prove sono state effettuate nella palestra del CUS ROMA RUGBY, dove i giocatori svolgevano gli allenamenti. I test sono durati due giorni, nel primo è stato valutato lo squat parallelo mentre nel secondo lo squat monopodalico puro.

Per quanto riguarda lo squat parallelo sono state effettuate $5,6 \pm 1$ prove con un range da 5 a 7 prove. Per la scelta dei carichi dello squat sono state seguite le stesse procedure dello studio precedente, si è partiti dal 50% del BW per poi incrementare progressivamente fino ad arrivare al massimale reale. Con una velocità media maggiore di 0,5 m/s, sono state effettuate 3 prove, mentre quando la velocità è scesa al di sotto di 0,5 m/s, i soggetti hanno eseguito solo due prove. In entrambi i casi è stata scelta la prova dove il soggetto esprimeva la velocità media più alta.

Nello squat monopodalico puro, invece, i rugbisti hanno effettuato in media $3,8 \pm 0,5$ prove, con un range da 3 a 4 prove. In questo caso non è stato provato il massimale reale ma il test è terminato quando la velocità scendeva al di sotto di 0,5 m/s. In questo caso, a differenza della contropiegata, la scelta dei carichi è risultata abbastanza facile. Infatti, per ottenere il carico extra da utilizzare nello squat monopodalico è stato sufficiente dividere per due il carico totale (sovraccarico extra + BW) utilizzato nello squat e sottrarre poi il valore del peso corporeo. Ad esempio, un soggetto che pesava 100 kg e sollevava un carico extra di 120 kg sollevava nello squat bipodalico un carico totale di 220 kg, 110 kg per gamba. Nello squat monopodalico è stato sufficiente aggiungere un sovraccarico extra di 10 kg per far sì che il carico totale sollevato da una gamba fosse esattamente uguale a quello sollevato, sempre dalla stessa gamba, nella prova bipodalica (10 kg + 100 kg di BW = 110 kg).

In entrambi gli studi i parametri presi in considerazione sono stati la forza espressa al terreno, la durata dell'azione e il carico EBW (Extra Body Weight). Dopo aver elaborato i dati sono state tracciate, per ogni soggetto testato, una curva carico-durata ed una curva forza-durata per ogni esercizio eseguito.

Con i dati relativi agli studenti è stato fatto il confronto tra squat e contropiegata, mentre con quelli dei rugbisti il confronto tra squat e squat monopodalico puro.

3.5 Protocollo dello studio Seconda Parte

3.5.1 Confronto tra un allenamento tradizionale e un allenamento su superfici instabili

L'obiettivo del primo studio è stato quello di valutare gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, forza reattiva e di coordinazione di due protocolli differenti, il primo basato su un allenamento tradizionale, mentre il secondo basato su un allenamento su superfici instabili. I soggetti sono stati divisi casualmente in due gruppi: un gruppo tradizionale (GT) e un gruppo superfici instabili (GSI).

Il lavoro tradizionale era caratterizzato da esercizi poliarticolari, balistici, sia eccentrici che concentrici, e da azioni dove era richiesta al soggetto sempre la massima velocità esecutiva (pag. 43). Gli esercizi su superfici instabili, invece, non prevedevano movimenti balistici e consistevano nell'esecuzione di squat bipodalici, di squat monopodalici e di affondi effettuati su disc 'o' sit, bosu e meduse (pag. 42). Erano quindi tutti esercizi poliarticolari, poliassiali e di velocità variabile, sollecitavano la struttura del CORE e presentavano uno stimolo disequilibrante indotto da elastici e appunto superfici instabili.

Il protocollo di lavoro è durato due mesi, da metà Ottobre a metà Dicembre, e la frequenza degli allenamenti è stata di una volta a settimana, solitamente il Mercoledì. In totale, quindi, sono state svolte otto sedute di allenamento. Le due settimane precedenti all'inizio dello studio sono state utilizzate per consentire ai soggetti di familiarizzare con gli esercizi che hanno effettuato successivamente, a seconda del gruppo a cui erano stati assegnati.

Tutti e due i gruppi hanno effettuato gli stessi test di valutazione: il CMJ bipodalico e il CMJ monopodalico per la valutazione della forza esplosiva, il test di stiffness per la valutazione della forza reattiva. Entrambi i CMJ sono stati effettuati con braccia libere; nel test di stiffness, invece, si richiedeva al soggetto di mantenere le ginocchia bloccate. Questa batteria di test è stata fatta sia prima che al termine del protocollo di allenamento e, in entrambi i casi, si è svolta sullo stesso campo e alla stessa ora, dalle 14:00 alle 15:30 circa. Il riscaldamento pre-test, identico in tutti i soggetti sia nel test d'entrata che in quello di uscita, prevedeva 6 minuti di corsa e mobilizzazione generale, che ogni soggetto eseguiva liberamente, 3x8 ripetizioni di squat a carico naturale, 3x10 ripetizioni di squat monopodalico a carico naturale e 6 sprint a navetta su 10 metri. Infine, come riscaldamento specifico, 2 serie da 6 ripetizioni ciascuna, dove, nella prima si effettuava un CMJ bipodalico mentre nella seconda un CMJ monopodalico. La successione dei test è stata uguale sia nel test d'entrata che in quello d'uscita, prima sono stati effettuati tutti i CMJ bipodalici, poi tutti i CMJ monopodalici e infine il test di stiffness. Al termine dei test i soggetti hanno effettuato l'allenamento tecnico-tattico con l'allenatore, mentre il protocollo ha avuto inizio la settimana successiva. Per quanto riguarda il CMJ bipodalico ogni soggetto ha effettuato 4 prove ed è stata scelta la migliore. Per il CMJ monopodalico, invece, ogni soggetto ha effettuato 6 prove, 3 per gamba, ed è stata fatta una media tra il miglior valore ottenuto con la gamba destra e il miglior valore ottenuto con la sinistra. Per quanto riguarda i CMJ, invece, i parametri presi in considerazione sono stati l'altezza di salto, la forza media applicata al suolo e il COSTO MUSCOLARE. L'altezza di salto è stata calcolata attraverso il tempo di volo, $h=122,6*Tv^2$. (Asmussen e Bonde-Petersen 1974). Per il calcolo della forza media è stata depurata la forza eccentrica ed è stato considerato solo il valore della forza concentrica. Nella Figura 11, dove è stato analizzato un CMJ BL bipodalico, si nota che quando il soggetto è fermo la Force

Platform rileva la sua forza peso ($BW*9,81$), quando inizia la fase di piegamento (fase 1) la forza diminuisce fino ad arrivare ad un valore prossimo allo zero. Il soggetto, ovviamente, non ha perso il suo peso corporeo ma ha solo allentato la tensione dei suoi muscoli e ha smesso di applicare forza, facendosi vincere dalla forza di gravità. Nella fase 2 il soggetto, per evitare di cadere a terra inizia ad applicare forza, questa è una forza di tipo eccentrico e serve per frenare il piegamento, che tuttavia non è ancora terminato.

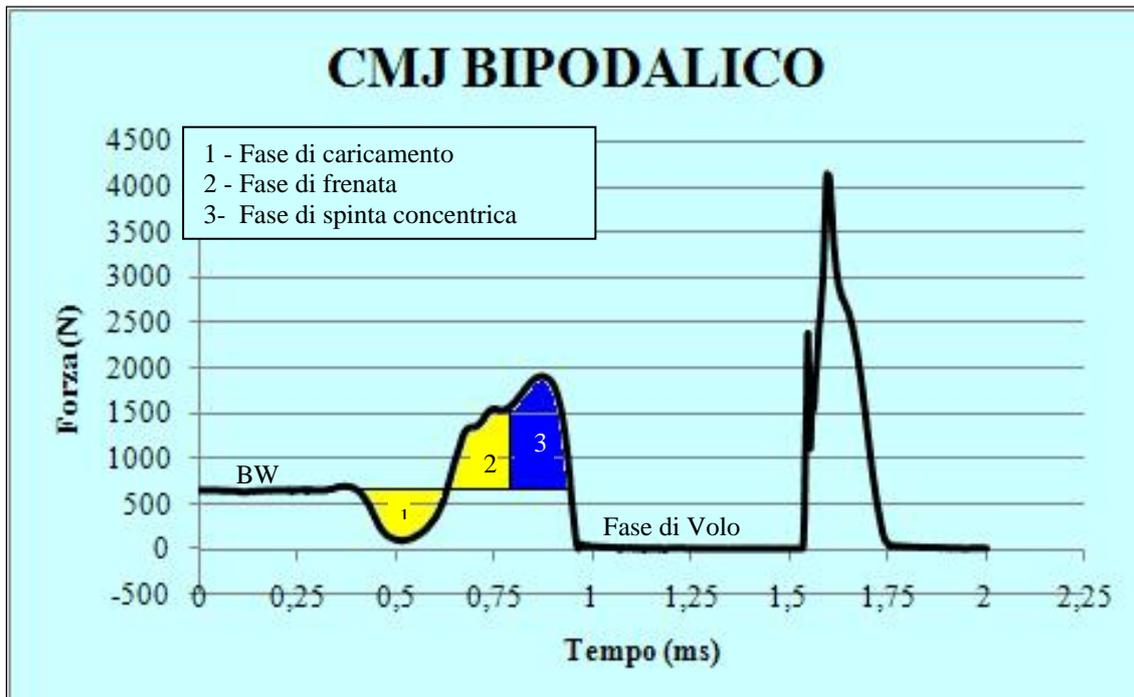


Figura 11 - Analisi di un CMJ bipodalico effettuato sulla Force Platform.

All'inizio della fase 3, che viene zoommata in Figura 12, la velocità (velocity) è uguale a zero e il centro di gravità si trova nel punto più basso (y-position). Da questo momento in poi il soggetto inizierà ad esprimere una forza di tipo concentrico (vertical force), la velocità da negativa diventerà positiva e il centro di gravità inizierà la risalita. La fase di spinta concentrica termina quando si raggiunge il picco di velocità, in questo istante la forza torna ad un valore pari a quello della forza peso e il soggetto si trova sulla punta dei piedi, pronto ad effettuare il salto. Dopo questa fase inizia la fase di volo.

Il Costo Muscolare è stato ricavato, invece, dal rapporto tra la forza relativa (F/bw) e l'altezza di salto espressa in metri.

Nel test di Stiffness sono state prese in considerazione le medie, fornite dall'Ergo Jump Bosco System, relative ai valori di altezza di salto, tempi di contatto e potenza media espressa. (Figura 13).

CMJ BIPODALICO – FASE CONCENTRICA

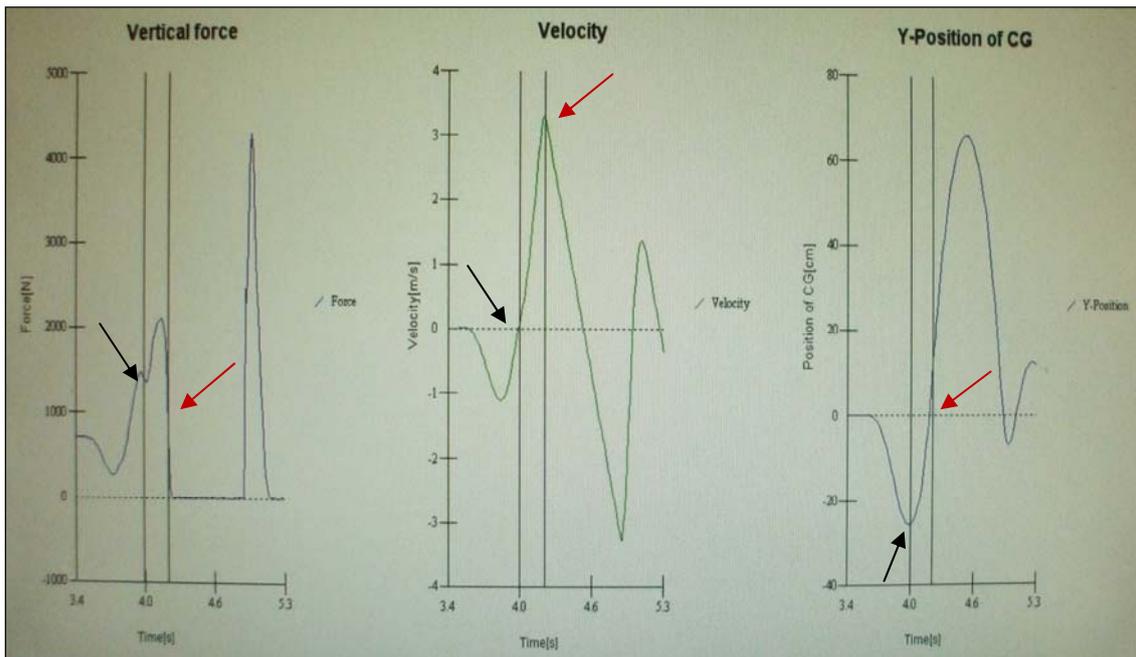


Figura 12 - Analisi della Forza, della Velocità e dello Spostamento durante la fase concentrica di un CMJ bipodalico effettuato sulla Force Platform del Muscle Lab.



Figura 13 - Schermata del software dell'Ergo Jump Bosco System che permette di visualizzare on-line l'altezza di salto (cm), i tempi di contatto (ms) e la potenza espressa (watt).

Il riscaldamento effettuato prima degli allenamenti è stato identico tra tutti i soggetti, ma non è stato possibile standardizzarlo in quanto, a volte, era l'allenatore a condurre la prima parte della seduta con esercitazioni prettamente tecniche. Nel gruppo funzionale, il volume di lavoro non è stato stabilito a priori ma strutturato di giorno in giorno in modo tale che entrambi i gruppi effettuassero lo stesso tempo di lavoro (Tabella 2). Nel corso dello studio tutti i soggetti hanno svolto lo stesso allenamento metabolico, lo stesso allenamento tecnico tattico proposto dall'allenatore e, inoltre, la differenza del minutaggio relativo alle partite ufficiali non è risultata statisticamente significativa tra i due gruppi ($P < 0,24$).

Numero Ripetizioni	ALLENAMENTO TRADIZIONALE	ALLENAMENTO SUPERFICI INSTAB.
1° ALLENAMENTO	69	20 min
2° ALLENAMENTO	92	25 min
3° ALLENAMENTO	96	30 min
4° ALLENAMENTO	100	35 min
5° ALLENAMENTO	92	25 min
6° ALLENAMENTO	110	35 min
7° ALLENAMENTO	100	30 min
8° ALLENAMENTO	114	40 min

Tabella 2: Riepilogo del volume di allenamento dei due gruppi di lavoro.

3.5.2 *Confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento a prevalenza funzionale*

L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, forza reattiva e di coordinazione di due diversi protocolli di allenamento: il primo a prevalenza tradizionale (GPT), mentre il secondo a prevalenza funzionale (GPF). In sostanza le due metodiche utilizzate nel primo studio sono state miscelate e proposte contemporaneamente, anche se sono state introdotte alcune varianti.

Nel gruppo a prevalenza tradizionale (GPT) i soggetti svolgevano una percentuale maggiore di esercizi tradizionali (pag. 43-44) ed una minore di esercizi su superfici instabili (pag. 42). Nel gruppo a prevalenza funzionale (GPF), viceversa, effettuavano una percentuale maggiore di esercizi su superfici instabili (pag. 42) ed una minore di esercizi tradizionali (pag. 44). Gli esercizi tradizionali erano caratterizzati da stimoli balistici, sia concentrici che eccentrici concentrici, dove era richiesta sempre la massima velocità esecutiva ed erano tutti esercizi poliarticolari effettuati sia in appoggio bipodalico che monopodalico. Gli esercizi su superfici instabili, invece, non prevedevano movimenti balistici ed erano caratterizzati da stimoli poliarticolari, poliassiali e di velocità variabile, sollecitavano la struttura del CORE e presentavano uno stimolo disequilibrante proveniente da diverse entrate e indotto da elastici. Nel gruppo a prevalenza funzionale (GPF), inoltre, tutti gli esercizi tradizionali proposti erano caratterizzati dalla presenza di elementi di instabilità indotta da frenate monopodaliche e arresti in torsione effettuati dopo movimenti balistici svolti alla massima velocità (pag. 44). L'allenamento funzionale, infatti, prevede uno stimolo disequilibrante che, in questo caso, veniva ricercato, oltre che con esercizi su superfici instabili, anche con stabilizzazioni dopo azioni di salto eseguite alla massima velocità ed effettuate in appoggio monopodalico e stimolando le componenti torsive.

I test utilizzati sono stati, per le azioni di forza esplosiva, il CMJ bipodalico e il CMJ monopodalico, effettuati entrambi con le braccia libere. Per la forza reattiva, invece, è stato eseguito il test di 7 salti stiffness e in questo caso si richiedeva al soggetto di non piegare le ginocchia. Sia i test d'entrata che quelli d'uscita sono stati effettuati da tutti i soggetti lo stesso giorno, nello stesso campo e alla stessa ora, dalle 14:30 alle 15:30 circa. La successione dei test è stata uguale per tutti, sia nei test d'entrata che in quelli d'uscita. Sono stati effettuati prima tutti i CMJ bipodalici, poi quelli monopodalici e, infine, il test di stiffness. Per quanto riguarda il CMJ bipodalico ogni soggetto ha effettuato 4 prove ed è stata scelta la migliore. Per il CMJ monopodalico, invece, ogni soggetto ha effettuato 6 prove, 3 per gamba, ed è stata fatta una media tra il miglior valore ottenuto con la gamba destra e il miglior valore ottenuto con la sinistra. Per il test di stiffness, infine, sono stati presi i valori medi dei 7 salti effettuati a ginocchia bloccate. Il riscaldamento pre-test, identico in tutti i soggetti sia nei test d'entrata che in quelli di uscita, prevedeva 6 minuti di corsa e mobilizzazione generale, che ogni soggetto eseguiva liberamente, 3x8 ripetizioni di squat a carico naturale, 3x10 ripetizioni di squat monopodalico a carico naturale e 6 sprint a navetta su 10 metri. Infine, come riscaldamento specifico, 2 serie da 6 ripetizioni ciascuna dove nella prima si effettuava un CMJ bipodalico, mentre nella seconda un CMJ monopodalico. I parametri analizzati sono stati per i CMJ la forza media, l'altezza di salto e il costo muscolare. Per quanto concerne la stiffness abbiamo analizzato invece il tempo di contatto, l'altezza e la potenza sviluppata. Per calcolare la forza media dei CMJ è stato ripetuto il procedimento del primo studio (Pag. 35-36, Figure 11-12), depurando la fase eccentrica e prendendo in considerazione solo la forza concentrica.

L'altezza di salto è stata calcolata tramite il tempo di volo $h=122,6 \cdot Tv^2$. (Asmussen e Bonde-Petersen 1974), mentre il COSTO MUSCOLARE attraverso il rapporto tra forza relativa (F/bw) e l'altezza di salto espressa in metri. Nel test di Stiffness sono state prese in considerazione le medie, fornite dall'Ergo Jump Bosco System, relative ai valori di altezza di salto, tempi di contatto e potenza media espressa (Figura 13).

Dopo 4 settimane di lavoro, con frequenza di allenamento bisettimanale, sono stati effettuati i primi test di uscita. Successivamente al primo periodo, sono state svolte 2 settimane di lavori generali, dove i soggetti non svolgevano esercizi di forza ma solo lavori aerobici e tecnico-tattici. Dopo queste due settimane i due gruppi sono stati invertiti in modo tale che chi nel primo periodo aveva svolto lavori a prevalenza tradizionale (GPT) nel secondo periodo ha svolto lavori a prevalenza funzionale (GPT-PF2) e viceversa il gruppo che aveva svolto inizialmente lavori funzionali (GPF) ha svolto nel secondo periodo lavori a prevalenza tradizionali (GPF-PT2). Anche il secondo blocco di lavoro ha avuto la durata di 4 settimane, con frequenza di allenamento bisettimanale. Al termine di questo secondo blocco sono stati svolti nuovamente i test di uscita. Questo è stato fatto in quanto un altro obiettivo dello studio era quello di verificare quale fosse la formula più efficace, se proporre inizialmente una percentuale maggiore di esercizi tradizionali e una minore di esercizi funzionali, per poi invertire la percentuale, o viceversa. A differenza dei test di salto, il test di stiffness è stato svolto solo in due momenti, all'inizio e al termine della prova dopo aver invertito i gruppi. Per quanto riguarda la forza reattiva, quindi, gli unici confronti che si possono fare sono quelli relativi ai due diversi modi di miscelare le due metodiche.

Il riscaldamento effettuato prima degli allenamenti è stato identico tra tutti i soggetti, ma non è stato possibile standardizzarlo in quanto, a volte, era l'allenatore a condurre la prima parte della seduta con esercitazioni prettamente tecniche.

Il volume di lavoro è stato strutturato in modo tale che il gruppo GPT effettuasse il 50% di ripetizioni in meno di esercizi funzionali e viceversa il gruppo GPF effettuasse il 50% di ripetizioni in meno di esercizi tradizionali. Nel secondo blocco il volume totale di ogni seduta, gli esercizi proposti e la loro successione è rimasta identica (Tabella 3). Nel corso dello studio tutti i soggetti hanno svolto lo stesso allenamento metabolico, lo stesso allenamento tecnico tattico proposto dall'allenatore e, inoltre, la differenza del minutaggio relativo alle partite ufficiali non è risultata statisticamente significativa tra i due gruppi ($P < 0,37$).

Numero Ripetizioni	GRUPPO A PREVALENZA TRADIZIONALE		GRUPPO A PREVALENZA FUNZIONALE	
	ESERCIZI TRADIZIONALI	ESERCIZI SUPERF.INST.	ESERCIZI TRADIZIONALI	ESERCIZI SUPERF.INST.
1° allenam	60	30	30	60
2° allenam	70	35	35	70
3° allenam	84	42	42	84
4° allenam	80	40	40	80
5° allenam	84	42	42	84
6° allenam	90	44	44	90
7° allenam	98	46	46	98
8° allenam	98	46	46	98

Tabella 3: Riepilogo del volume di allenamento dei due gruppi di lavoro.

3.5.3 *Confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento di accelerazioni e decelerazioni*

Nel terzo studio vengono valutati gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, forza reattiva e di coordinazione di due diversi protocolli di allenamento. Il primo consisteva in un allenamento a prevalenza tradizionale (GPT), senza elementi di corsa, ma basato su esercizi funzionali, di pesistica adattata e di jump. Invece, la seconda metodica (GAD) consisteva nell'esecuzione di accelerazioni e decelerazioni effettuate con diverse modalità di cambio di direzione e di senso.

Gli esercizi del GPT sono stati gli stessi proposti nello studio precedente (pag. 43-44), con la sola differenza che in questo caso gli esercizi su superfici instabili sono stati completamente abbandonati e sono stati sostituiti da esercizi balistici, dove la ricerca di stabilizzazione veniva ricercata con frenate monopodali e arresti in torsione (pag. 44). Per quanto riguarda il GAD, invece, venivano solitamente strutturate 3 stazioni: nella prima si effettuava uno sprint in linea, su una distanza che non superava mai i 20 metri, nelle altre due stazioni al contrario si alternavano degli sprint con cambi di direzione e di senso su una distanza complessiva che non superava mai i 30 metri (pag. 45).

Il lavoro ha avuto una durata di un mese con frequenza di allenamento bisettimanale; nel corso dello studio, tutti i soggetti hanno svolto lo stesso lavoro tecnico tattico e lo stesso numero di partite.

I test effettuati all'inizio e alla fine del protocollo di allenamento sono stati il CMJ bipodalico, il CMJ monopodalico e i test di sprint. Questi test sono stati effettuati tutti sullo stesso campo e alla stessa ora, dalle 14:30 alle 15:30, ma in due giorni diversi. Nel primo giorno tutti i soggetti sono stati testati sui test di salto, mentre nel secondo giorno sui test di sprint. La successione dei test è stata uguale sia nei test d'entrata che in quelli d'uscita, il primo giorno sono stati effettuati prima i CMJ bipodalici e poi quelli monopodalici, mentre il secondo giorno prima i 30 metri e poi i 15+15 a navetta. Per quanto riguarda il CMJ bipodalico ogni soggetto ha effettuato 4 prove ed è stata scelta la migliore. Per il CMJ monopodalico, invece, ogni soggetto ha effettuato 6 prove, 3 per gamba, ed è stata fatta una media tra il miglior valore ottenuto con la gamba destra e il miglior valore ottenuto con la sinistra. Per i test di sprint ogni soggetto ha effettuato 3 prove sui 30 metri e 3 prove sui 15+15 a navetta, in entrambi i casi è stata scelta la prova migliore. Il riscaldamento precedente ai test di salto è stato identico in tutti i soggetti, sia nei test d'entrata che in quelli di uscita, e prevedeva 6 minuti di corsa e mobilitazione generale, 3x8 ripetizioni di squat a carico naturale, 3x10 ripetizioni di squat monopodalico a carico naturale più 6 sprint a navetta su 10 metri. Infine, come riscaldamento specifico, 2 serie da 6 ripetizioni ciascuna, dove, nella prima si effettuava un CMJ bipodalico mentre nella seconda un CMJ monopodalico. Il riscaldamento precedente alle prove di sprint, invece, prevedeva una prima parte di mobilitazione generale, 10 minuti, successivamente per altri 10 minuti venivano effettuati dei movimenti di rapidità per i piedi con l'aggiunta di piccole partenze su brevi distanze. Infine, come riscaldamento specifico, ogni soggetto effettuava 2 sprint su 30 metri e 2 sprint su 15 metri a navetta dove però non veniva rilevato il tempo di percorrenza. Per i test di salto i parametri presi in considerazione sono stati: Altezza di salto (cm), Forza media (N) e Costo Muscolare (N/mt/kg), per l'analisi di questi parametri sono stati ripetuti i procedimenti utilizzati nei due studi precedenti. Per quanto concerne i test di sprint, invece, le prove effettuate sono state i 30 mt in linea e i 15 metri a navetta, in entrambe veniva rilevato il tempo totale.

Il riscaldamento effettuato prima degli allenamenti è stato identico tra tutti i soggetti, ma non è stato possibile standardizzarlo in quanto, a volte, era l'allenatore a condurre la prima parte della seduta con esercitazioni prettamente tecniche.

Il volume di lavoro nel GPT è stato pressochè identico al volume di lavoro proposto nello studio precedente, con l'unica variante che, come detto in precedenza, gli esercizi su superfici instabili sono stati sostituiti da esercizi balistici con arrivi in torsione e frenate monopodaliche. Nel gruppo accelerazioni-decelerazioni la predominanza del lavoro riguardava gli esercizi con cambi di direzione e di senso che erano sempre il doppio, in termini di ripetizioni, rispetto agli sprint in linea.

Numero Ripetizioni	GRUPPO A PREVALENZA TRADIZIONALE	GRUPPO ACCELERAZIONI E DECELERAZIONI	
		SPRINT IN LINEA	SPRINT CON CAMBI DI DIREZ. E SENSO
1° allenam	80	6	12
2° allenam	80	6	12
3° allenam	90	8	16
4° allenam	90	8	16
5° allenam	100	8	16
6° allenam	104	10	18
7° allenam	104	10	18
8° allenam	110	10	18

Tabella 4: Riepilogo del volume di allenamento dei due gruppi di lavoro.

ALLENAMENTO SU SUPERFICI INSTABILI



Figura 14 - Il soggetto, in equilibrio su due dic 'o' sit, effettua un affondo e contemporaneamente una trazione e una spinta con due elastici che contribuiscono ad aumentare il disequilibrio e a stimolare sia la parte superiore che il CORE.



Figura 15 - Il soggetto, in equilibrio su due dic 'o' sit, effettua uno squat e contemporaneamente una trazione con due elastici che contribuiscono ad aumentare il disequilibrio e a stimolare sia la parte superiore che il CORE.



Figura 16 - Il soggetto, in equilibrio su un dic 'o' sit, effettua uno squat monopodale e contemporaneamente una spinta crociata con un elastico che contribuisce ad aumentare il disequilibrio e a stimolare sia la parte superiore che il CORE.

ALLENAMENTO TRADIZIONALE



Figura 17 - Il soggetto effettua una girata con partenza bipodalica e arrivo bipodalico.



Figura 18 - Il soggetto effettua un push press con manubri con partenza in appoggio bipodalico, dopo un breve caricamento, e arrivo in divaricata sagittale.



Figura 19 - Il soggetto effettua un CMJ bipodalico arrivando su un cubo di 50 cm.

ALLENAMENTO A PREVALENZA TRADIZIONALE



Figura 20 - Push press monopodalico con carico asimmetrico (un manubrio di 8 kg nel braccio di spinta ed uno di 2 kg nell'altro). L'atterraggio è in monopodalico crociato e l'altro braccio viene portato parallelo al suolo per poi effettuare delle oscillazioni antero posteriori per creare ulteriori problemi di instabilità.



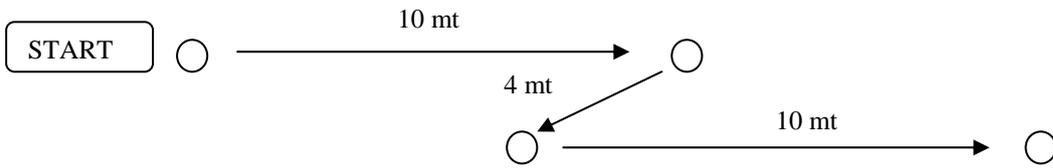
Figura 21 - Strappo crociato con partenza e arrivo in monopodalico.



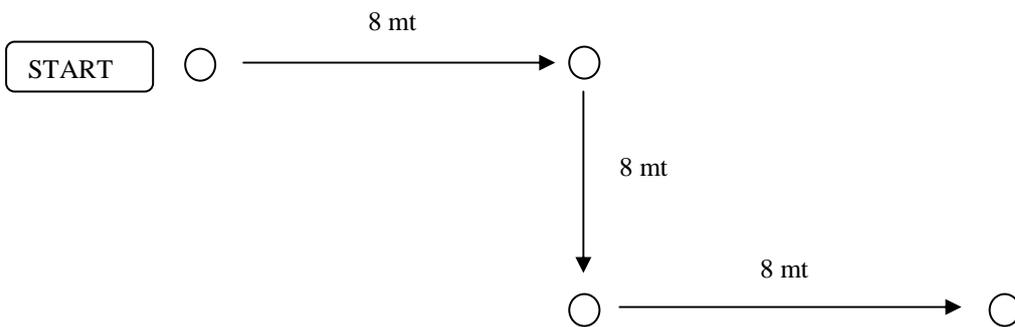
Figura 22 - Girata con partenza monopodalica e arrivo sempre in monopodalico ma cambiando gamba d'appoggio.

ALLENAMENTO ACCELERAZIONI E DECELERAZIONI

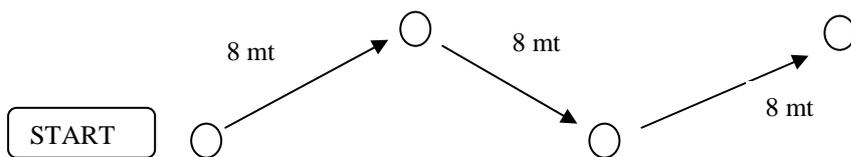
ESERCIZIO 1



ESERCIZIO 2



ESERCIZIO 3



3.6 Analisi statistiche

Per l'analisi statistica dei confronti tra le esercitazioni bipodaliche e quelle monopodaliche e per l'analisi dei protocolli di allenamento, sviluppati nella seconda parte della tesi, sono stati presi in considerazione i valori medi, le deviazioni standard e i coefficienti di variazione. In entrambi i casi, è stata inizialmente analizzata la distribuzione del campione con il test di asimmetria, che indica appunto il modo con cui i valori si distribuiscono intorno alla media. Per quanto riguarda i protocolli di allenamento sperimentali, invece, è stata analizzata anche l'omogeneità dei due gruppi. Per fare questo è stato utilizzato prima il Test di Fisher, con cui abbiamo valutato la varianza del campione e poi il Test di Student per dati indipendenti. Appurato che la distribuzione del campione era omogenea e che non vi erano differenze tra le varianze, abbiamo utilizzato il test parametrico di Student, in questo caso, però, per dati appaiati. L'indice di significatività è stato posto a $P < 0,05$ che rappresenta la percentuale con cui le variazioni ottenute potrebbero essere dovute al caso. Il Test di Student per dati appaiati è stato utilizzato anche per il confronto dei parametri meccanici tra le esercitazioni bipodaliche e quelle monopodaliche.

Per l'analisi delle curve carico-durata e forza-durata è stata utilizzata inizialmente l'analisi di regressione lineare, che esprime quanta parte della variabilità del fenomeno è interpretata dal modello di regressione. Una volta verificato che il coefficiente di determinazione (R^2) risultava molto vicino a 1 e che quindi il modello di regressione rappresentava una retta, abbiamo effettuato un'interpolazione per identificare il valore Y in funzione di quello X. Per fare questo abbiamo calcolato, attraverso i dati ottenuti dai test, la pendenza e l'intercetta che rappresentano rispettivamente il grado di inclinazione della retta rispetto all'asse delle ascisse e l'ordinata del punto di intersezione tra la retta e l'asse Y. Dall'equazione della retta $y=mx+q$ si ha che la pendenza rappresenta il valore "m", mentre l'intercetta il valore "q". Conoscendo questi due valori è bastato, quindi, risolvere questa semplice equazione di primo grado per poter identificare il valore y in funzione di un valore x da noi assegnato.

IV. RISULTATI

4.1 Risultati Prima Parte

4.1.1 Determinare il carico che grava sulla gamba anteriore durante l'esecuzione di una contropiegata

Prima di procedere alla lettura dei dati abbiamo voluto scongiurare l'ipotesi di eventuali dispersioni nella modalità di analisi da noi utilizzata. Dalla Tabella 5, dove vengono riportati i valori riepilogativi e la relativa somma della percentuale della gamba anteriore e posteriore, si nota come questa somma sia sempre uguale al 100%. Il peso totale quindi viene effettivamente distribuito tra le due gambe, senza alcuna dispersione. Dopo aver verificato che la percentuale di peso della gamba anteriore da noi misurata è quella reale che grava su questa gamba, abbiamo potuto procedere al confronto tra le diverse posizioni utilizzate.

	GAMBA ANTERIORE	GAMBA POSTERIORE	SOMMA
St dietro H40 cm g.sx. piedi distanti 60 cm	72 ± 2,4 %	27 ± 1,5 %	99 %
St dietro H40 cm g.dx. piedi distanti 60 cm	73 ± 4 %	28 ± 2,7 %	101 %
St dietro H20 cm g.sx. piedi distanti 60 cm	70 ± 4,1 %	29 ± 1,9 %	99 %
St dietro H20 cm g.dx. piedi distanti 60 cm	70 ± 3,2 %	29 ± 2,4 %	99 %
Gin. in direz. della p.del piede. Piedi dist. 80 cm g.sx	70 ± 3 %	30 ± 3,1 %	100 %
Gin. in direz. della p.del piede. Piedi dist. 80 cm g.dx	70 ± 2,6 %	30 ± 3,7 %	100 %
Tibia perp a terr. Piedi dist. 80 cm g.sx	62 ± 3,5 %	37 ± 4,7 %	99 %
Tibia perp a terr. Piedi dist. 80 cm g.dx	61 ± 3,9 %	38 ± 7,2 %	99 %
Gin. in direz. della p.del piede. Piedi dist. 60 cm g.sx	68 ± 2,9 %	32 ± 1,3 %	100 %
Gin. in direz. della p.del piede. Piedi dist. 60 cm g.dx	68 ± 1,9 %	32 ± 3,1 %	100 %
Tibia perp a terr. Piedi dist. 60 cm g.sx	61 ± 4 %	39 ± 5 %	100 %
Tibia perp a terr. Piedi dist. 60 cm g.dx	60 ± 4,7 %	40 ± 8,1 %	100 %
Gin. in direz. della p.del piede. Piedi dist. 30 cm g.sx	59 ± 2,9 %	41 ± 2,2 %	100 %
Gin. in direz. della p.del piede. Piedi dist. 30 cm g.dx	59 ± 4,6 %	41 ± 4,5 %	100 %
Tibia perp a terr. Piedi dist. 30 cm g.sx	42 ± 5,2 %	58 ± 4,9 %	100 %
Tibia perp a terr. Piedi dist. 30 cm g.dx	44 ± 4,2 %	56 ± 6,2 %	100 %

Tabella 5: Riepilogo della % di carico che grava sulla gamba anteriore e posteriore durante una contropiegata, in funzione della posizione che si assume.

In una contropiegata con tibia perpendicolare a terra e piedi distanti 80 cm, la percentuale di carico che grava sulla gamba anteriore risulta del $62\pm 3,5\%$ per quanto riguarda la gamba sinistra e del $61\pm 3,9\%$ per quanto riguarda la gamba destra. Sempre con tibia perpendicolare a terra, ma con piedi distanti 60 cm, la percentuale di carico che grava sulla gamba anteriore risulta del $61\pm 4\%$ per la gamba sinistra e del $60\pm 4,7\%$ per la gamba destra. Diminuendo ulteriormente la distanza, passando da 60 cm a 30 cm, la percentuale di carico sulla gamba anteriore, invece, risulta essere per la sinistra del $42\pm 5,2\%$, mentre per la destra del $44\pm 4,2\%$ (Figura 23a).

Modificando la posizione dell'esercizio e chiedendo al soggetto di spostare il proprio baricentro leggermente in avanti, in modo tale che la proiezione a terra del ginocchio della gamba anteriore cadesse in direzione della punta del piede, senza oltrepassarla, si nota che con piedi distanti 80 cm la percentuale di carico sulla gamba anteriore è del $70\pm 3\%$ per la gamba sinistra e del $70\pm 2,6\%$ per quella destra. Mantenendo la stessa posizione, ma con piedi distanti 60 cm, la percentuale di carico sulla gamba anteriore risulta del $68\pm 2,9\%$ per la gamba sinistra e del $68\pm 1,9\%$ per quella destra. Invece, con piedi distanti 30 cm, risulta una percentuale di carico pari al $59\pm 2,9\%$ per la gamba sinistra e al $59\pm 4,6\%$ per la gamba destra (Figura 23b).

Modificando ulteriormente la posizione, in modo tale che la gamba posteriore fosse appoggiata su uno step, si nota che con un'altezza step di 40 cm sulla gamba anteriore grava un carico pari al $72\pm 2,4\%$ sulla gamba sinistra e al $73\pm 4\%$ su quella destra. Diminuendo l'altezza dello step a 20 cm e mantenendo inalterata la distanza tra i piedi (60 cm) si nota che sulla gamba anteriore sinistra grava un carico pari al $70\pm 4,1\%$ mentre su quella destra un carico pari al $70\pm 3,2\%$ (Figura 23c).

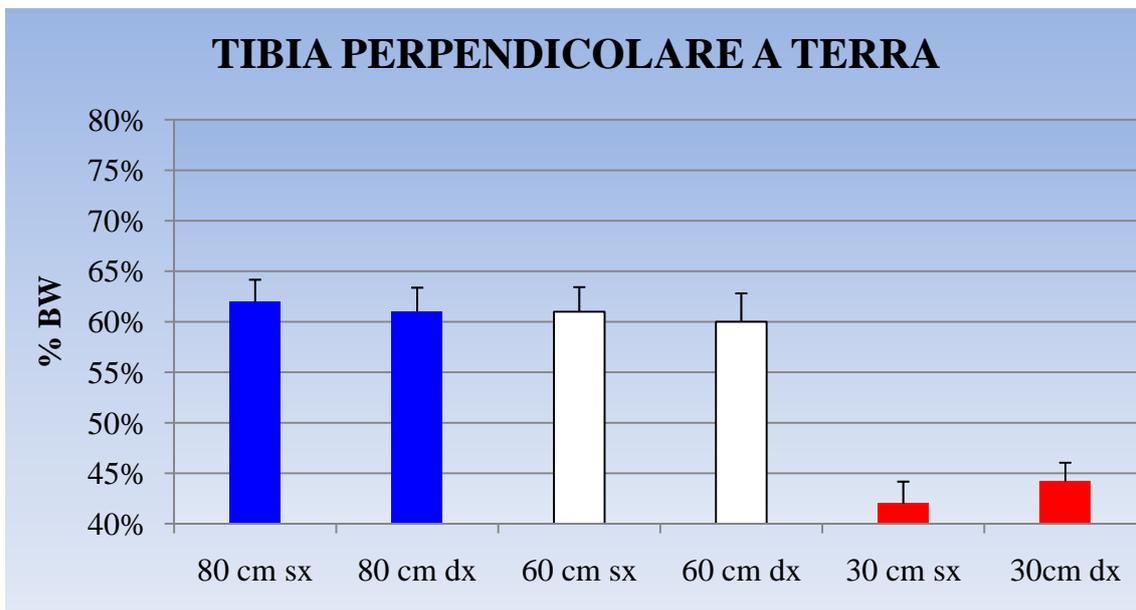


Figura 23a – Analisi della percentuale di carico che grava sulla gamba anteriore durante una contropiegata con tibia perpendicolare a terra e piedi distanti rispettivamente 80-60-30 cm.

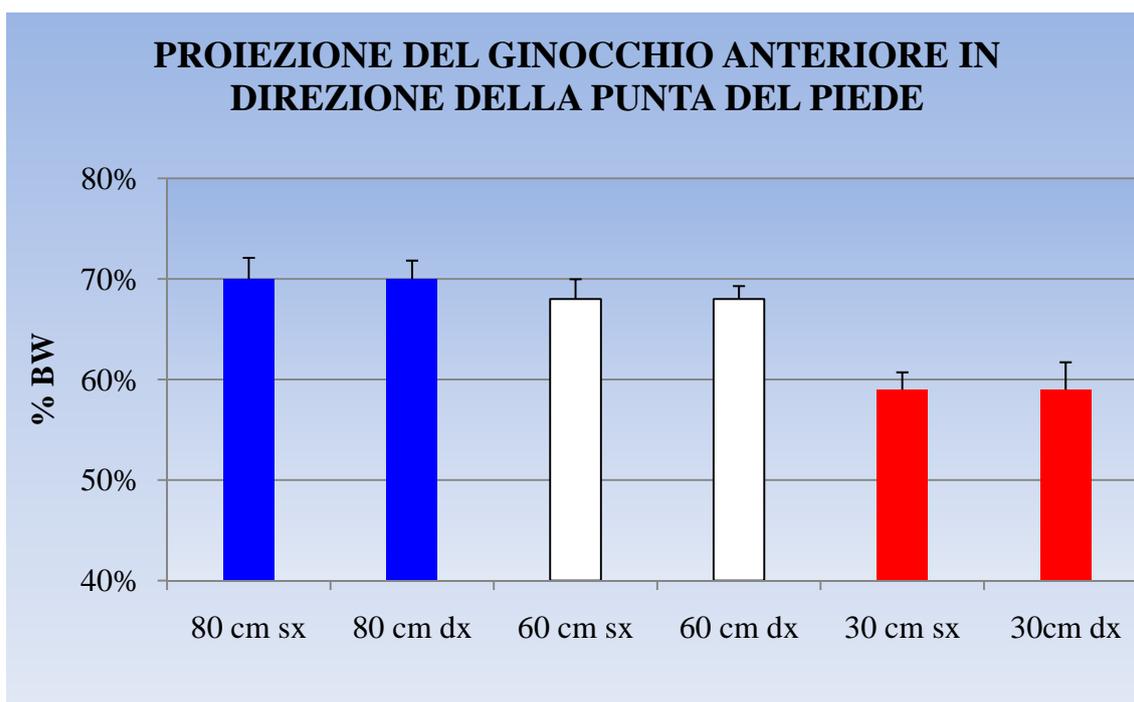


Figura 23b – Analisi della percentuale di carico che grava sulla gamba anteriore, durante una contropiegata con proiezione del ginocchio della gamba anteriore che cade in direzione della punta del piede e piedi distanti rispettivamente 80-60-30 cm.

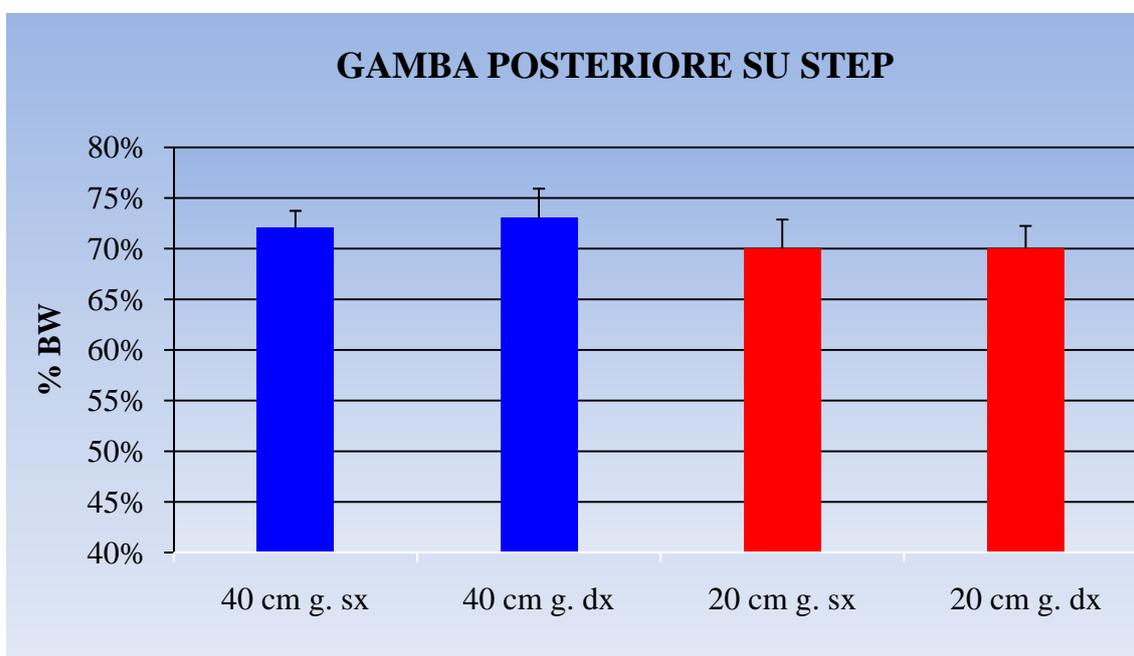


Figura 23c – Analisi della percentuale di carico che grava sulla gamba anteriore durante una contropiegata con piedi distanti 60 cm e gamba posteriore su uno step di altezza 40 cm e 20 cm.

4.1.2 Analisi elettromiografica di una contropiegata

Dall'analisi del tracciato dinamografico della forza, durante una contropiegata effettuata con un carico di forza massima, si nota come le due gambe inizino ad applicare forza nello stesso momento. Nel prosieguo del movimento, a un certo punto, la gamba posteriore termina l'azione di spinta e la gamba anteriore si trova improvvisamente costretta a sostenere tutto il carico. Questa situazione, provoca nella gamba anteriore un evidente aumento dell'applicazione di forza (Figura 24 a,b).

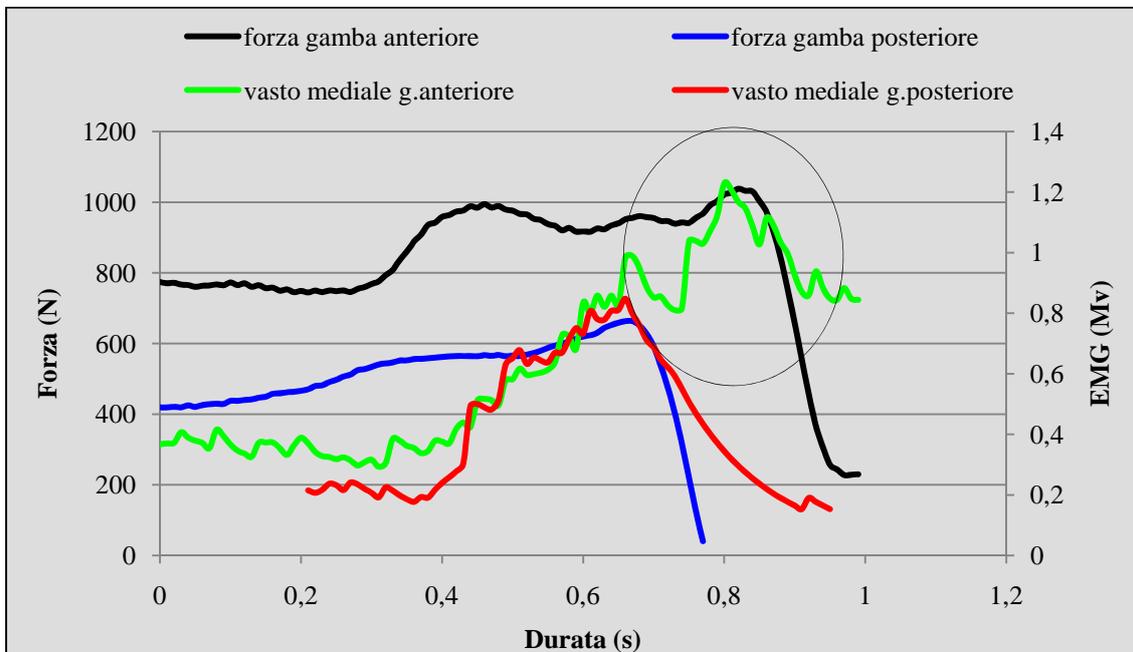
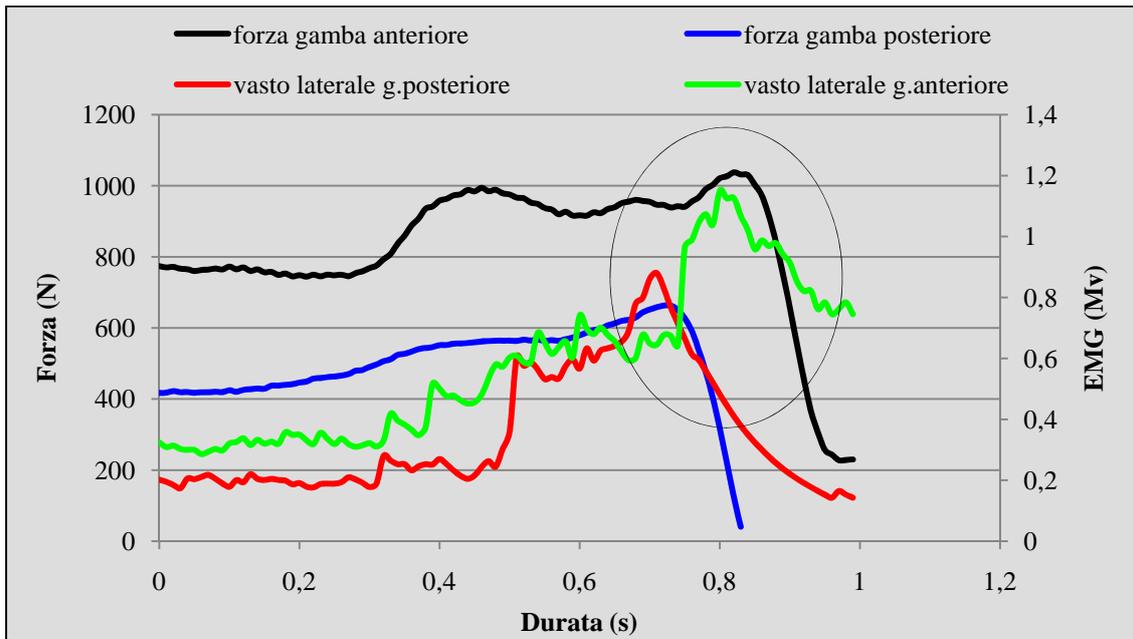


Figura 24 - Analisi della forza e dell'attività elettrica del vasto laterale (24a) e del vasto mediale (24b), sia della gamba anteriore che di quella posteriore, durante una contropiegata effettuata con un carico di forza massima.

Dalla contemporanea analisi elettromiografica si nota come questo aumento di forza sia preceduto da un incremento, altrettanto evidente, dell'attività elettrica muscolare prodotta dai vasti della gamba anteriore, sia da quello mediale che da quello laterale. A tal proposito è utile ricordare il ritardo elettromeccanico che si verifica tra EMG e forza. L'EMG inizia ad aumentare a seguito dello stimolo nervoso, senza che vi sia movimento. Questo è dovuto al tempo necessario che intercorre tra la produzione della contrazione, da parte del muscolo, e il trasferimento ai tendini da cui poi si sviluppa il movimento.

4.1.3 Confronto dei parametri meccanici tra squat parallelo e contropiegata

Dopo aver analizzato la contropiegata siamo passati all'analisi dei parametri meccanici e al relativo confronto tra squat e contropiegata. I soggetti hanno svolto una serie di prove a carichi crescenti in entrambi gli esercizi; alcune di queste prove sono state effettuate in modo tale che il carico per gamba fosse uguale. Per riportare i carichi abbiamo utilizzato un'equazione ricavata con alcuni procedimenti matematici (Pag. 33, Tabella 1). In questa maniera sono state identificate trentanove prove complessive, nelle quali appunto i soggetti hanno effettuato sia lo squat che la contropiegata con lo stesso carico per gamba. Dalle medie di tutti i soggetti, relative ai parametri di Forza Media (N), risulta nello squat un valore di 954 ± 332 Newton, mentre nella contropiegata di 978 ± 341 Newton. Questa differenza tra i due esercizi, pur non essendo elevata, risulta statisticamente significativa (2%, $P < 0,01$). Per quanto riguarda lo squat, ovviamente, il valore di Forza Media è stato ottenuto dividendo per due la forza media totale. Questo è stato fatto in quanto l'obiettivo del lavoro era quello di confrontare il comportamento di una singola gamba durante un'azione bipodolica e durante un'azione monopodolica.

Per quanto riguarda la Durata (s), invece, nello squat parallelo la media delle prove è di $1,16 \pm 0,48$ secondi, mentre nella contropiegata è di $0,73 \pm 0,10$ secondi. In questo caso, la differenza (37%, $P < 0,001$) oltre ad essere statisticamente significativa risulta estremamente elevata (Tabella 6).

In sostanza, a parità di carico per gamba, nell'azione monopodolica a fronte di un'applicazione di forza leggermente maggiore, si verifica una durata nettamente inferiore.

NUMERO DI PROVE	39
FORZA MEDIA SQUAT (Newton)	954 ± 332
FORZA MEDIA CONTROPIEGATA (Newton)	978 ± 341
DIFFERENZA	2%
DURATA SQUAT (secondi)	$1,16 \pm 0,48$
DURATA CONTROPIEGATA (secondi)	$0,73 \pm 0,10$
DIFFERENZA durata	-37% $P < 0,001$

Tabella 6: Analisi e differenze dei parametri di forza media e durata espressi nello squat e nella contropiegata a parità di carico per gamba.

Mettendo in relazione sull'asse delle ascisse la forza media dello squat, mentre, su quello delle ordinate, la forza media delle contropiegate, si nota come il coefficiente di correlazione tra i due esercizi sia elevatissimo ($R=0,953$) e statisticamente significativo ($P<0,001$) (Figura 25). Questo dimostra che l'aumento della forza media nei due esercizi è direttamente proporzionale.

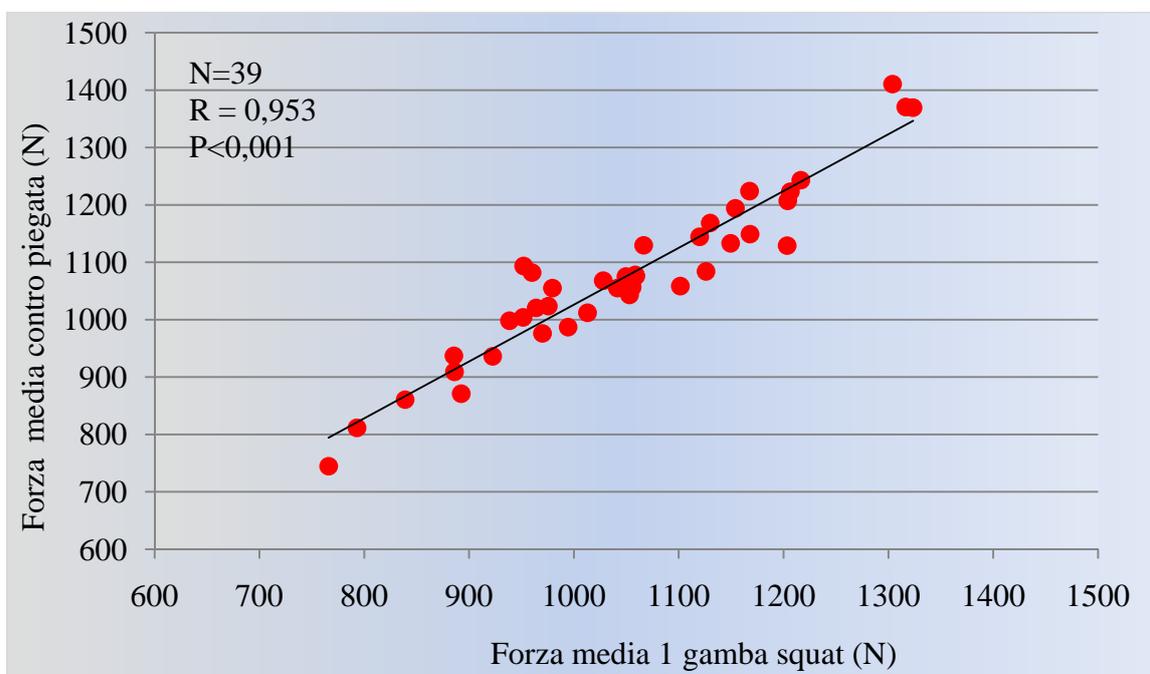


Figura 25 - Relazione tra la forza media espressa nello squat e la forza media espressa nella contropiegata a parità di carico per gamba.

Per comprendere meglio quanto precedentemente affermato, viene riportato come esempio in Figura 26 il tracciato dinamografico di uno dei soggetti, con BW 90 Kg, che ha effettuato lo squat parallelo con 90 kg e la contropiegata con 40 kg. In questa maniera il carico per gamba era identico, nello squat 90 kg per gamba $((90+90)/2) = 90$ kg, mentre nella contropiegata 90 kg sulla gamba anteriore $((90+40)*70\%) = 90$ kg. Dal tracciato dinamografico si nota chiaramente come le due azioni inizino nello stesso istante ma terminino in due momenti diversi.

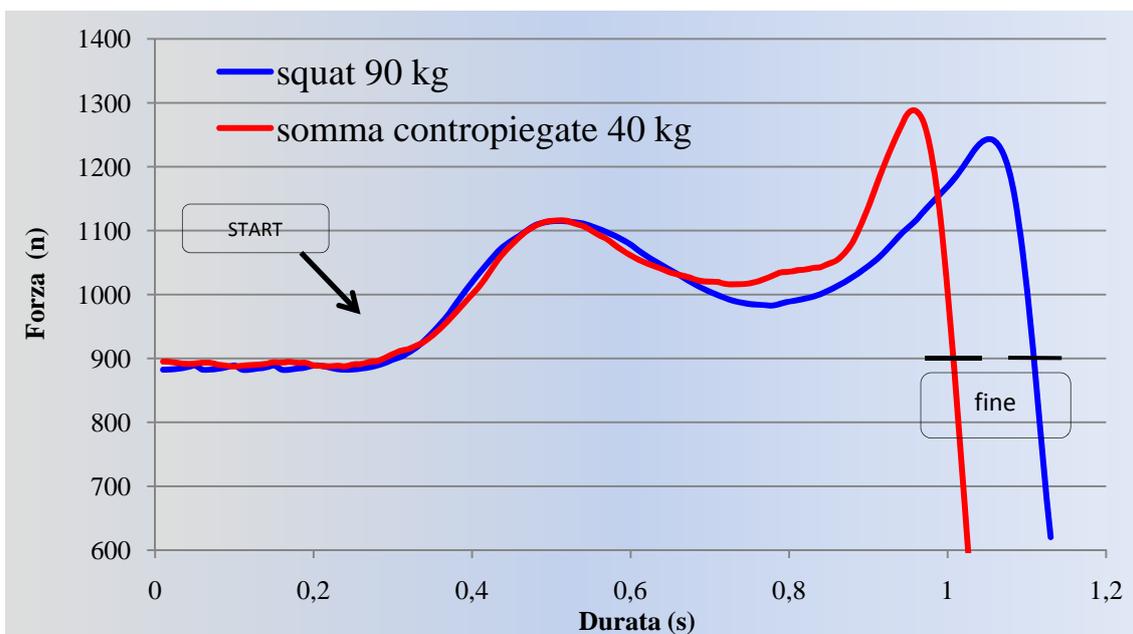


Figura 26 - Analisi dinamometrica di un soggetto partecipante allo studio, in cui si mette in evidenza la differenza di durata tra lo squat e la contropiegata effettuati con uno stesso carico per gamba. Il valore di forza dello squat è stato diviso per due al fine di confrontare il comportamento di una sola gamba nell'azione bipodolica e monopodolica.

Successivamente abbiamo messo in relazione prima i parametri di durata e carico e poi i parametri di durata e forza media, relativi ad entrambi gli esercizi. Così facendo abbiamo potuto confrontare sia la curva carico-durata che la curva forza-durata di entrambi gli esercizi. Nella Figura 27 abbiamo riportato sull'asse delle ascisse la durata, mentre sull'asse delle ordinate il carico sollevato da una gamba. Nella Tabella 7 vengono riportate il numero delle prove effettuate, sei nello squat parallelo e quattro nella contropiegata, e la successione dei carichi utilizzati. Per entrambi gli esercizi viene indicato nella prima colonna il carico extra, nella seconda colonna il carico totale, che corrisponde praticamente alla somma tra il BW del soggetto (80 kg) e il carico extra, mentre nella terza colonna il carico totale che grava su una sola gamba.

L'analisi dei coefficienti di determinazione, che risultano elevati e vicini all'unità, ci ha permesso di effettuare un'analisi di regressione lineare, dal momento che le curve di entrambi gli esercizi rappresentano delle rette. Sapendo, infatti, che per essere certi di effettuare un lavoro di forza massima la durata dell'azione deve essere maggiore di 0,8 secondi (Bosco 2002), abbiamo interpolato questo valore di durata con il valore del carico sollevato.

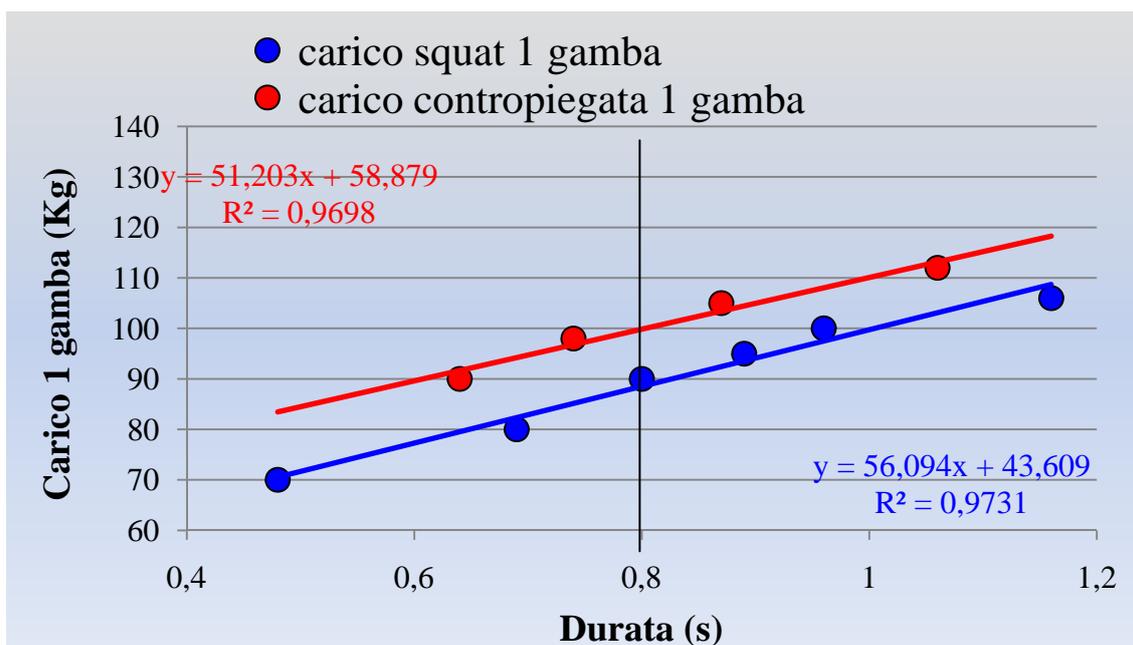


Figura 27 - Analisi della curva carico-durata da cui con un'interpolazione abbiamo calcolato il carico corrispondente a 0,8 secondi, sia nello squat che nella contropiegata.

	SQUAT			CONTROPIEGATA		
	Carico EBW	Carico TOT	Carico 1gamba	Carico EBW	Carico TOT	Carico 1gamba
BW = 80 kg						
1 ^a prova	40	120	60	50	130	90
2 ^a prova	80	160	80	60	140	98
3 ^a prova	100	180	90	70	150	105
4 ^a prova	110	190	95	80	160	112
5 ^a prova	120	200	100			
6 ^a prova	130	210	105			

Tabella 7: Riepilogo dei carichi (Kg) utilizzati dal soggetto nei due esercizi, per ogni esercizio viene indicato nella prima colonna il carico extra utilizzato senza tener conto del BW, nella seconda colonna il carico totale dato dalla somma del BW e del carico extra e nell'ultima colonna il carico totale che grava su un solo arto.

Nel soggetto preso come esempio risulta che nello squat parallelo il carico che grava su una gamba per ottenere una durata di 0,8 secondi è di 88 kg. Il carico extra BW quindi è di 96 kg e si ottiene dalla differenza tra il carico totale 176 kg (88+88) e il BW (80 kg). Nella contropiegata, invece, il carico che grava sulla gamba anteriore per ottenere una durata di 0,8 secondi deve essere di 100 kg. Sapendo che il carico che grava sulla gamba anteriore è circa il 70% del carico totale, basta dividere 100 kg per 0,7 e poi sottrarre 80 kg di BW per ottenere il carico extra da utilizzare. Questo carico

che corrisponde a 63 kg consente di effettuare una contropiegata raggiungendo una durata di 0,8 secondi.

Abbiamo ripetuto questo procedimento per tutti i soggetti testati, costruendo per ognuno di loro la curva carico-durata e calcolando per ogni soggetto il carico extra BW da utilizzare per ottenere la stessa durata dello squat parallelo. Nella tabella 8 vengono riportati i risultati di tutti i soggetti. Nella prima colonna viene indicato il carico EBW utilizzato nello squat, che consente di ottenere una durata pari a 0,8 secondi. Nella seconda colonna il carico utilizzato nella contropiegata, che consente di effettuare entrambi gli esercizi con lo stesso carico per gamba. Tale carico è ricavato dall'equazione proposta in Tabella 1 (Pag. 33). Nella terza colonna, invece, il carico che si dovrebbe utilizzare nella contropiegata per ottenere una durata di 0,8 secondi, uguale a quella dello squat. Infine, nell'ultima colonna, viene indicato il rapporto tra l'extra BW nello squat e l'extra BW nella contropiegata, utilizzato per avere una durata di 0,8 secondi.

Dall'analisi dei dati risulta che nella contropiegata, per ottenere una durata di 0,8 secondi, pari a quella dello squat e che ci garantisce un lavoro in un range di forza massima, il carico extra da utilizzare deve essere il $65\% \pm 4\%$ del carico extra utilizzato nello squat parallelo.

SOGGETTI	EBW SQUAT	KG CONTROPIEG. EQUIVALENTI EBW SQUAT	EBW CONTROPIEGATA	EBW 1G/EBW 2G
1	86	41	59	68%
2	100	48	65	65%
3	105	52	74	71%
4	96	45	63	65%
5	79	36	54	69%
6	60	23	40	67%
7	77	26	50	65%
8	109	49	66	60%
9	74	33	46	62%
10	78	36	56	71%
11	71	25	43	60%
12	77	29	46	59%
MEDIA	84 ± 15	37 ± 10	55 ± 11	65% ± 4%

Tabella 8: Nella seconda colonna viene riportato il carico EBW (Kg) utilizzato nello squat che provoca una durata maggiore di 0,8 s, nella terza colonna il carico EBW (Kg) utilizzato nella contropiegata e calcolato con l'equazione riportata in Tabella 1, nella quarta colonna invece viene riportato il carico reale (Kg) utilizzato nella contropiegata tale da provocare una durata uguale a quella dello squat. Nell'ultima colonna, infine, viene riportato il rapporto tra l'EBW nei due esercizi.

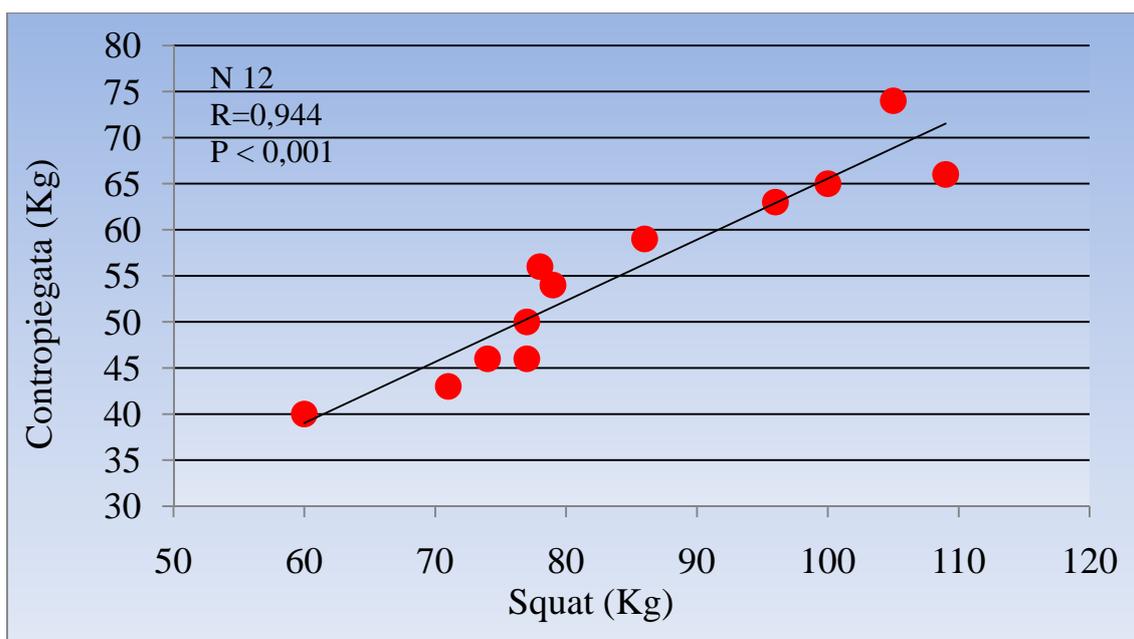


Figura 28 - Relazione tra il carico utilizzato nello squat e quello utilizzato nella contropiegata a parità di durata.

Dopo aver analizzato la curva carico-durata abbiamo analizzato con lo stesso procedimento la curva forza-durata, prendendo in considerazione la forza media espressa da una singola gamba a parità di durata, sia nell'azione bipodalica che in quella monopodalica. Anche in questo caso abbiamo utilizzato un'analisi di regressione lineare dal momento che gli elevati coefficienti di determinazione che abbiamo ottenuto ci indicano che le curve rappresentano delle rette.

In questo caso, per ottenere una durata pari a 0,8 secondi, il soggetto sviluppa una forza media di 1053 Newton nello squat parallelo e di 1184 Newton nella contropiegata.

Questo procedimento è stato ripetuto per tutti i soggetti e per ognuno di loro abbiamo calcolato il valore di forza media espressa corrispondente a 0,8 secondi in entrambi gli esercizi.

Nella tabella 9 vengono riportati i risultati relativi a tutti i soggetti, da cui si nota come a parità di durata l'azione monopodalica di contropiegata consenta un'applicazione di forza media del $9,5 \pm 3,2\%$ in più rispetto all'azione bipodalica di squat parallelo.

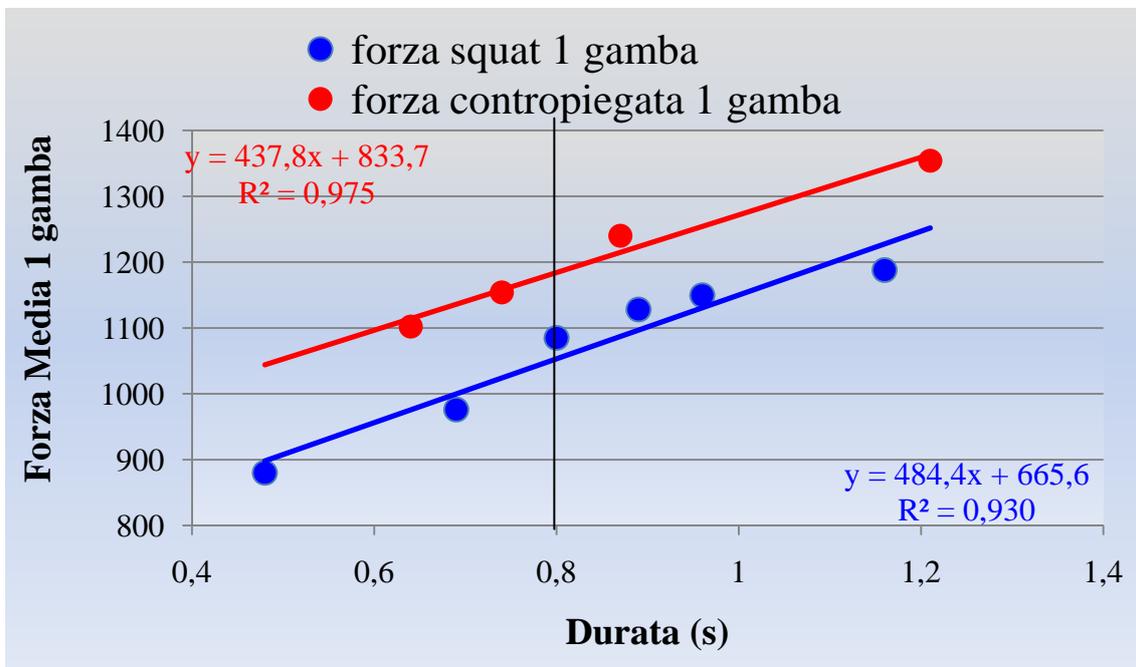


Figura 29 - Analisi della curva durata-forza da cui con un'interpolazione abbiamo calcolato la forza espressa corrispondente a 0,8 secondi, sia nello squat che nella contropiegata.

SOGGETTI	FORZA MEDIA SQUAT PARALLELO	SOMMA FORZA MEDIA G.DX E G.SX IN UNA CONTROPIEGATA	DIFFERENZA
1	911	934	2,5%
2	1045,5	1125	7,6%
3	1053	1184	12%
4	1139,5	1256	10,2%
5	803,5	885	10,1%
6	918	1044	13,7%
7	1065,5	1185	11,2%
8	1248,5	1361	9,0%
9	907	985	8,6%
10	935	1029	10,1%
11	950,5	1061	11,6%
12	1020,5	1076	5,4%
MEDIA	1000 ± 120	1094 ± 136	9,5 ± 3,1%

Tabella 9: Analisi e confronto dei valori di forza media (N) espressi nello squat e nella contropiegata, con una durata uguale a 0,8 secondi in entrambi gli esercizi. Il soggetto evidenziato in giallo è quello riportato nell'esempio precedente.

4.1.4 Confronto dei parametri meccanici tra squat parallelo e squat monopodalico puro

Dopo aver analizzato le differenze tra lo squat parallelo e la contropiegata siamo passati ad analizzare le differenze tra lo squat parallelo e lo squat monopodalico puro. Come spiegato precedentemente, hanno partecipato a questo lavoro sei giocatori di rugby, i quali hanno effettuato una serie di prove a carichi crescenti in entrambi gli esercizi. La scelta dei carichi è stata fatta in modo tale che i soggetti sollevassero, sia nella prova bipodalica che in quella monopodalica, lo stesso carico extra body weight, in modo tale da poter confrontare le prove con un carico ponderato. In questa maniera abbiamo potuto identificare 14 prove nelle quali i rugbisti hanno svolto entrambi gli esercizi con lo stesso carico per gamba. Ovviamente, per quanto riguarda lo squat monopodalico, la prima prova è stata effettuata a carico naturale, sollevando quindi il proprio peso corporeo. Questo carico, nell'esercizio di squat parallelo corrispondeva ad 1BW di extra carico.

Dalla Tabella 10, dove vengono riportati i dati relativi alle differenze dei parametri di forza media e di durata, tra lo squat e la contropiegata, si nota come a parità di carico per gamba l'azione monopodalica consenta un'applicazione di forza al suolo maggiore dell'11% $P < 0,001$ rispetto all'azione bipodalica. Tuttavia, anche in questo caso, come abbiamo osservato in precedenza per il confronto tra squat e contropiegata, la durata dell'azione risulta inferiore del 16% $P < 0,001$.

NUMERO DI PROVE	14
FORZA MEDIA SQUAT (Newton)	1011 ± 121
FORZA MEDIA SQUAT MONOPODALICO PURO (Newton)	1119 ± 150
DIFFERENZA	11% $P < 0,0001$
DURATA SQUAT (secondi)	0,94 ± 0,21
DURATA SQUAT MONOPODALICO PURO (secondi)	0,79 ± 0,18
DIFFERENZA	-16% $P < 0,001$

Tabella 10: Analisi e differenze dei parametri di forza media e durata, espressi nello squat parallelo e nello squat monopodalico puro a parità di carico per gamba.

Mettendo in relazione sull'asse delle ascisse la Forza Media dello squat bipodalico, mentre su quello delle ordinate la Forza Media dello squat monopodalico, si nota come il coefficiente di correlazione sia elevatissimo e statisticamente significativo ($R=0,93$, $P<0,001$) (Figura 30). Questo dimostra che l'aumento della forza media nei due esercizi è direttamente proporzionale.

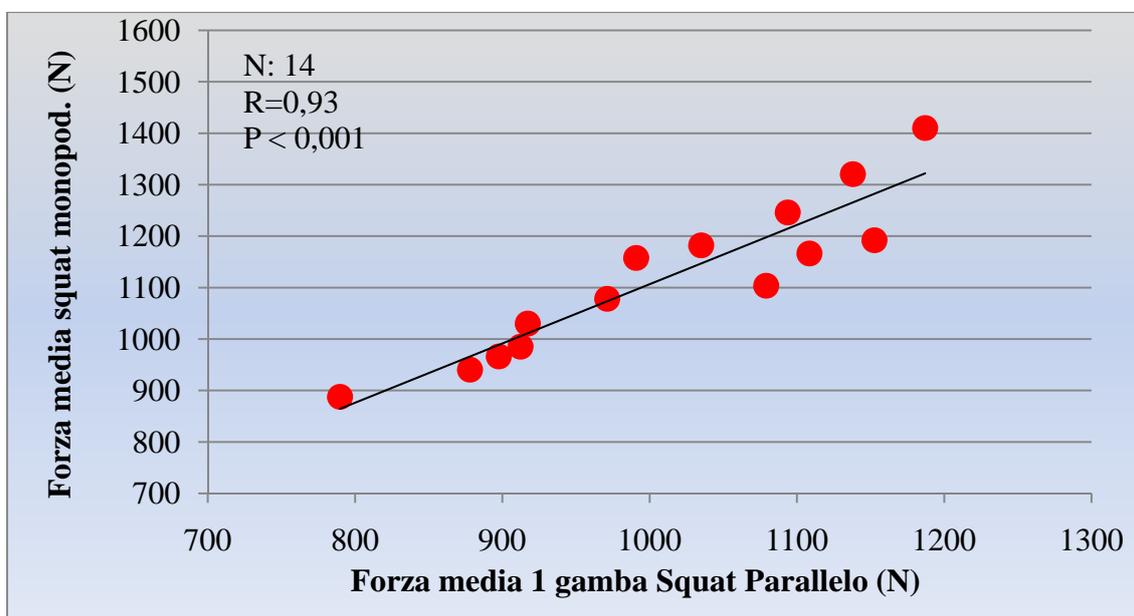


Figura 30 - Relazione tra la forza media espressa nello squat parallelo e la forza media espressa nello squat monopodalico puro a parità di carico per gamba.

Nella Figura 31 viene riportata l'analisi relativa ad uno dei rugbisti che ha partecipato allo studio. Sull'asse delle ascisse abbiamo riportato la durata, mentre sull'asse delle ordinate il carico sollevato da una gamba sia nello squat bipodalico che nello squat monopodalico. Nella Tabella 11, invece, vengono riportati i carichi utilizzati dal soggetto preso come esempio. Per ognuno dei due esercizi viene riportato nella prima colonna il carico extra BW utilizzato, nella seconda colonna il carico totale e nell'ultima colonna il carico sollevato da una gamba, che nel caso dello squat monopodalico corrisponde praticamente al carico totale.

Come è stato fatto precedentemente per il confronto con la contropiegata, anche in questo caso abbiamo utilizzato come procedimento l'analisi di regressione lineare, dal momento che i coefficienti di determinazione risultano elevati e di conseguenza le curve rappresentano delle rette. Dall'interpolazione dei carichi con una durata pari a 0,8 secondi risulta che per ottenere questa durata, condizione necessaria per essere certi di effettuare un lavoro di forza massima, il carico su una gamba deve essere nello squat bipodalico di 85 kg mentre nello squat monopodalico di 100 kg. Per quanto riguarda lo squat bipodalico 85 kg su una gamba corrispondono a 90 kg di carico extra BW. Questo valore si ottiene dalla differenza tra il carico totale 170 kg (85+85) e il BW (80 kg). Per quanto riguarda lo squat monopodalico puro, invece, basta sottrarre al carico totale di 100 kg il valore del BW per ottenere il carico extra, che è uguale a 20 kg.

Questo procedimento è stato ripetuto per tutti i soggetti e i risultati vengono illustrati in Tabella 11, dove si nota che per ottenere un durata di 0,8 secondi nello squat monopodalico puro il carico extra da utilizzare deve essere equivalente al $15\% \pm 7\%$ del carico extra utilizzato nello squat parallelo.

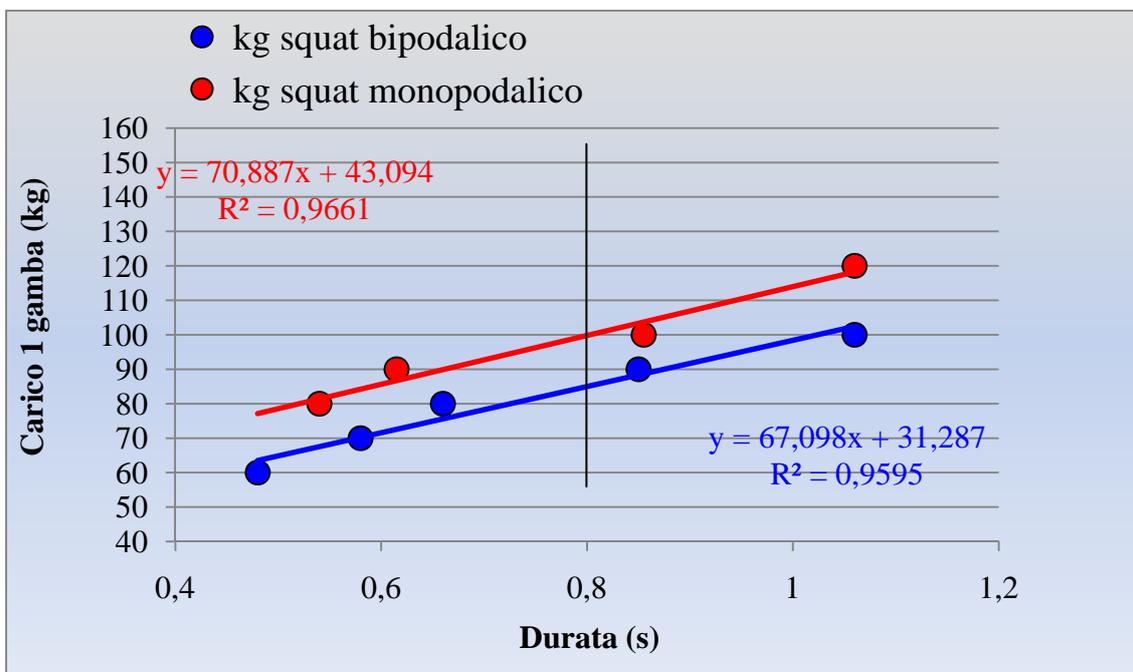


Figura 31 - Analisi della curva carico-durata da cui con un'interpolazione abbiamo calcolato il carico corrispondente a 0,8 secondi, sia nello squat bipodalico che nello squat monopodalico puro.

	SQUAT BIPODALICO			SQUAT MONOPODALICO		
BW = 80 kg	Carico EBW	Carico TOT	Carico 1gamba	Carico EBW	Carico TOT	Carico 1gamba
1^ prova	40	120	60	0	80	80
2^ prova	60	140	70	10	90	90
3^ prova	80	160	80	20	100	100
4^ prova	100	180	90	40	120	120
5^ prova	120	200	100			

Tabella 11: Riepilogo dei carichi (Kg) utilizzati dal soggetto nei due esercizi, per ogni esercizio viene indicato nella prima colonna il carico extra utilizzato senza tener conto del BW, nella seconda colonna il carico totale dato dalla somma del BW e del carico extra e nell'ultima colonna il carico totale che grava su un solo arto.

SOGGETTI	KG EBW SQUAT	KG EBW MONOPO. PURO	EBW 1G/EBW 2G
1	65	6	9%
2	111	17	15%
3	90	20	22%
4	113	24	21%
5	71	6	8%
6	90	14	15%
MEDIA	90 ± 22	15 ± 8	15% ± 7%

Tabella 12: Nella seconda colonna viene riportato il carico EBW utilizzato nello squat bipodalico, nella terza colonna quello utilizzato nello squat monopodalico; mentre nell'ultima colonna viene indicato il rapporto tra l'azione monopodalica e quella bipodalica. Il soggetto evidenziato in giallo è quello riportato nell'esempio precedente.

Dopo aver analizzato la curva carico-durata abbiamo analizzato con lo stesso procedimento la curva forza-durata, prendendo in considerazione la forza media espressa da una singola gamba a parità di durata, sia nell'azione bipodalica che in quella monopodalica. In Figura 32 vengono riportati i valori relativi ad uno dei soggetti che ha partecipato allo studio. Sull'asse delle ascisse abbiamo riportato la durata (s), mentre su quello delle ordinate la forza media (N). Anche in questo caso abbiamo utilizzato un'analisi di regressione lineare dal momento che gli elevati coefficienti di determinazione che abbiamo ottenuto ci indicavano che le curve rappresentavano delle rette. Dall'interpolazione si ottiene che, per ottenere una durata uguale a 0,8 secondi, il soggetto esprime nello squat bipodalico 915 Newton di forza, mentre nello squat monopodalico puro 1158 Newton di forza.

Questo procedimento è stato ripetuto per tutti i soggetti e dai risultati, che vengono esposti in Tabella 13, si nota come a parità di durata l'azione monopodalica consenta un'applicazione di forza del $22\pm 7\%$ in più rispetto all'azione bipodalica.

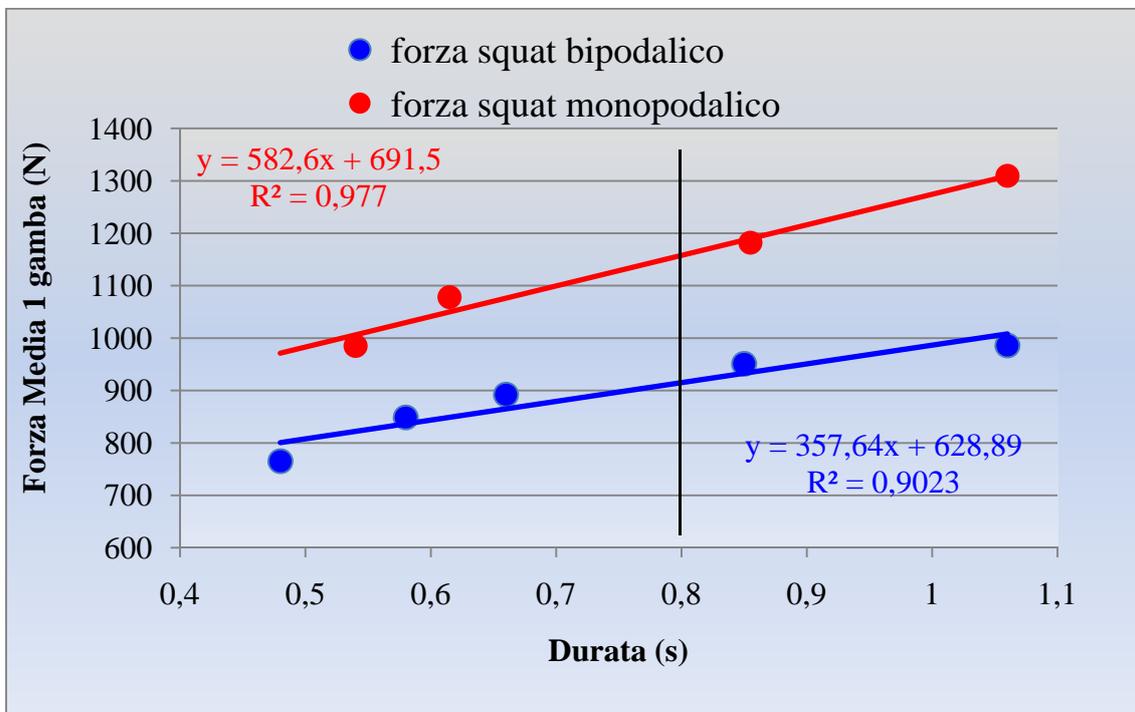


Figura 32 - Analisi della curva durata-forza da cui con un'interpolazione abbiamo calcolato la forza espressa corrispondente a 0,8 secondi sia nello squat che nello squat monopodalico puro.

SOGGETTI	FORZA MEDIA SQUAT	FORZA MEDIA MONOPODALICO PURO	DIFFERENZA
1	781	923	18%
2	1076	1382	28%
3	924	1158	25%
4	994	1265	27%
5	980	1083	10%
6	956	1170	22%
MEDIA	954 ± 98	1164 ± 156	22% ± 7%

Tabella 13: Analisi e confronto dei valori di forza media espressi nello squat bipodalico e nello squat monopodalico puro, con una durata uguale a 0,8 secondi in entrambi gli esercizi. Il soggetto evidenziato in giallo è quello riportato nell'esempio precedente.

4.2 Risultati Seconda Parte

4.2.1 *Confronto tra un allenamento tradizionale e un allenamento su superfici instabili*

In questo studio vengono valutati gli effetti sulle componenti di forza esplosiva, forza reattiva e di coordinazione di due protocolli differenti di allenamento. Il primo si basa sull'esecuzione di esercizi tradizionali con la presenza di elementi balistici e dove al soggetto viene richiesta sempre la massima velocità esecutiva. Il secondo protocollo, invece, si basa sull'esecuzione di esercizi di squat, squat monopodalici e affondi effettuati su superfici instabili.

Dopo aver assegnato casualmente i soggetti ai due gruppi di lavoro, sono stati confrontati i dati di partenza per valutare l'omogeneità del campione. Dalla Tabella 14, relativa ai dati di partenza di altezza, forza media e costo muscolare, risulta che non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, sia nel CMJ bipodalico che in quello monopodalico. Solo nel CMJ monopodalico si nota una leggera differenza per quanto riguarda il costo muscolare (8%, $P < 0,07$). Il gruppo che ha effettuato l'allenamento su superfici instabili, infatti, mostra dei valori minori e di conseguenza una coordinazione intermuscolare migliore e più efficiente. Questa differenza risulta molto vicina alla significatività statistica.

Nel test di stiffness, invece, per quanto riguarda i tempi di contatto non si evidenziano sostanziali differenze tra i due gruppi, mentre per quanto riguarda l'altezza di salto il gruppo che ha svolto l'allenamento su superfici instabili mostra dei valori iniziali inferiori, in maniera statisticamente significativa, a quelli del gruppo tradizionale (-13%, $P < 0,02$). Infine, la potenza, che deriva dall'altezza di salto e dai tempi di contatto, risulta minore nel GSI e anche in questo caso le differenze risultano statisticamente significative (-17%, $P < 0,03$).

Dopo aver analizzato l'omogeneità del campione, siamo passati ad analizzare i dati relativi ai test d'entrata, ai test d'uscita e ai relativi confronti tra le varie prove. Sono stati analizzati prima i valori di forza media, poi quelli relativi all'altezza di salto. Infine, è stato analizzato il costo muscolare, che rappresenta un parametro di efficienza muscolare e rappresenta la forza necessaria a spostare 1kg del peso corporeo per 1 metro di distanza.

CMJ Bipodalico	G.TRADIZION.	G.SUP.INSTAB.	DIFF
Forza Media (Newton)	1386 ± 70	1433 ± 218	3,4% P<0,31
Altezza (cm)	45 ± 2,3	46,4 ± 5,1	3% P<0,21
Costo Muscolare (N/mt/kg)	48,3 ± 6,5	47 ± 6,4	2,7% P<0,24

CMJ Monopodalico	G.TRADIZION.	G.SUP.INSTAB.	DIFF
Forza Media (Newton)	1254 ± 108	1167 ± 185	-7% P<0,26
Altezza (cm)	30,6 ± 1,8	29,8 ± 1,7	-2,5% P<0,11
Costo Muscolare (N/mt/kg)	64,2 ± 8,1	59,1 ± 3,5	8% P<0,07

STIFFNESS	G.TRADIZION.	G.SUP.INSTAB.	DIFF
Altezza (cm)	39,3 ± 5	34,2 ± 3	-13% P<0,02
Tempi di contatto (ms)	212 ± 53	228 ± 40	-7,6% P<0,26
Potenza (watt)	51,9 ± 11	42,9 ± 5	-17% P<0,03

Tabella 14: Analisi dei valori di partenza dei due gruppi analizzati.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare e i Tempi di Contatto, la differenza in percentuale positiva corrisponde a valori numerici più bassi e quindi migliori. Un Costo Muscolare più basso, infatti, è indice di una miglior coordinazione intermuscolare. Questo vale anche per i Tempi di Contatto che quando sono più bassi indicano una miglior stiffness muscolare.

Per quanto concerne la forza media, l'allenamento tradizionale provoca, nel CMJ bipodalico un miglioramento statisticamente significativo dell'11,3% ($P < 0,04$), mentre nel CMJ monopodalico un miglioramento del 2% ($P < 0,33$), che non risulta statisticamente significativo (Tabella 15).

Nel gruppo che ha effettuato l'allenamento su superfici instabili, invece, si verifica una diminuzione dei valori di forza, sia nel CMJ bipodalico (-9,2%, $P < 0,02$), che nel CMJ monopodalico (-8,9%, $P < 0,02$). Questa diminuzione, quindi, risulta elevata e statisticamente significativa sia nelle azioni bipodaliche che in quelle monopodaliche.

FORZA MEDIA (Newton)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico TRADIZIONALE	1386 ± 70	1542 ± 195	11,3% $P < 0,04$
CMJ Monopodalico TRADIZIONALE	1254 ± 108	1278 ± 169	2% $P < 0,33$
CMJ Bipodalico SUP. INSTABILI	1433 ± 218	1300 ± 154	-9,2% $P < 0,02$
CMJ Monopodalico SUP. INSTABILI	1167 ± 185	1063 ± 97	-8,9% $P < 0,02$

Tabella 15: Analisi dei valori di forza media e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento.

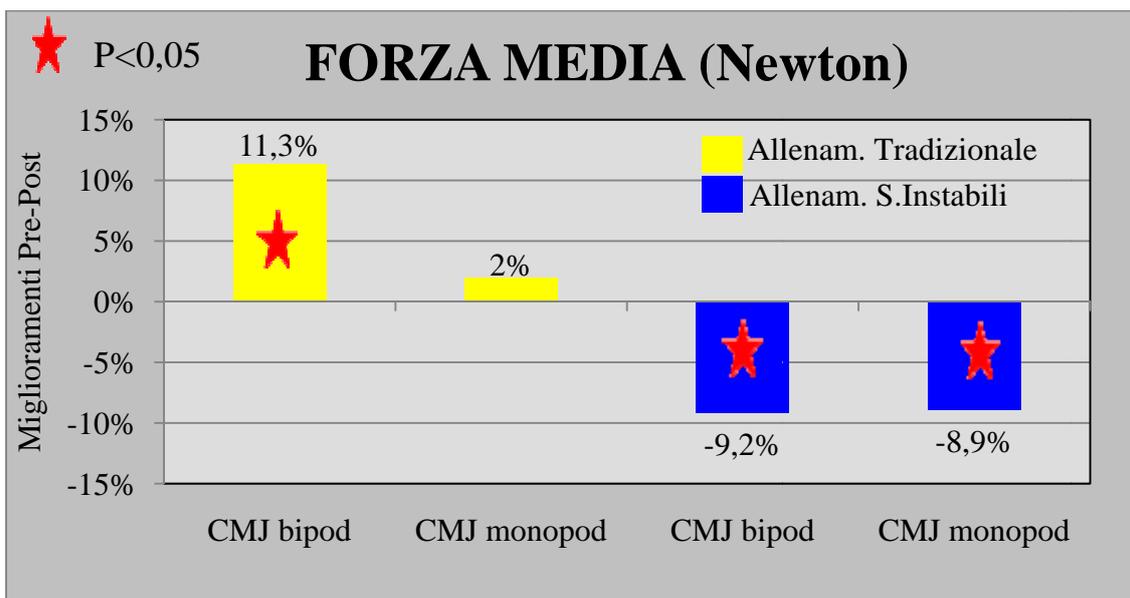


Figura 33 - Analisi delle variazioni di forza media espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

Dall'analisi dei valori di altezza di salto, invece, risulta che a seguito dell'allenamento tradizionale si verifica un miglioramento statisticamente significativo sia nel CMJ bipodalico (5,1%, $P < 0,02$), che nel CMJ monopodalico (5,2%, $P < 0,05$). (Tabella 16).

Al contrario l'allenamento su superfici instabili consente un miglioramento dell'altezza di salto solo nelle azioni monopodaliche. Questo miglioramento, del 5,4% ($P < 0,02$), risulta statisticamente significativo. Nelle azioni bipodaliche, invece, l'altezza di salto rimane praticamente invariata (0,3%, $P < 0,41$). (Tabella 16).

ALTEZZA (cm)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico TRADIZIONALE	45 ± 2,3	47,3 ± 4	5,1% $P < 0,02$
CMJ Monopodalico TRADIZIONALE	30,6 ± 1,8	32,2 ± 2,4	5,2% $P < 0,05$
CMJ Bipodalico SUP. INSTABILI	46,4 ± 5,1	46,5 ± 4,1	0,3% $P < 0,41$
CMJ Monopodalico SUP. INSTABILI	29,8 ± 1,7	31,5 ± 2,6	5,4% $P < 0,02$

Tabella 16: Analisi dei valori di altezza di salto e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

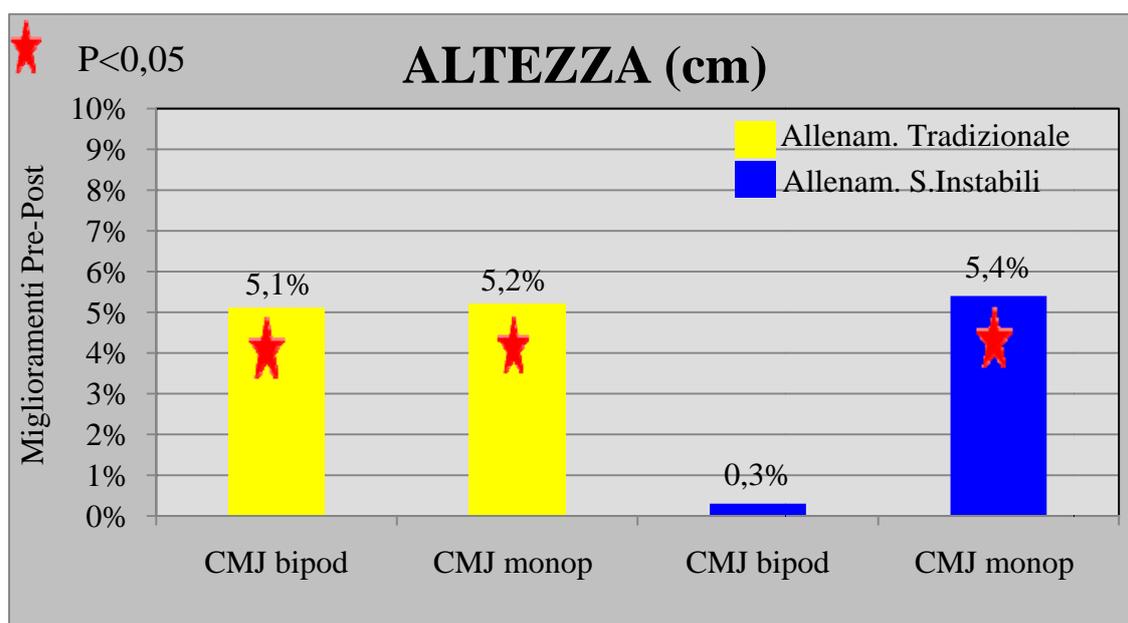


Figura 34 - Analisi delle variazioni di altezza di salto espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

Per quanto riguarda il costo muscolare, infine, l'allenamento tradizionale provoca nel CMJ bipodalico un peggioramento, anche se non statisticamente significativo (-6,5%, $P < 0,09$); mentre nel CMJ monopodalico non si verifica nessun cambiamento. (2,9%, $P < 0,23$) (Tabella 17).

Il lavoro su superfici instabili, al contrario, consente di ottenere dei miglioramenti evidenti dei parametri coordinativi sia nelle azioni bipodaliche (9,2%, $P < 0,01$) che in quelle monopodaliche (13%, $P < 0,02$) (Tabella 17).

COSTO MUSCOLARE (N/mt/kg)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico TRADIZIONALE	48,3 ± 6,5	51,5 ± 10,4	-6,5% $P < 0,09$
CMJ Monopodalico TRADIZIONALE	64,2 ± 8,1	62,3 ± 10,9	2,9% $P < 0,23$
CMJ Bipodalico SUP. INSTABILI	47 ± 6,4	42,7 ± 5,9	9,2% $P < 0,01$
CMJ Monopodalico SUP. INSTABILI	59,1 ± 3,5	51,6 ± 8,1	13% $P < 0,02$

Tabella 17: Analisi dei valori del costo muscolare e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Se si prende in considerazione la differenza in percentuale, l'aumento dei valori indica un miglioramento del costo muscolare, se invece si prendono in considerazione i valori numerici una diminuzione di questi corrisponde ad un miglioramento.

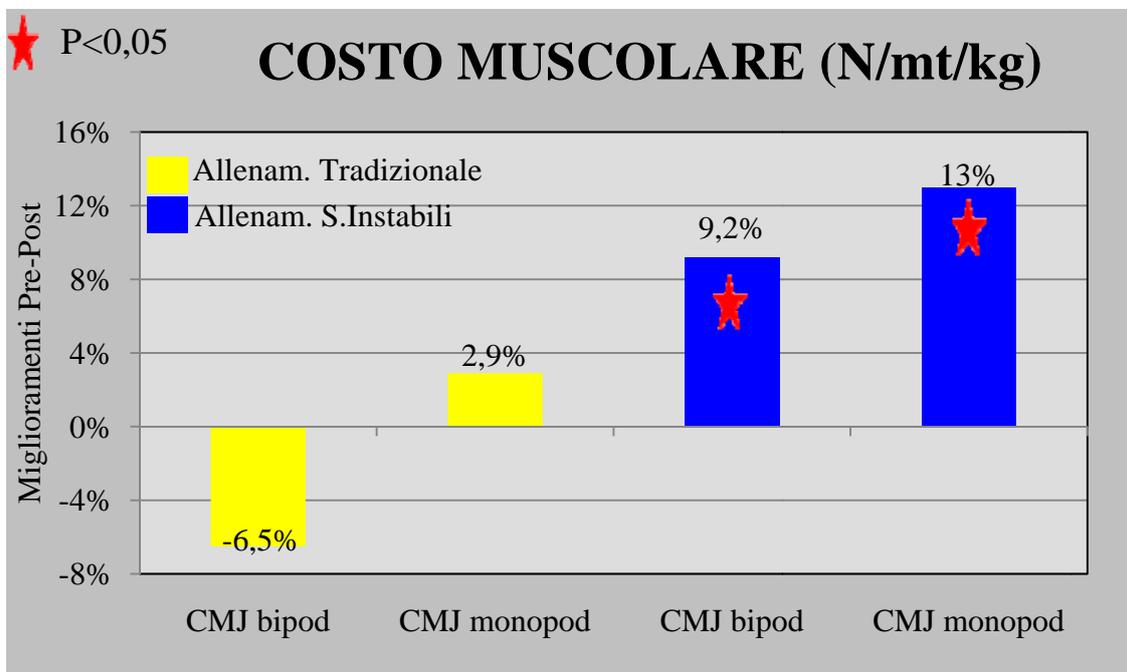


Figura 35 - Analisi delle variazioni del costo muscolare espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

N.B. L'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento del costo muscolare e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

Per quanto riguarda il test di stiffness, l'altezza di salto migliora a seguito di entrambi i protocolli di allenamento, del 3,6% ($P < 0,02$) nel gruppo tradizionale e del 7,3% ($P < 0,02$) nel gruppo funzionale. A tal proposito, tuttavia, occorre sottolineare che i soggetti appartenenti al gruppo funzionale partivano da valori iniziali maggiori. I tempi di contatto migliorano leggermente nel gruppo tradizionale (3,8%, $P < 0,33$), anche se non in modo significativo, mentre nel gruppo funzionale peggiorano in modo statisticamente significativo (-8,4%, $P < 0,05$). La potenza, infine, non subisce sostanziali cambiamenti in nessuno dei due gruppi, nel gruppo tradizionale, infatti, aumenta leggermente ma non in modo significativo (3%, $P < 0,25$); mentre nel gruppo funzionale rimane praticamente invariata (1,1%, $P < 0,4$).

STIFFNESS	PRIMA	DOPO	DIFFERENZA
Altezza (cm) G.Tradizionale	39,3 ± 5	40,7 ± 5	3,6% $P < 0,02$
Altezza (cm) G. Sup. Instabili	34,2 ± 3	36,7 ± 3	7,3% $P < 0,02$
T. contatto (ms) G.Tradizionale	212 ± 53	204 ± 20	3,8% $P < 0,33$
T. contatto (ms) G. Sup. Instabili	228 ± 40	248 ± 46	-8,4% $P < 0,05$
Potenza (watt) G.Tradizionale	51,9 ± 11	53,4 ± 7	3% $P < 0,25$
Potenza (watt) G. Sup. Instabili	42,9 ± 5	43,3 ± 7	1,1% $P < 0,4$

Tabella 18: Altezza di salto (cm), tempi di contatto (ms) e potenza espressa (watt), analisi dei valori e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Per quanto riguarda i tempi di contatto se si prende in considerazione la differenza in percentuale, l'aumento dei valori indica un miglioramento, se invece si prendono in considerazione i valori numerici una diminuzione di questi corrisponde ad un miglioramento.

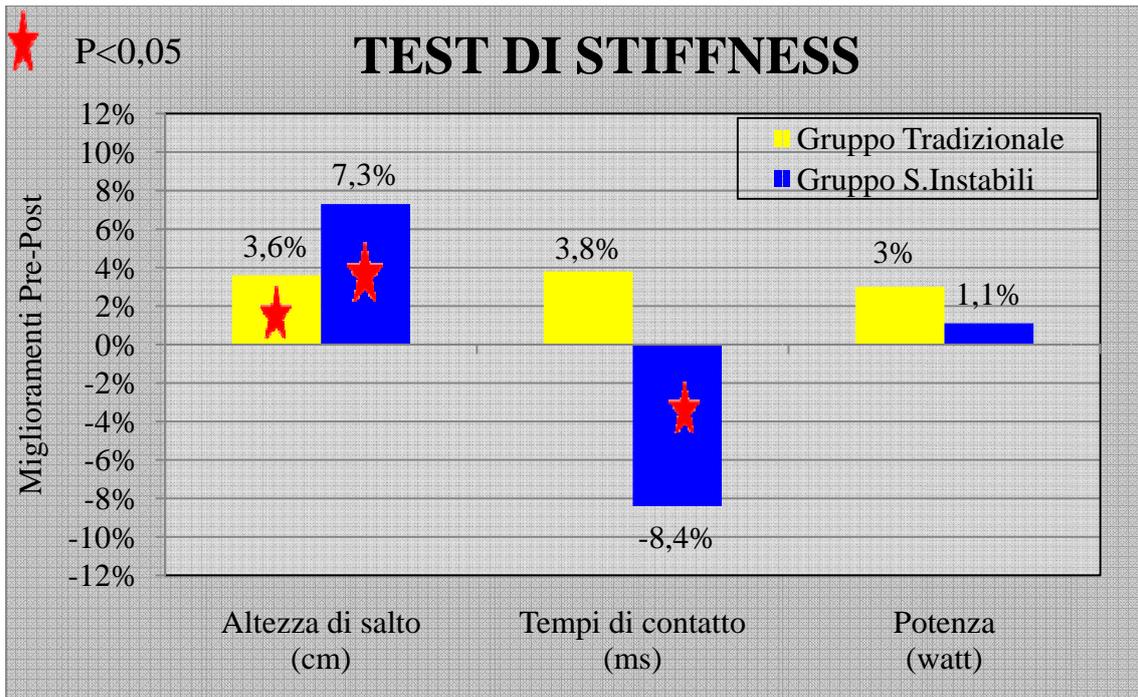


Figura 36 - Analisi delle variazioni dei valori di stiffness muscolare espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Per quanto riguarda i tempi di contatto l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento di tale parametro.

4.2.2 *Confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento a prevalenza funzionale*

Nel secondo studio le due metodiche proposte precedentemente vengono miscelate e tutti i soggetti svolgono sia esercizi tradizionali che esercizi su superfici instabili. I giovani calciatori partecipanti allo studio vengono comunque suddivisi in due gruppi, uno a prevalenza tradizionale (GPT) ed uno a prevalenza funzionale (GPF). Il primo gruppo effettua una percentuale maggiore di esercizi tradizionali ed una minore di esercizi su superfici instabili, mentre il secondo gruppo una percentuale maggiore di esercizi su superfici instabili ed una minore di esercizi tradizionali. Nel GPF occorre ricordare che in tutti gli esercizi tradizionali la stabilizzazione veniva effettuata con frenate monopodali e arresti in torsione. Dopo un primo periodo di allenamento, della durata di un mese con frequenza bisettimanale, i gruppi sono stati invertiti in modo tale che il GPT ha effettuato il lavoro a prevalenza funzionale e il gruppo GPF quello a prevalenza tradizionale.

Anche in questo caso sono stati analizzati inizialmente i valori di partenza per valutare l'omogeneità del campione. Dalla tabella 19, relativa ai dati di forza media, altezza di salto e costo muscolare non risultano differenze statisticamente significative, ad eccezione dell'altezza di salto nel CMJ monopodale (-12%, $P < 0,06$). In questo caso, infatti, pur non verificandosi una differenza statisticamente significativa si nota una differenza marcata di quasi 3 centimetri. Tuttavia, come vedremo successivamente, questa differenza non andrà ad incidere ai fini dei risultati finali.

Nel test di stiffness, infine, non si evidenziano differenze significative tra i due gruppi per quanto riguarda i parametri di altezza, tempi di contatto e potenza espressa.

Dopo aver analizzato l'omogeneità del campione, siamo passati ad analizzare i dati relativi ai test d'entrata, ai test d'uscita e ai relativi confronti tra le varie prove. Sono stati analizzati prima i valori di forza media, poi quelli relativi all'altezza di salto. Infine, è stato analizzato il costo muscolare, che rappresenta un parametro di efficienza muscolare e rappresenta la forza necessaria a spostare 1kg del peso corporeo per 1 metro di distanza.

CMJ Bipodalico	PREVALENZA TRADIZIONALE	PREVALENZA FUNZIONALE	DIFF
Forza Media (Newton)	1375 ± 246	1405 ± 141	2,2% P<0,46
Altezza (cm)	38,7 ± 6,3	38,6 ± 1,9	0,3% P<0,44
Costo Muscolare (N/mt/kg)	50,6 ± 3,6	53,9 ± 3,1	-6,6% P<0,09

CMJ Monopodalico	PREVALENZA TRADIZIONALE	PREVALENZA FUNZIONALE	DIFF
Forza Media (Newton)	1162 ± 97	1131 ± 67	-3% P<0,28
Altezza (cm)	24,6 ± 3	21,7 ± 2,4	-12% P<0,06
Costo Muscolare (N/mt/kg)	67,6 ± 10,4	77,5 ± 10,6	-15% P<0,09

STIFFNESS	PREVALENZA TRADIZIONALE	PREVALENZA FUNZIONALE	DIFF
Altezza (cm)	34,1 ± 2,8	32,6 ± 3,4	-4,3% P<0,24
Tempi di contatto (ms)	169,5 ± 17,6	169,2 ± 25,2	0,1% P<0,49
Potenza (watt)	52,3 ± 1,8	49,5 ± 8,1	-5,4% P<0,24

Tabella 19: Analisi dei valori di partenza dei due gruppi analizzati.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare e i Tempi di Contatto, la differenza in percentuale positiva corrisponde a valori numerici più bassi e quindi migliori. Un Costo Muscolare più basso, infatti, è indice di una miglior coordinazione intermuscolare. Questo vale anche per i Tempi di Contatto che quando sono più bassi indicano una miglior stiffness muscolare.

Per quanto riguarda la forza media, il lavoro a prevalenza tradizionale consente un aumento dei livelli di forza, rispettivamente del 9,3% ($P<0,01$) nelle azioni bipodaliche e del 12% ($P<0,01$) in quelle monopodaliche. Entrambi i miglioramenti, quindi, risultano statisticamente significativi.

Il lavoro a prevalenza funzionale, al contrario, non provoca alcun effetto sui valori di forza media sia nel CMJ bipodalico (-0,5%, $P<0,36$) che in quello monopodalico (-1%, $P<0,18$).

FORZA MEDIA (Newton)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico P. TRADIZIONALE	1375 2 ± 246	1502 ± 237	9,3% $P<0,01$
CMJ Monopodal. P. TRADIZIONALE	1162 ± 97	1307 ± 84	12% $P<0,01$
CMJ Bipodalico P. FUNZIONALE	1405 ± 141	1398 ± 137	-0,5 $P<0,36$
CMJ Monopodal. P. FUNZIONALE	1131 ± 67	1118 ± 92	-1% $P<0,18$

Tabella 20: Analisi dei valori di forza media e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento.

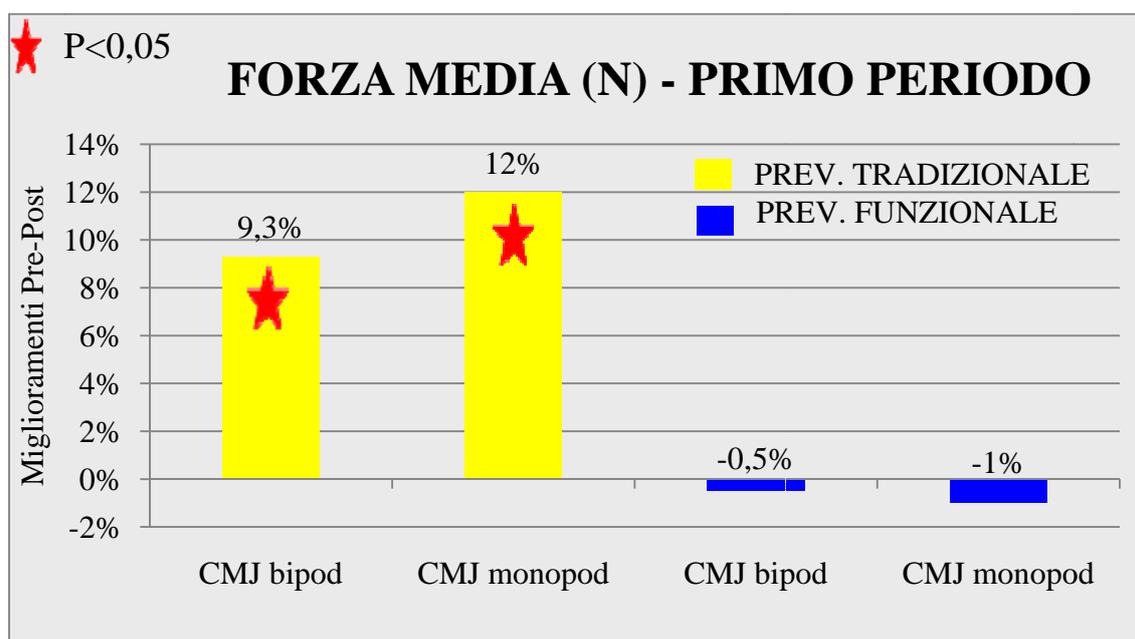


Figura 37 - Analisi delle variazioni di forza media espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

Analizzando i valori di altezza di salto e le relative differenze tra il test d'entrata e quello di uscita si nota come entrambi i protocolli producano un miglioramento di questo parametro (Tabella 21).

Infatti, nei soggetti che hanno effettuato il lavoro a prevalenza tradizionale, l'altezza di salto aumenta del 7,5% ($P < 0,03$) nel CMJ bipodalico e del 10% ($P < 0,01$) nel CMJ monopodalico, entrambi i miglioramenti risultano quindi statisticamente significativi.

Allo stesso tempo, anche i soggetti che hanno effettuato il lavoro a prevalenza funzionale riescono ad ottenere miglioramenti dell'altezza di salto, del 3,6% ($P < 0,01$) nel CMJ bipodalico e del 7% ($P < 0,05$) nel CMJ monopodalico. Anche in questo caso entrambi i miglioramenti risultano statisticamente significativi.

ALTEZZA (cm)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico P. TRADIZIONALE	38,7 ± 6,3	41,6 ± 7,1	7,5% $P < 0,03$
CMJ Monopodal. P. TRADIZIONALE	24,6 ± 3	27 ± 2,4	10% $P < 0,01$
CMJ Bipodalico P. FUNZIONALE	38,6 ± 1,9	40 ± 2	3,6% $P < 0,01$
CMJ Monopodal. P. FUNZIONALE	21,7 ± 2,4	23,2 ± 3,2	7% $P < 0,05$

Tabella 21: Analisi dei valori di altezza di salto e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento.

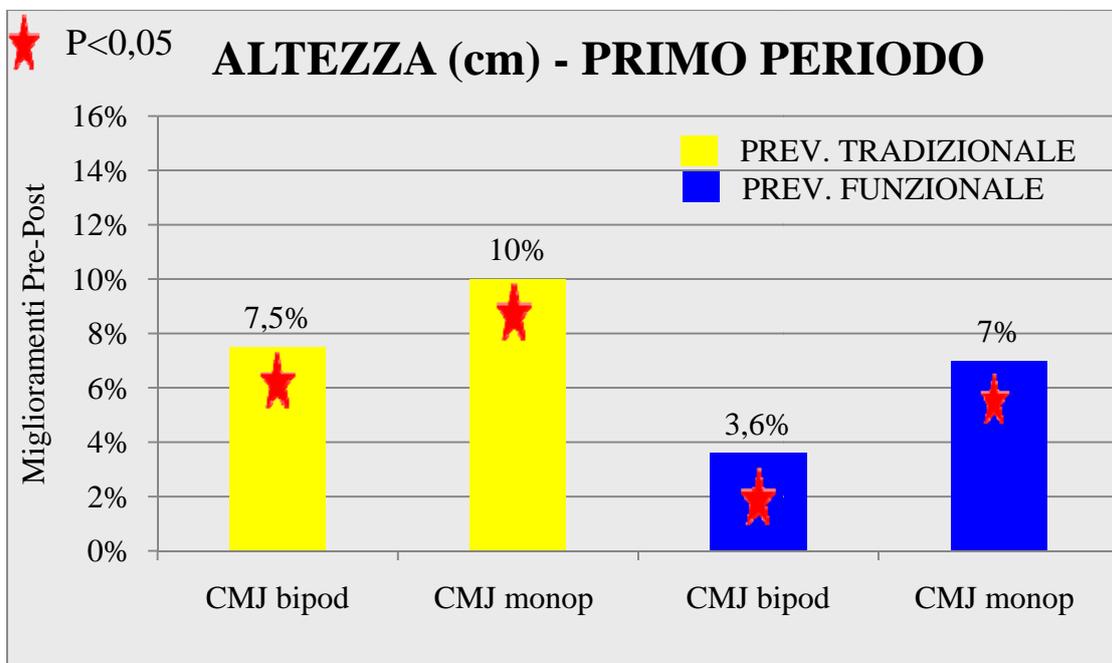


Figura 38 - Analisi delle variazioni di altezza di salto espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

Per quanto riguarda il costo muscolare, dalla Figura 39 e dalla Tabella 22 si nota come il lavoro a prevalenza tradizionale non produca alcun effetto sia nel CMJ bipodalico (0,4%, $P<0,4$) che in quello monopodalico (-0,6%, $P<0,4$).

Al contrario, il lavoro a prevalenza funzionale produce un miglioramento elevato e statisticamente significativo in entrambe le azioni, rispettivamente del 5,2% ($P<0,01$) nell'azione bipodalica e del 9% ($P<0,05$) in quella monopodalica.

COSTO MUSCOLARE (N/mt/kg)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico P. TRADIZIONALE	50,6 ± 3,6	50,4 ± 3,8	0,4% $P<0,4$
CMJ Monopodal. P. TRADIZIONALE	67,6 ± 10	68 ± 8,2	-0,6 % $P<0,4$
CMJ Bipodalico P. FUNZIONALE	53,9 ± 3,1	51,1 ± 3,4	5,2% $P<0,01$
CMJ Monopodal. P. FUNZIONALE	77,5 ± 10	70,4 ± 11	9% $P<0,05$

Tabella 22: Analisi dei valori del costo muscolare e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Se si prende in considerazione la differenza in percentuale, l'aumento dei valori indica un miglioramento del costo muscolare, se invece si prendono in considerazione i valori numerici una diminuzione di questi corrisponde ad un miglioramento.

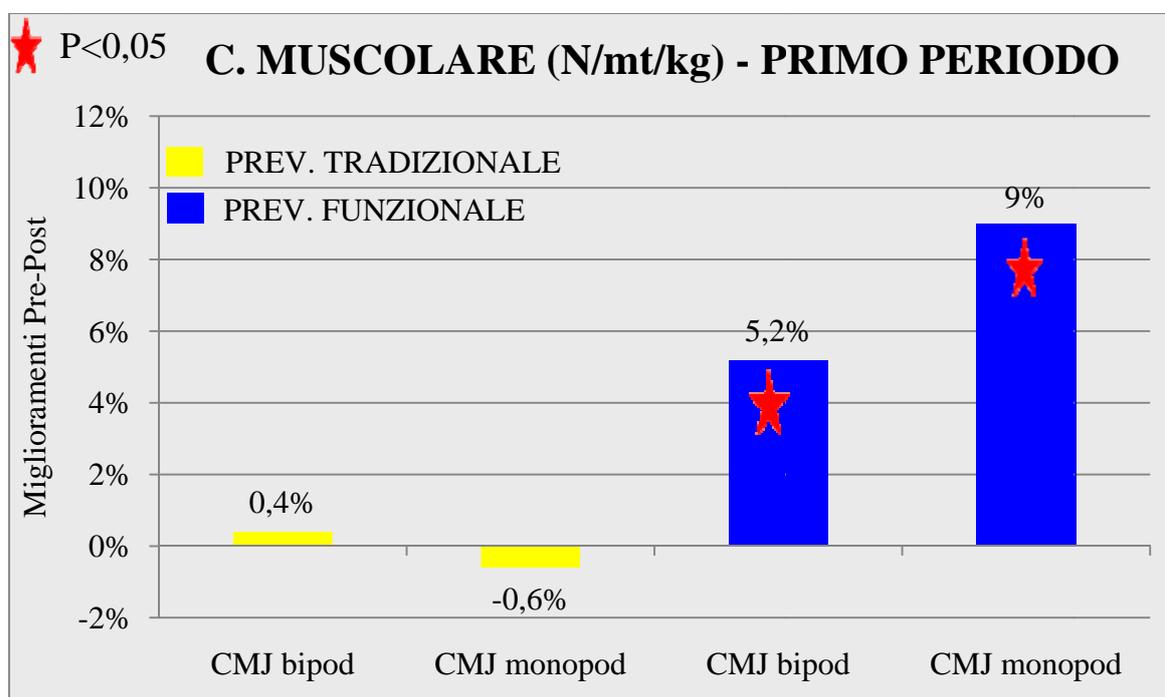


Figura 39 - Analisi delle variazioni del costo muscolare espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

N.B. L'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento del costo muscolare e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

Dopo aver effettuato il primo periodo di allenamento i gruppi sono stati invertiti. Nel secondo periodo, quindi, il gruppo PT ha effettuato il lavoro a prevalenza funzionale e il gruppo PF quello a prevalenza tradizionale. Dopo aver analizzato i dati relativi al primo periodo, siamo passati ad analizzare gli effetti ottenuti complessivamente. Abbiamo preso in considerazione, quindi, i test d'entrata iniziali e i test d'uscita finali, tralasciando i test effettuati dopo il primo periodo.

Dalla Figura 40 e dalla Tabella 23 si nota come entrambi i metodi producano un miglioramento della forza media, tuttavia, effettuare prima un lavoro a prevalenza tradizionale, e successivamente uno a prevalenza funzionale, provoca dei miglioramenti maggiori. Infatti, il gruppo PT-PF2 ha ottenuto un miglioramento del 8,9% ($P<0,03$) nel CMJ bipodalico e del 9% ($P<0,04$) nel CMJ monopodalico. Entrambi i miglioramenti risultano statisticamente significativi. Il gruppo PF-PT2, invece, ha ottenuto nel CMJ bipodalico un miglioramento del 2,7% ($P<0,17$), mentre nel CMJ monopodalico un miglioramento del 5% ($P<0,05$) che è risultato statisticamente significativo.

FORZA MEDIA (Newton)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico PT-PF2	1375 2 ± 246	1497 ± 259	8,9% $P<0,03$
CMJ Monopodal. PT-PF2	1162 ± 97	1266 ± 116	9% $P<0,04$
CMJ Bipodalico PF-PT2	1405 ± 141	1443 ± 216	2,7 $P<0,17$
CMJ Monopodal. PF-PT2	1131 ± 67	1187 ± 114	5% $P<0,05$

Tabella 23: Analisi dei valori di forza media e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

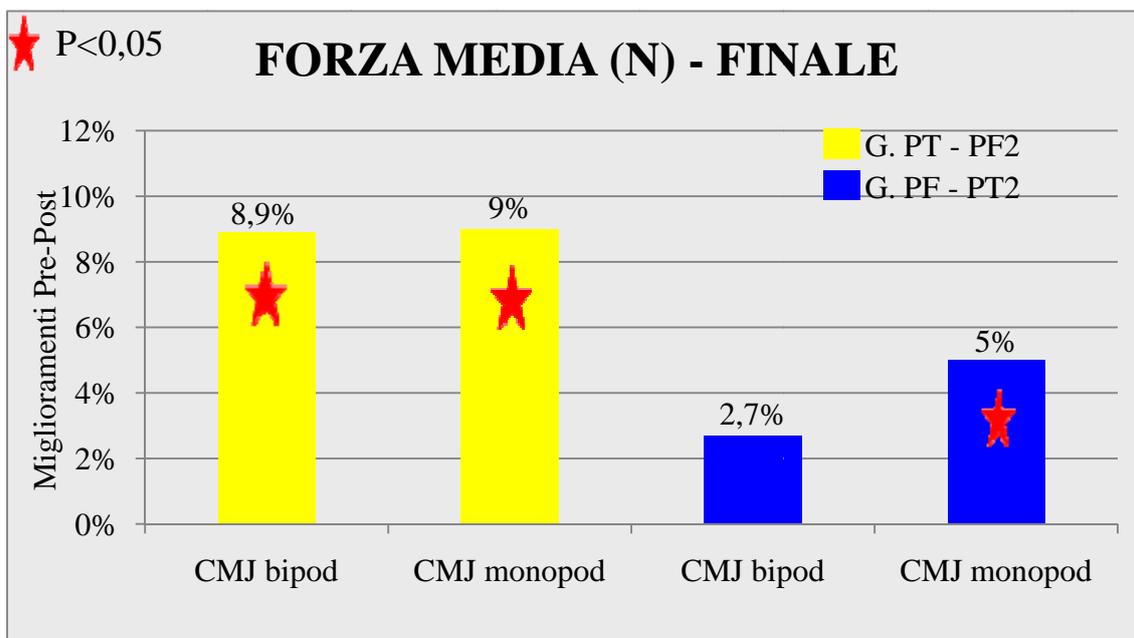


Figura 40 - Analisi delle variazioni di forza media espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

Dalla Figura 41 e dalla Tabella 24 si nota come sia il gruppo PT-PF2 che il gruppo PF-PT2 ottengano miglioramenti elevati, e statisticamente significativi, per quanto riguarda l'altezza di salto.

Nel caso del gruppo PT-PF2 questi miglioramenti risultano del 9,9% ($P < 0,01$) nel CMJ bipodalico e del 14% ($P < 0,01$) nel CMJ monopodalico.

Nel caso del gruppo PF-PT2, invece, i miglioramenti risultano del 7,8% ($P < 0,01$) nel CMJ bipodalico e del 15% ($P < 0,01$) nel CMJ monopodalico.

ALTEZZA (cm)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico PT-PF2	38,7 ± 6,3	42,6 ± 5,8	9,9% $P < 0,01$
CMJ Monopodal. PT-PF2	24,6 ± 3	27,9 ± 2,6	14% $P < 0,01$
CMJ Bipodalico PF-PT2	38,6 ± 1,9	41,6 ± 2,4	7,8% $P < 0,01$
CMJ Monopodal. PF-PT2	21,7 ± 2,4	25 ± 3	15% $P < 0,01$

Tabella 24: Analisi dei valori di altezza di salto e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

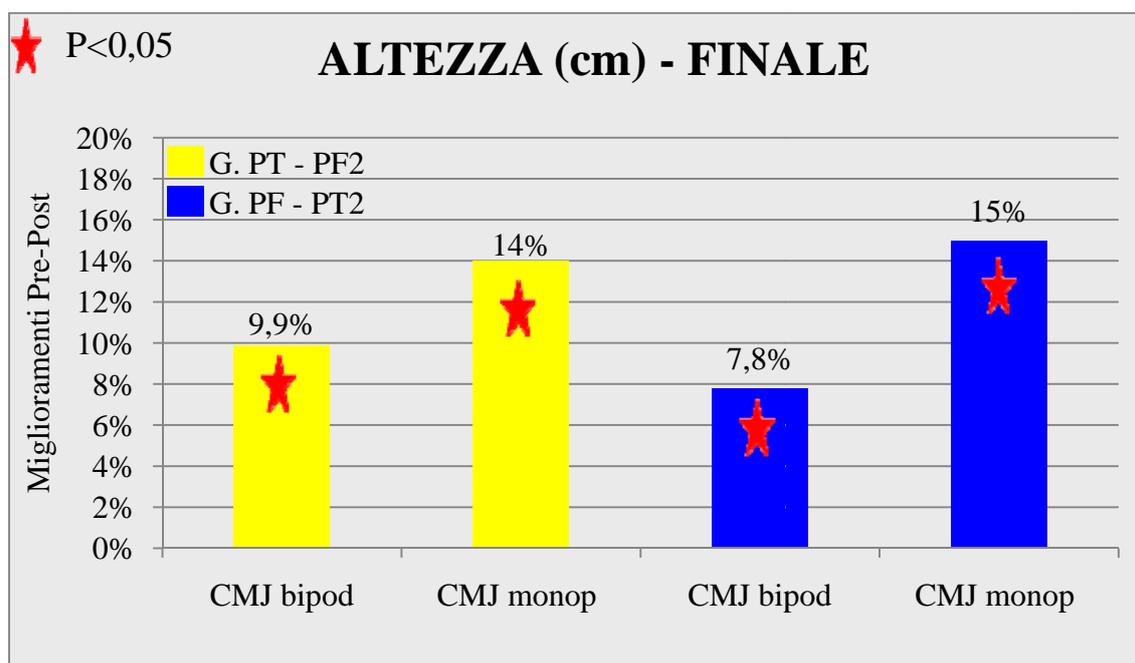


Figura 41 - Analisi delle variazioni di altezza di salto espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

Anche il parametro coordinativo del costo muscolare risulta migliorato a seguito di entrambi i protocolli (Tabella 25).

Nel gruppo PT-PF2 questi miglioramenti risultano significativi solo nel CMJ bipodalico (3,8%, $P < 0,05$), mentre nel CMJ monopodalico pur ottenendo un miglioramento maggiore rispetto all'azione bipodalica, non si raggiunge la significatività statistica (6%, $P < 0,15$).

Nel gruppo PF-PT2, invece, si ottiene un miglioramento del 6,5% ($P < 0,04$) nel CMJ bipodalico e dell'11% ($P < 0,03$) nel CMJ monopodalico.

COSTO MUSCOLARE (N/mt/kg)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico PT-PF2	50,6 ± 3,6	48,7 ± 4,2	3,8% $P < 0,05$
CMJ Monopodal. PT-PF2	67,6 ± 10	63,5 ± 7,9	6% $P < 0,15$
CMJ Bipodalico PF-PT2	53,9 ± 3,1	50,5 ± 3,6	6,5% $P < 0,04$
CMJ Monopodal. PF-PT2	77,5 ± 10	69 ± 5,7	11% $P < 0,03$

Tabella 25: Analisi dei valori del costo muscolare e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Se si prende in considerazione la differenza in percentuale, l'aumento dei valori indica un miglioramento del costo muscolare, se invece si prendono in considerazione i valori numerici una diminuzione di questi corrisponde ad un miglioramento.

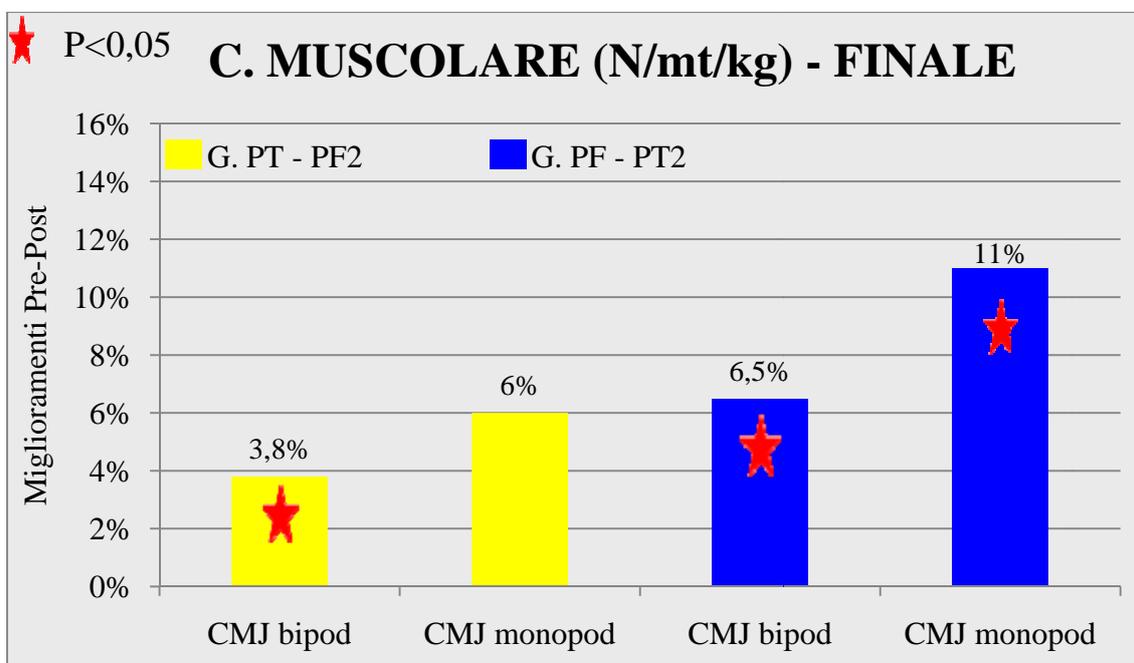


Figura 42 - Analisi delle variazioni di costo muscolare espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

N.B. L'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento del costo muscolare e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

A differenza dei test di salto, che sono stati analizzati in tre momenti differenti, il test di stiffness, come spiegato precedentemente, è stato svolto solamente all'inizio e al termine del lavoro. Gli unici confronti che si possono fare, quindi, sono quelli relativi alla diversa tempistica degli esercizi proposti.

Dall'analisi dei dati (Tabella 26), si nota come entrambi i metodi producano un miglioramento sia dell'altezza di salto che della potenza espressa, mentre i tempi di contatto migliorano solo nel gruppo PT-PF2 e peggiorano nel gruppo PF-PT2. Nel gruppo PT-PF2 i miglioramenti dell'altezza di salto (8,7%, $P < 0,003$) e della potenza espressa (11,7%, $P < 0,04$) risultano statisticamente significativi, mentre il miglioramento dei tempi di contatto non raggiunge la significatività statistica (4%, $P < 0,27$). Nel gruppo PF-PT2, invece, sia i miglioramenti dell'altezza di salto (3,3% $P < 0,10$) e della potenza (3% $P < 0,19$), che il peggioramento dei tempi di contatto, non risultano statisticamente significativi.

STIFFNESS	PRIMA	DOPO	DIFFERENZA
Altezza (cm) Gruppo PT-PF2	34,1 ± 2,8	37,1 ± 2,9	8,7% $P < 0,003$
Altezza (cm) Gruppo PF-PT2	32,6 ± 3,4	33,7 ± 4,4	3,3% $P < 0,10$
T. contatto (ms) Gruppo PT-PF2	169,5 ± 17,6	162,7 ± 21,7	4% $P < 0,27$
T. contatto (ms) Gruppo PF-PT2	169,2 ± 25,2	175,2 ± 20	-3,6% $P < 0,3$
Potenza (watt) Gruppo PT-PF2	52,3 ± 1,8	58,4 ± 5,7	11,7% $P < 0,04$
Potenza (watt) Gruppo PF-PT2	49,5 ± 8,1	51 ± 8,5	3% $P < 0,19$

Tabella 26: Altezza di salto (cm), tempi di contatto (ms) e potenza espressa (watt), analisi dei valori e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Per quanto riguarda i tempi di contatto se si prende in considerazione la differenza in percentuale, l'aumento dei valori indica un miglioramento, se invece si prendono in considerazione i valori numerici una diminuzione di questi corrisponde ad un miglioramento.

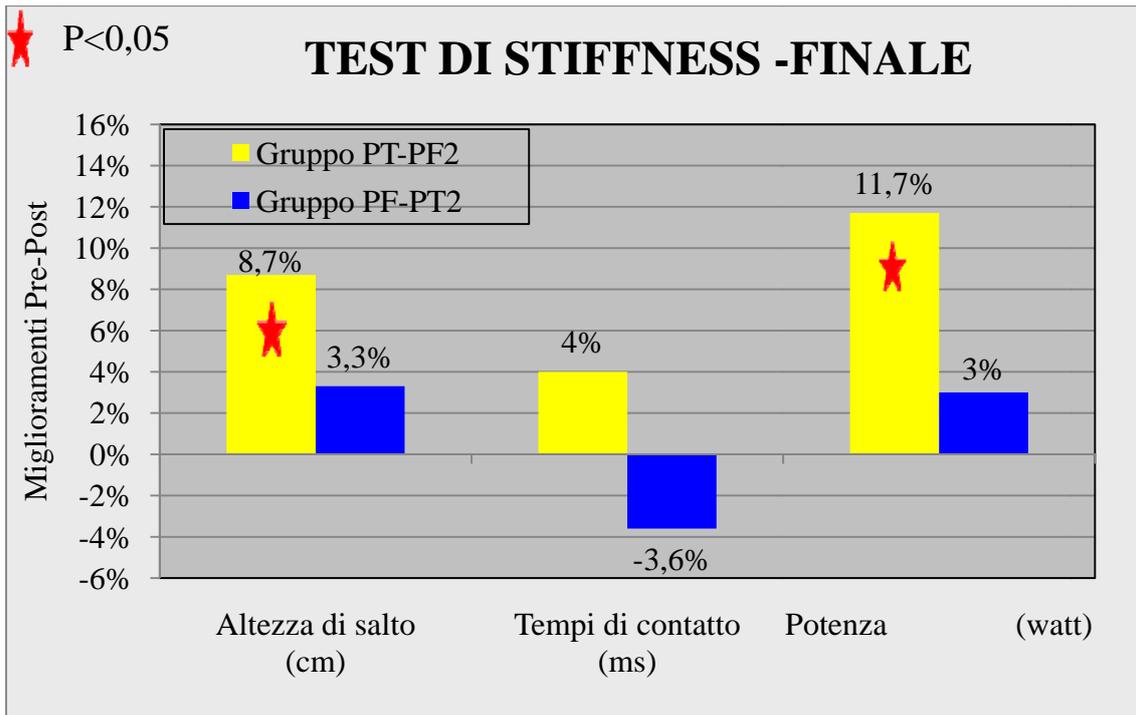


Figura 43 - Analisi delle variazioni dei valori di stiffness muscolare espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Per quanto riguarda i tempi di contatto l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento di tale parametro.

4.2.3 Confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento di accelerazioni e decelerazioni

In questo studio l'allenamento a prevalenza tradizionale è stato confrontato con un ulteriore protocollo di allenamento, basato esclusivamente su accelerazioni e decelerazioni effettuate su diverse distanze e con diversi cambi di senso e di direzione. Procedendo come negli studi precedentemente descritti, sono stati confrontati inizialmente i dati di partenza dei due gruppi. Dalla tabella 27, relativa ai confronti, si evidenzia una differenza statisticamente significativa solo negli sprint su 30 metri (4%, $P < 0,01$). In questa prova, quindi, i soggetti appartenenti al GAD (gruppo accelerazioni-decelerazioni) risultavano più veloci del GM (gruppo miscelato). Invece, nello sprint a navetta su 15 metri e in tutti gli altri parametri relativi ai test di salto (forza, altezza e costo muscolare) non si evidenzia alcuna differenza statisticamente significativa.

TEST DI SPRINT	PREVALENZA TRADIZIONALE	ACCELERAZIONI DECELERAZIONI	DIFF
15+15 mt a navetta (s)	5,7 ± 0,28	5,825 ± 0,22	-2% $P < 0,18$
30 mt in linea (s)	4,388 ± 0,14	4,225 ± 0,12	4% $P < 0,01$

CMJ Bipodalico	PREVALENZA TRADIZIONALE	ACCELERAZIONI DECELERAZIONI	DIFF
Forza Media (Newton)	1445 ± 209	1535 ± 217	6% $P < 0,24$
Altezza (cm)	37,5 ± 3,4	41 ± 4,6	9% $P < 0,09$
Costo Muscolare (N/mt/kg)	57,8 ± 11,6	51,1 ± 4,4	12% $P < 0,11$

CMJ Monopodalico	PREVALENZA TRADIZIONALE	ACCELERAZIONI DECELERAZIONI	DIFF
Forza Media (Newton)	1155 ± 101	1224 ± 114	6% $P < 0,15$
Altezza (cm)	24,3 ± 2,5	25,1 ± 3,5	3% $P < 0,33$
Costo Muscolare (N/mt/kg)	71,4 ± 11	67,2 ± 7,6	6% $P < 0,23$

Tabella 27: Analisi dei valori di partenza dei due gruppi analizzati.

N.B. Per quanto riguarda il costo muscolare e i tempi relativi agli sprint, la differenza in percentuale positiva corrisponde a valori numerici più bassi e quindi migliori. Un costo muscolare più basso, infatti, è indice di una miglior coordinazione intermuscolare. Questo vale anche per gli sprint dove i tempi più bassi corrispondono a soggetti più veloci.

Osservando la Tabella 28 e la Figura 44, relative all'analisi dei test di sprint e ai confronti pre-post, si nota come l'allenamento a prevalenza tradizionale, non abbia prodotto alcun cambiamento, sia nella prova a navetta su 15 metri (0,7% $P < 0,32$) che in quella in linea su 30 metri (1,1%, $P < 0,13$).

Al contrario il lavoro di accelerazioni e decelerazioni, effettuate su diverse distanze e con diversi cambi di senso e di direzione, ha prodotto un miglioramento statisticamente significativo solo nella prova a navetta su 15 metri (4,1%, $P < 0,001$). Nella prova su 30 metri, invece, non si è verificato alcun cambiamento (-0,8% $P < 0,12$).

15+15 mt A NAVETTA	PRIMA	DOPO	DIFFER.
PREVALENZA TRADIZIONALE	5,7 ± 0,28	5,661 ± 0,14	0,7% $P < 0,32$
ACCELERAZ-DECELERAZ	5,825 ± 0,22	5,585 ± 0,16	4,1% $P < 0,001$

30 mt IN LINEA	PRIMA	DOPO	DIFFER.
PREVALENZA TRADIZIONALE	4,388 ± 0,14	4,341 ± 0,07	1,1% $P < 0,13$
ACCELERAZ-DECELERAZ	4,225 ± 0,12	4,260 ± 0,11	-0,8% $P < 0,12$

Tabella 28: Analisi dei valori di sprint, sia a navetta che in linea, e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Se si prende in considerazione la differenza in percentuale, l'aumento dei valori indica un miglioramento degli sprint, se invece si prendono in considerazione i valori numerici una diminuzione di questi corrisponde ad un miglioramento della velocità.

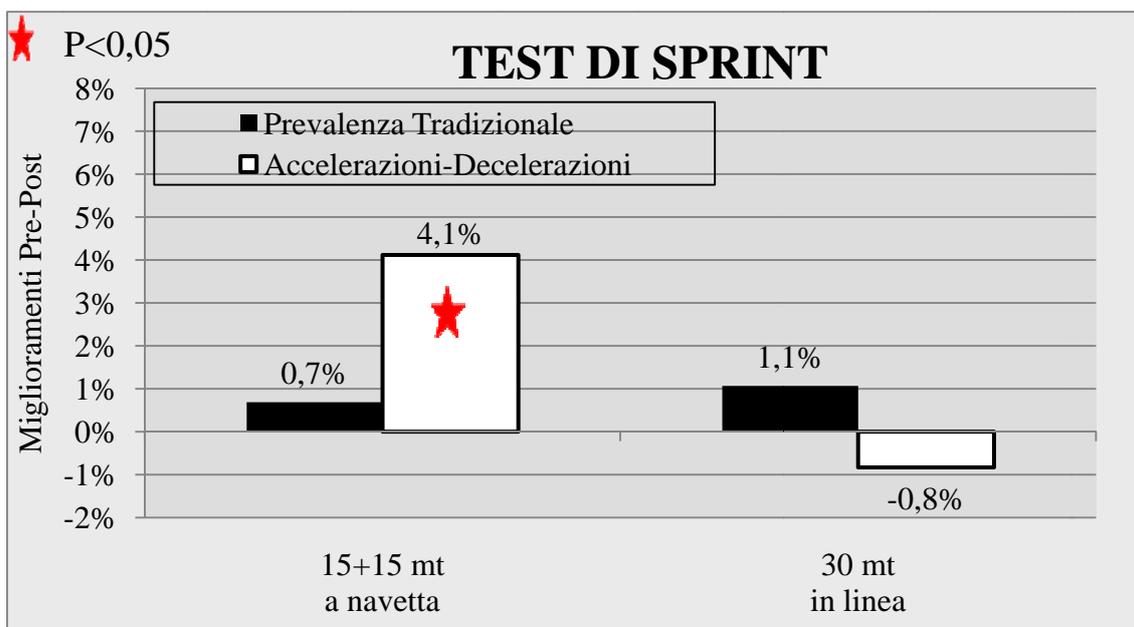


Figura 44 - Analisi delle variazioni dei valori di sprint, sia a navetta che in linea, espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati. N.B. L'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento del tempo degli sprint e quindi ad un miglioramento della velocità.

Per quanto riguarda i test di salto, come negli studi precedenti, sono stati analizzati i parametri di forza media, altezza di salto e costo muscolare. Dalla Tabella 29 e dalla Figura 45, relative rispettivamente ai dati di forza media e ai confronti pre-post, si nota come l'allenamento a prevalenza tradizionale consenta un aumento statisticamente significativo dei livelli di forza, sia nel CMJ bipodalico (6,6%, $P < 0,02$) che nel CMJ monopodalico (4,1%, $P < 0,04$).

Il lavoro di accelerazioni e decelerazioni, invece, non sembra produrre particolari effetti nell'applicazione di forza. Nel CMJ bipodalico, infatti, si nota un leggero miglioramento che, tuttavia, non risulta statisticamente significativo (2%, $P < 0,3$); mentre nel CMJ monopodalico i livelli di forza rimangono praticamente inalterati (-0,4%, $P < 0,4$).

FORZA MEDIA (Newton)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodalico PREVALENZA TRADIZIONALE	1445 ± 209	1540 ± 168	6,6% $P < 0,02$
CMJ Monopodalico PREVALENZA TRADIZIONALE	1155 ± 101	1202 ± 113	4,1% $P < 0,04$
CMJ Bipodalico ACCELERAZ-DECELERAZ	1535 ± 217	1566 ± 247	2% $P < 0,3$
CMJ Monopodalico ACCELERAZ-DECELERAZ	1224 ± 114	1219 ± 114	-0,4% $P < 0,4$

Tabella 29: Analisi dei valori di forza media e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

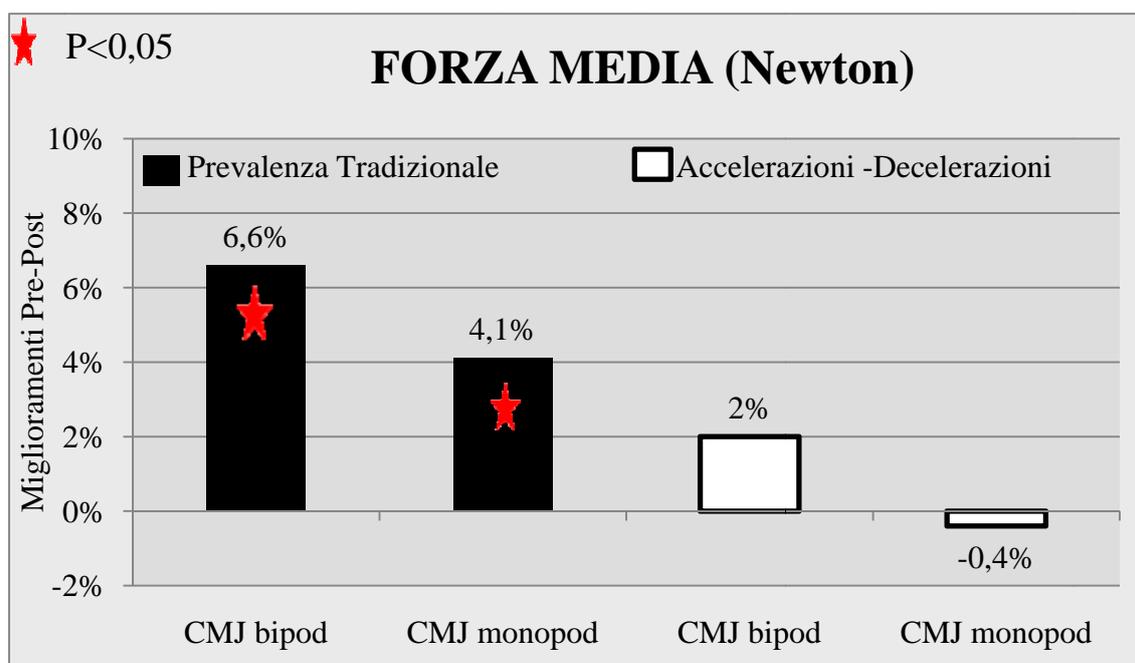


Figura 45 - Analisi delle variazioni dei valori di forza media, espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

Dall'analisi relativa ai dati dell'altezza di salto, si nota come entrambi gli allenamenti producano un miglioramento elevato e statisticamente significativo, sia nell'azione bipodale che in quella monopodale (Tabella 30 – Figura 46).

Il lavoro a prevalenza tradizionale, infatti, produce un miglioramento del 8,7% ($P < 0,01$) nel CMJ bipodale e del 10,6% ($P < 0,001$) nel CMJ monopodale.

Allo stesso tempo anche il lavoro di accelerazioni e decelerazioni produce un miglioramento del 8,2% ($P < 0,01$) nel CMJ bipodale e del 8,2% ($P < 0,03$) nel CMJ monopodale.

ALTEZZA DI SALTO (cm)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodale PREVALENZA TRADIZIONALE	37,5 ± 3,4	40,8 ± 2,2	8,7% $P < 0,01$
CMJ Monopodale PREVALENZA TRADIZIONALE	24,3 ± 2,5	26,9 ± 3,2	10,6% $P < 0,001$
CMJ Bipodale ACCELERAZ-DECELERAZ	41 ± 4,6	44,4 ± 5,8	8,2% $P < 0,01$
CMJ Monopodale ACCELERAZ-DECELERAZ	25,1 ± 3,5	27,2 ± 3,8	8,2% $P < 0,03$

Tabella 30: Analisi dei valori di altezza di salto e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

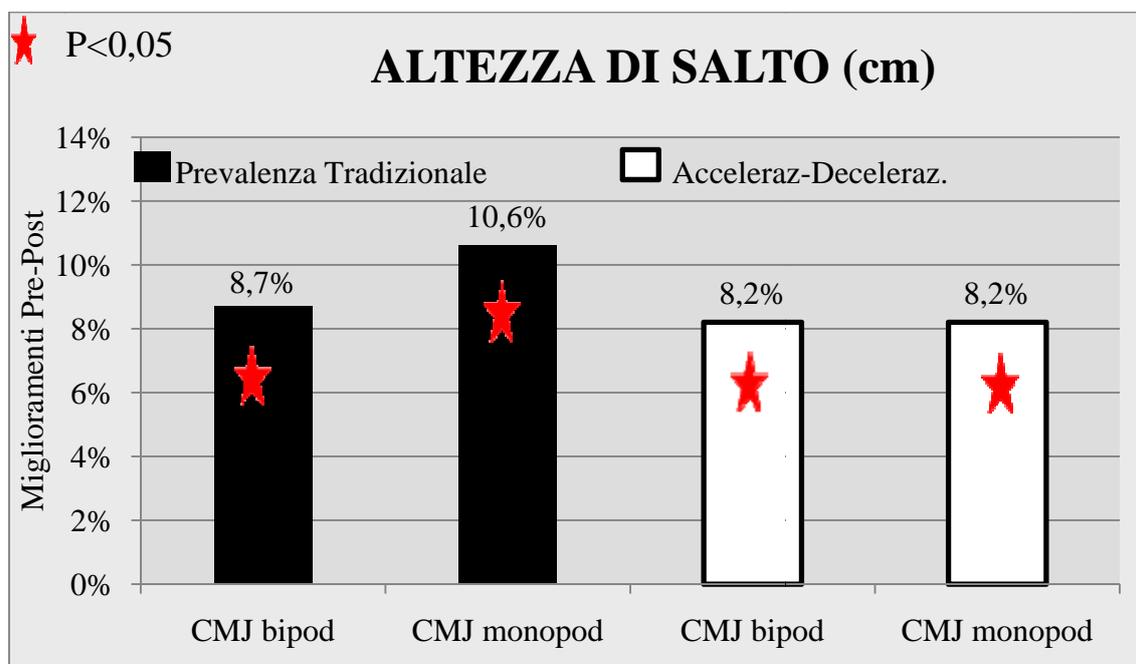


Figura 46 - Analisi delle variazioni dei valori di altezza di salto, espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

Infine, è stato analizzato il costo muscolare, indice di coordinazione. Dalla Tabella 31 e dalla Figura 47, relative rispettivamente ai dati e ai confronti pre-post, si nota come il lavoro miscelato consenta di ottenere un miglioramento statisticamente significativo del costo muscolare solo nelle azioni monopodali (4,9%, $P < 0,04$), mentre nelle azioni bipodali non provoca alcun cambiamento (1,2%, $P < 0,35$).

Al contrario, il lavoro di sprint produce dei miglioramenti statisticamente significativi del costo muscolare sia nel CMJ bipodale (3,5%, $P < 0,05$) che nel CMJ monopodale (5,6%, $P < 0,01$).

COSTO MUSCOLARE (N/mt/kg)	PRIMA	DOPO	DIFFER.
CMJ Bipodale PREVALENZA TRADIZIONALE	57,8 ± 11,6	57,1 ± 8,5	1,2% $P < 0,35$
CMJ Monopodale PREVALENZA TRADIZIONALE	71,4 ± 11	67,9 ± 8	4,9% $P < 0,04$
CMJ Bipodale ACCELERAZ-DECELERAZ	51,1 ± 4,4	49,3 ± 4,9	3,5% $P < 0,05$
CMJ Monopodale ACCELERAZ-DECELERAZ	67,2 ± 7,6	63,4 ± 8,6	5,6% $P < 0,01$

Tabella 31: Analisi dei valori del costo muscolare e delle relative differenze a seguito dei due protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Se si prende in considerazione la differenza in percentuale, l'aumento dei valori indica un miglioramento del costo muscolare, se invece si prendono in considerazione i valori numerici una diminuzione di questi corrisponde ad un miglioramento.

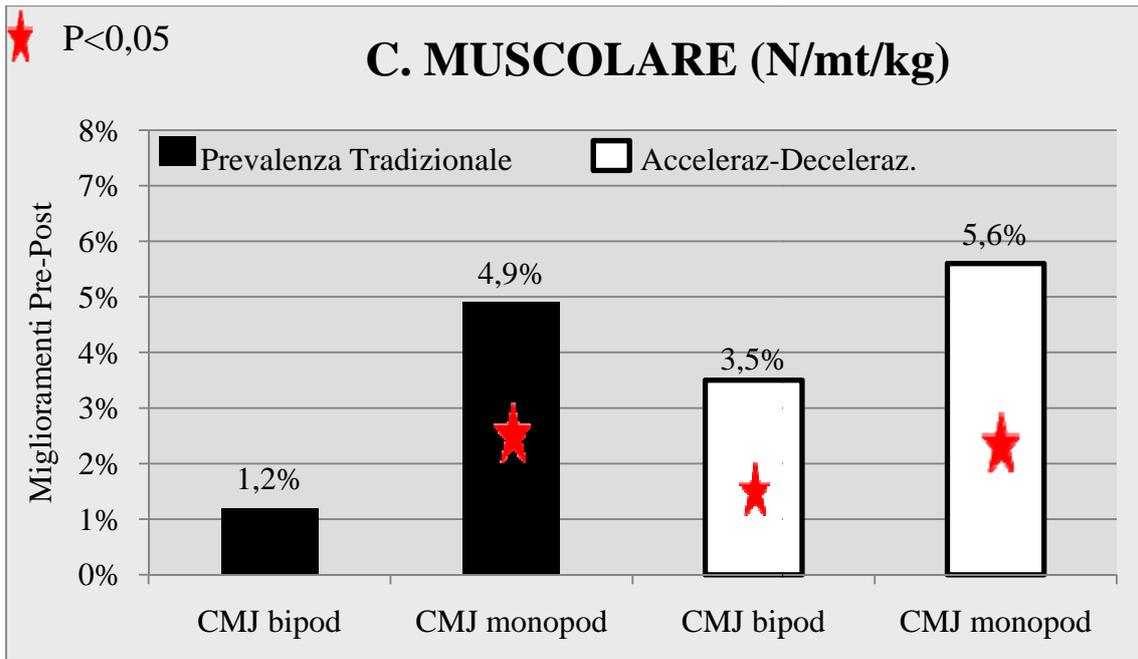


Figura 47 - Analisi delle variazioni dei valori di costo muscolare, espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

N.B. L'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento del costo muscolare e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

V. DISCUSSIONE

5.1 Discussione Prima Parte

5.1.1 *Determinare il carico che grava sulla gamba anteriore durante l'esecuzione di una contropiegata*

L'analisi della contropiegata rileva che la percentuale di carico sulla gamba anteriore risulta maggiore rispetto a quello della gamba posteriore solo se la distanza tra i piedi è intorno ai 60-80 cm. Con piedi distanti 30 cm, invece, si ottengono risultati contrastanti ma in entrambe le posizioni analizzate, dal momento che i piedi sono troppo vicini, il carico viene distribuito in maniera uguale tra le due gambe e questo di conseguenza non consente di sviluppare un'esercitazione monopodalica.

Quando la proiezione a terra del ginocchio della gamba anteriore cade in direzione della punta del piede, la percentuale di carico su questa gamba tende ad aumentare rispetto alla posizione con tibia perpendicolare a terra. Questa è la conseguenza ovvia di uno spostamento in avanti del baricentro che provoca appunto un aumento della percentuale di carico.

In entrambe le posizioni, inoltre, risulta che all'aumentare della distanza dei piedi aumenta anche il carico sulla gamba anteriore.

Posizionando la gamba posteriore su uno step, invece, il carico sulla gamba anteriore aumenta ulteriormente all'aumentare dell'altezza dello step. Anche in questo la motivazione è da attribuire ad un innalzamento del baricentro del corpo.

Pertanto, una distanza compresa tra i 60 e gli 80 cm sembra essere quella ideale per sviluppare un'esercitazione monopodalica efficace. Inoltre, un leggero spostamento in avanti del bilanciamento consente un ulteriore incremento del lavoro monopodalico, purchè la proiezione a terra del ginocchio della gamba anteriore non oltrepassi la punta del piede e il tallone rimanga a contatto con il terreno.

5.1.2 *Analisi elettromiografica di una contropiegata*

Dall'analisi contemporanea di forza e attività elettrica, sia della gamba anteriore che della gamba posteriore, si nota come in quella anteriore, a un certo punto dell'azione, questi due parametri subiscano un brusco incremento. Questo momento corrisponde all'istante in cui la gamba posteriore termina la sua azione. Infatti, sia dal tracciato dinamografico che da quello elettromiografico, si nota come la gamba posteriore a un certo punto non riesca più ad applicare forza, come conseguenza dell'interruzione dello stimolo elettrico.

A differenza dello squat, dove lo spostamento del bilanciere è quasi esclusivamente verticale, nella contropiegata vi è un'importante componente obliqua. Questo, a livello biomeccanico, comporta che la gamba posteriore possa contribuire al movimento solo nella parte iniziale. La parte finale, di conseguenza, sarà esclusivamente a carico della gamba anteriore. Tuttavia, se inizialmente la percentuale di carico è distribuita tra le due gambe, anche se non in modo uguale, nella parte finale la gamba anteriore si troverà improvvisamente a sopportare tutto il carico. La reazione di tale arto si esplica con l'attivazione del riflesso da stiramento, evidenziabile sia nel vasto mediale che in quello laterale, in risposta all'aumento improvviso del carico.

5.1.3 Confronto dei parametri meccanici tra squat parallelo e contropiegata

Confrontando lo squat parallelo con la contropiegata, a parità di carico per gamba, l'azione monopodolica consente un'applicazione maggiore di forza del 2% rispetto all'azione bipodolica. Questa differenza, anche se lieve risulta statisticamente significativa. Al contrario, il tempo sotto tensione nell'azione monopodolica risulta nettamente inferiore (37%). A parità di spostamento una durata inferiore indica una velocità esecutiva maggiore nella contropiegata, nonostante un carico per gamba uguale. Questo, evidentemente, avviene in quanto la diversità dei movimenti provoca una serie di vantaggi che si manifestano con una differenza di velocità. La relazione iperbolica che si realizza tra la forza sviluppata e la velocità di esecuzione è ampiamente documentata in letteratura (Fenn WO and coll, 1935, Hill A.V. 1938, Wilkie DR 1950). All'aumento del carico da sollevare si verifica un aumento della forza espressa e una diminuzione della velocità di esecuzione. La forza massima, quindi, si realizza con velocità basse e di conseguenza con durate elevate. Per essere certi di effettuare un lavoro di forza massima la durata dell'azione deve essere maggiore di 0,8 secondi (Bosco 2002). Appare evidente che la formula indicata precedentemente (Tabella 1, Pag.33) non è esaustiva, in quanto non ci assicura che il carico identificato consenta di effettuare un lavoro di forza massima. Effettuando un lavoro con un tempo sotto tensione inferiore a 0,8 secondi, infatti, si rischia di non ottenere gli adattamenti biologici ricercati. Per ovviare a questo problema, dall'analisi della curva carico-durata dei due esercizi, è risultato che, per ottenere la stessa durata, il carico extra BW da utilizzare nella contropiegata deve essere equivalente al 65% del carico extra BW utilizzato nello squat parallelo. Quindi, un soggetto che per effettuare un lavoro di forza massima nello squat parallelo utilizza un carico di 100 kg dovrebbe utilizzare nell'esercizio di contropiegata un carico di 65 kg. In questa maniera in entrambi gli esercizi la durata sarà di 0,8 secondi e avremo la certezza che si sta effettuando un lavoro di forza massima.

Inoltre, con questo accorgimento, la contropiegata consente di ottenere un vantaggio rispetto allo squat; infatti, dall'analisi della curva forza-durata, risulta che nell'azione monopodolica a parità di durata si riesce ad esprimere circa il 9,5% di forza in più rispetto all'azione bipodolica.

5.1.4 Confronto dei parametri meccanici tra squat parallelo e squat monopodalico puro

Confrontando lo squat parallelo con lo squat monopodalico puro risulta che, a parità di carico per gamba, l'azione monopodalica consente un'applicazione di forza media maggiore dell'11% ($P < 0,001$) rispetto all'azione bipodalica. Tuttavia, anche in questo caso, la durata risulta inferiore del 16% ($P < 0,001$). Considerando che è proprio questo parametro a garantire gli adattamenti biologici relativi alla forza massima (Bosco 2002), se si vuole effettuare lo squat monopodalico puro come esercizio alternativo allo squat parallelo, per l'allenamento della forza massima, è necessario adottare anche in questo alcuni accorgimenti nella scelta del carico da utilizzare.

Come osservato dall'analisi delle curve carico-durata per ottenere una durata di 0,8 secondi, uguale nei due esercizi, il carico extra da utilizzare nello squat monopodalico puro deve essere equivalente al 15% dell'extra BW utilizzato nello squat bipodalico. Quindi, un soggetto che si allena nello squat parallelo con un extra carico di 100 kg, nello squat monopodalico dovrà utilizzare un extra carico di 15 kg. Per far sì che tale accorgimento risulti effettivamente valido è necessario accertarsi che l'angolo di piegamento nei due esercizi sia uguale. Anche lo squat monopodalico, quindi, deve essere effettuato con coscia parallela al terreno.

In questa maniera, inoltre, l'azione monopodalica produce un ulteriore vantaggio, dall'analisi delle curve durata-forza, infatti, risulta che l'azione monopodalica, a parità di durata, consente un ulteriore incremento di forza addirittura del 22% ($P < 0,001$).

5.2 Discussione Seconda Parte

5.2.1 Confronto tra un allenamento tradizionale e un allenamento su superfici instabili

Il lavoro tradizionale ha provocato nelle azioni bipodaliche un aumento sia dei livelli di forza media che dell'altezza di salto, mentre il costo muscolare ha subito un lieve peggioramento che, tuttavia, non è risultato statisticamente significativo. In questo caso il miglioramento dell'altezza di salto sembra essere legato all'aumento dei livelli di forza. I soggetti, quindi, riescono a saltare più in alto perchè sono più forti e questo avviene nonostante abbiano peggiorato, seppur di poco, il costo muscolare che rappresenta un indice di coordinazione intermuscolare. Questi miglioramenti rispecchiano quanto riportato da numerosi studi in letteratura a proposito dei vantaggi che le esercitazioni balistiche di pesistica adattata, di pliometria e di jump, eseguiti in diverse modalità, provocano sulla forza e sull'altezza di salto. Nelle azioni monopodaliche, invece, in seguito all'allenamento tradizionale, solo l'altezza di salto risulta aumentata in modo statisticamente significativo mentre la forza media e il costo muscolare subiscono solo dei lievi miglioramenti.

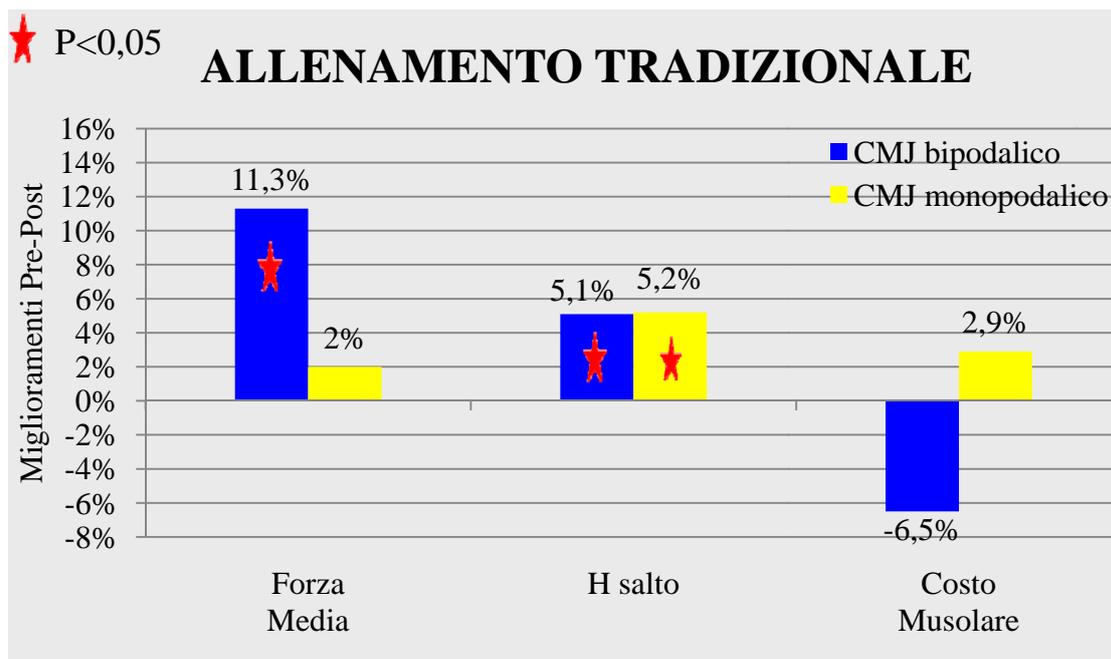


Figura 48 - Analisi delle variazioni dei valori di Forza Media (N), Altezza di salto (cm) e Costo Muscolare (N/mt/kg), espresse in percentuale e ottenute in seguito al protocollo di allenamento tradizionale.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

Il lavoro tradizionale, quindi, ha provocato degli effetti importanti solo nelle azioni bipodaliche, mentre nelle azioni monopodaliche non sembra aver prodotto miglioramenti significativi, ad eccezione dell'altezza di salto. Tuttavia, occorre sottolineare, che la maggior parte delle esercitazioni proposte nel gruppo di allenamento tradizionale sono state effettuate in appoggio bipodalico, mentre solo una percentuale minoritaria in appoggio monopodalico. Questa differenza potrebbe aver influito sui risultati più evidenti che si sono verificati nel CMJ bipodalico rispetto a quello monopodalico. A nostro avviso, quindi, se si fosse proposta una quantità maggiore di esercitazioni monopodaliche avremmo ottenuto, molto probabilmente, dei miglioramenti maggiori anche nel CMJ monopodalico.

L'allenamento su superfici instabili, al contrario, ha prodotto un peggioramento statisticamente significativo dei livelli di forza media, sia nelle azioni bipodaliche che in quelle monopodaliche. Questi risultati sono in linea con quanto osservato negli studi riportati nella review della letteratura, dove vengono esposti i peggioramenti di forza, potenza e velocità in seguito ad un allenamento effettuato esclusivamente su superfici instabili e senza la presenza di stimoli balistici. Per quanto riguarda l'altezza di salto, risulta interessante osservare che nel CMJ bipodalico non si evidenzia alcun cambiamento, mentre nel CMJ monopodalico si verifica un miglioramento statisticamente significativo.

A differenza del lavoro tradizionale, dove l'aumento dei livelli di forza ha provocato un aumento dell'altezza di salto, in questo caso il peggioramento della forza non ha inciso in maniera negativa sull'altezza di salto, ma al contrario nell'azione monopodalica si è verificato addirittura un miglioramento.

L'altezza di salto, quindi, non sembra essere legata esclusivamente alla forza espressa, ma dipende molto probabilmente anche dalla coordinazione intermuscolare. Analizzando i risultati relativi al costo muscolare, infatti, si nota come si verifichi un miglioramento evidente e statisticamente significativo di questo parametro in entrambe le azioni, sia in quelle bipodaliche che in quelle monopodaliche. Nel CMJ bipodalico del test d'uscita, quindi, i soggetti sono diventati più economici e più coordinati, questo consente di poter esprimere la stessa altezza di salto applicando meno forza. Nel CMJ monopodalico, invece, pur esprimendo meno forza i soggetti riescono addirittura a saltare più in alto e infatti il miglioramento del costo muscolare in questa prova risulta più marcato. Anche questi risultati sono in linea con quelli riportati in letteratura, diversi studi infatti attribuiscono il miglioramento dell'altezza di salto, che si ottiene in seguito ad un allenamento effettuato su superfici instabili, ad un miglioramento di tipo coordinativo.

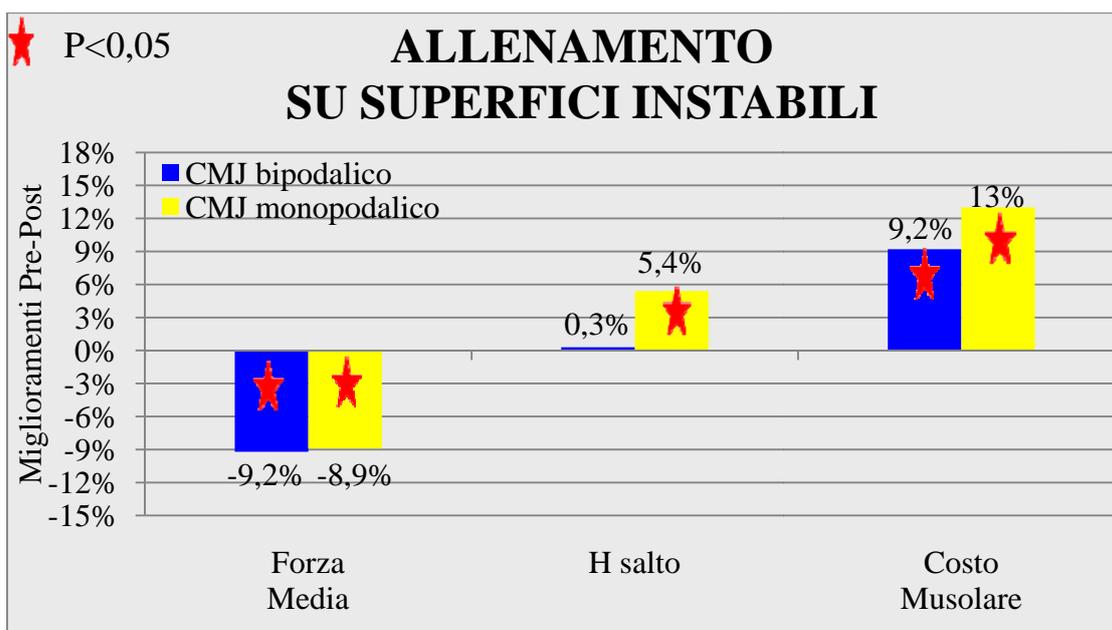


Figura 49 - Analisi delle variazioni dei valori di Forza Media (N), Altezza di salto (cm) e Costo Muscolare (N/mt/kg), espresse in percentuale e ottenute in seguito al protocollo di allenamento su superfici instabili.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

Inoltre, osservando i dati di partenza (Tabella 14, pag. 67), si nota come nel CMJ monopodalico i soggetti che hanno effettuato l'allenamento su superfici instabili avessero già un costo muscolare migliore (8%, $P < 0,07$). Questa differenza, anche se si avvicina solamente ad una significatività statistica ma non la raggiunge, indica comunque una miglior coordinazione intermuscolare nel gruppo che ha effettuato l'allenamento su superfici instabili, ancor prima di iniziare gli allenamenti proposti. Nonostante ciò, questi soggetti hanno migliorato ulteriormente il costo muscolare, in seguito all'allenamento, a differenza del gruppo tradizionale. Questo ulteriore miglioramento, quindi, assume un'importanza ancora maggiore ed è la testimonianza che l'allenamento su superfici instabili provoca una serie di vantaggi che si riflettono sulle componenti coordinative.

Per quanto riguarda la forza reattiva, infine, entrambi i protocolli hanno provocato un miglioramento dell'altezza di salto che risulta statisticamente significativo in tutti e due i casi. Tuttavia, risulta difficile stabilire quale dei due metodi sia più efficace, dal momento che i soggetti che hanno svolto il lavoro su superfici instabili avevano dei dati di partenza inferiori, in maniera statisticamente significativa, a quelli dei soggetti appartenenti al gruppo tradizionale.

Analizzando gli altri parametri si nota, però, come il lavoro su superfici instabili provochi un aumento dei tempi di contatto, che seppur non significativo è indice di un peggioramento della stiffness. La potenza, invece, rimane inalterata.

Il lavoro tradizionale, al contrario, provoca un abbassamento dei tempi di contatto e un aumento della potenza espressa anche se queste variazioni sono piccole e non statisticamente significative.

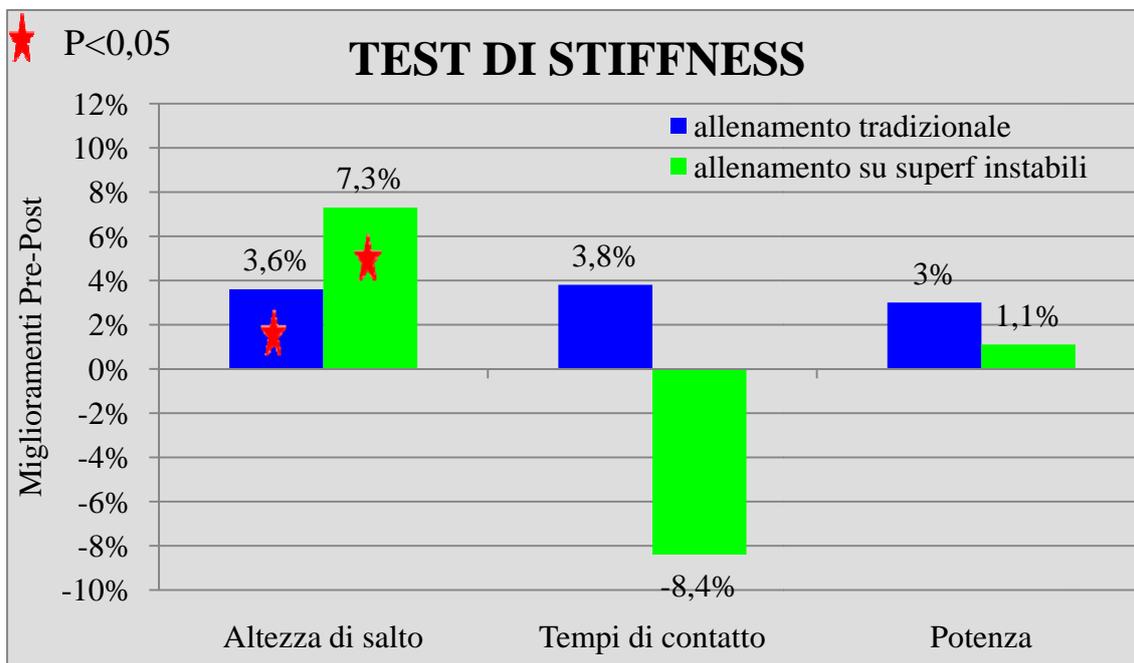


Figura 50 - Analisi delle variazioni dei valori di stiffness muscolare espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati.

N.B. Per quanto riguarda i Tempi di Contatto l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento della stiffness muscolare.

5.2.2 Confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento a prevalenza funzionale

Il lavoro a prevalenza tradizionale, effettuato nel primo periodo, ha consentito di ottenere dei miglioramenti elevati e statisticamente significativi sia della forza media che dell'altezza di salto. Questi miglioramenti si evidenziano sia nel CMJ bipodalico che in quello monopodalico. Il costo muscolare, al contrario, è rimasto invariato. Anche in questo caso, come osservato nello studio precedente, le esercitazioni di tipo balistico stimolano il sistema nervoso e consentono di applicare una quantità maggiore di forza. Questa maggiore applicazione di forza, a sua volta, provoca un miglioramento dell'altezza di salto. I soggetti riescono a saltare più in alto perchè sono più forti.

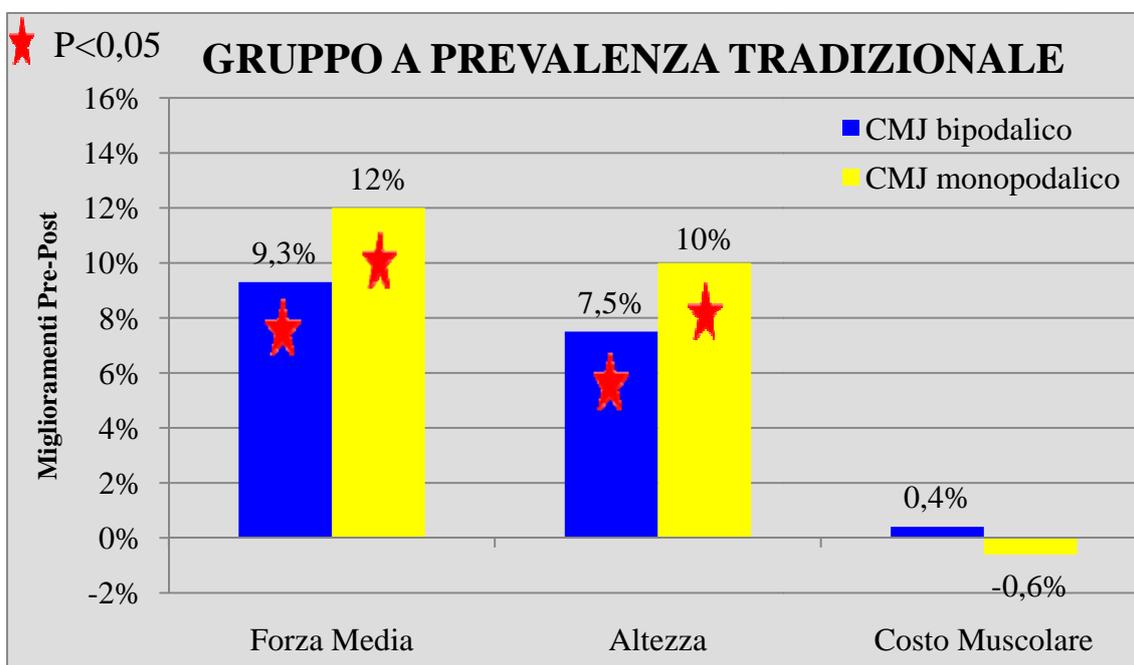


Figura 51 - Analisi delle variazioni dei valori di Forza Media (N), Altezza di salto (cm) e Costo Muscolare (N/mt/kg), espresse in percentuale e ottenute in seguito al protocollo di allenamento a prevalenza tradizionale.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

Questi risultati rispecchiano a grandi linee quelli ottenuti nello studio precedente. In entrambi i lavori, infatti, si verifica un aumento contemporaneo sia della forza che dell'altezza di salto, in seguito all'esecuzione di esercitazioni tradizionali con elementi balistici. In quest'ultimo studio, inoltre, è stata aumentata la percentuale di esercizi eseguiti in appoggio monopodalico. Sia gli esercizi di pesistica adattata che quelli di jump, infatti, sono stati effettuati alternando azioni bipodaliche ad azioni monopodaliche, sia in fase di partenza che in fase di frenata. Questo ha consentito di ottenere dei miglioramenti elevati e statisticamente significativi anche nelle azioni

monopodaliche, a differenza dello studio precedente dove, essendo state svolte meno esercitazioni in appoggio monopodalico, i miglioramenti in questa prova non erano risultati significativi.

Nel gruppo che ha effettuato il lavoro a prevalenza funzionale la forza media è rimasta invariata; mentre nello studio precedente, a seguito del protocollo funzionale, si era verificato un peggioramento statisticamente significativo della forza media, sia nel CMJ bipodalico che in quello monopodalico. In questo caso, invece, l'esecuzione di una percentuale di esercizi tradizionali, oltre al lavoro funzionale, ha permesso di mantenere inalterati i livelli di forza.

Nonostante i valori di forza rimangano invariati, l'altezza di salto risulta migliorata, in maniera statisticamente significativa, sia nel CMJ bipodalico che in quello monopodalico. Come osservato nello studio precedente, quindi, anche in questo caso il miglioramento dell'altezza di salto nel gruppo a prevalenza funzionale non sembra essere legato ai cambiamenti della forza espressa, bensì ad un miglioramento della coordinazione intermuscolare. Il costo muscolare, infatti, risulta migliorato sia nel CMJ bipodalico che in quello monopodalico e in entrambi i casi in maniera statisticamente significativa. Questo rispecchia quanto riportato dalla letteratura, dove diversi studi attribuiscono il miglioramento dell'altezza di salto, che si ottiene in seguito ad un allenamento effettuato su superfici instabili, ad un miglioramento coordinativo.

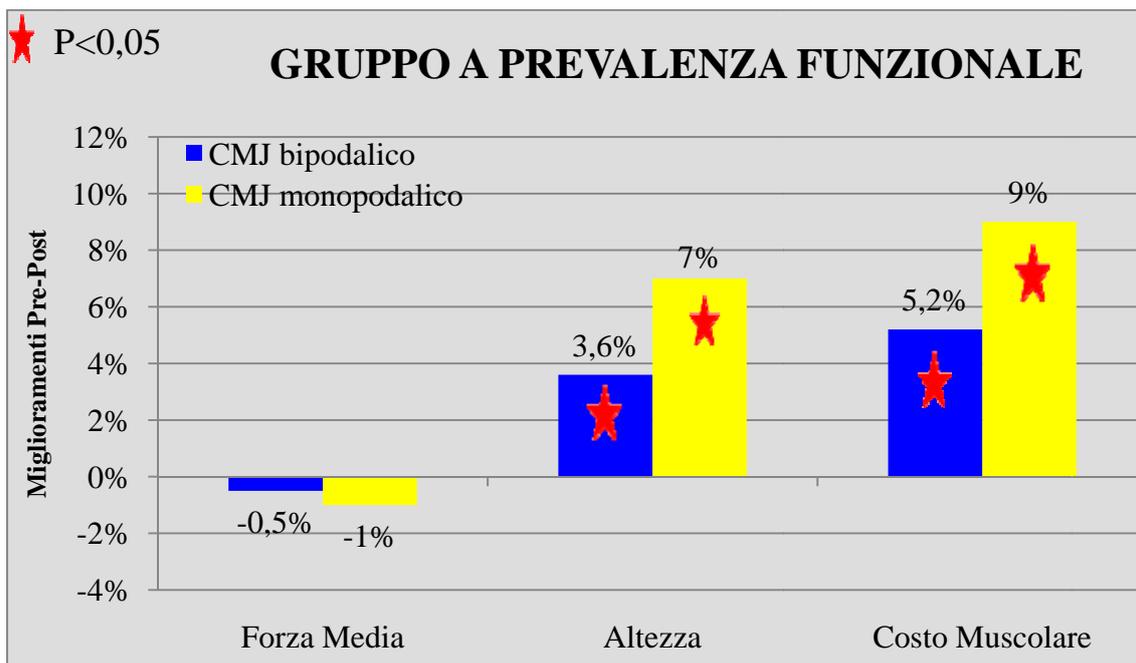


Figura 52 - Analisi delle variazioni dei valori di Forza Media (N), Altezza di salto (cm) e Costo Muscolare (N/mt/kg), espresse in percentuale e ottenute in seguito al protocollo di allenamento a prevalenza funzionale.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

Dall'analisi dei confronti finali risulta che entrambi i gruppi, sia quello PT-PF2 che quello PF-PT2, ottengono dei miglioramenti in tutti i parametri analizzati.

L'ipotesi di partenza dello studio, quindi, è stata confermata; ovvero, l'esecuzione contemporanea delle due metodiche risulta più efficace rispetto a quando le stesse vengono eseguite separatamente, come osservato nello studio precedente. Infatti, gli stimoli balistici forniti dalle esercitazioni di pesistica adattata, di pliometria e di jump consentono di aumentare i livelli di forza, mentre gli esercizi su superfici instabili, che stimolano il core e le catene cinetiche, consentono un miglioramento della coordinazione intermuscolare. Allo stesso tempo, anche le stesse esercitazioni tradizionali, se opportunamente modulate, possono incidere sulle componenti funzionali. Infatti, la presenza di azioni monopodaliche, sia in partenza che in frenata, le azioni torsive e la ricerca di stabilizzazione dopo azioni dinamiche provocano adattamenti nel Sistema Nervoso Centrale che si riflettono sulla capacità di stabilizzazione e quindi di equilibrio, in una condizione che risulta più specifica e più vicina a quella di gara. I miglioramenti di forza e di coordinazione intermuscolare contribuiscono ad aumentare l'altezza di salto, che sembra dipendere non solo da elevati livelli di forza ma anche da una buona coordinazione intermuscolare.

Infine, dal confronto tra i due metodi risulta che la strada più efficace sembra essere quella di proporre inizialmente una percentuale maggiore di esercizi tradizionali ed una minore di esercizi funzionali, per poi invertire la proporzione successivamente. In questo modo, infatti, si ottengono miglioramenti, elevati e statisticamente significativi, sia di forza che di altezza di salto. Anche il costo muscolare risulta migliorato in entrambe le prove, anche se in quella monopodolica, nonostante l'entità del miglioramento sia maggiore rispetto all'azione bipodolica, non si raggiunge una significatività statistica.

Inoltre, i miglioramenti che si verificano nel gruppo PT-PF2, per quanto riguarda la forza media e l'altezza di salto, risultano maggiori rispetto a quelli che si verificano nel gruppo PF-PT2. A tal proposito, per quanto riguarda il miglioramento del 15% che si verifica nell'altezza di salto del CMJ monopodalico nel gruppo PF-PT2, occorre ricordare che questi soggetti mostravano dei valori di partenza inferiori a quelli del gruppo PT-PF2 (-12%, $P < 0,06$). Pertanto, il miglioramento marcato che si ottiene è influenzato, quasi sicuramente, dalle differenze iniziali tra i due gruppi. È risaputo, infatti, che i soggetti che partono da valori più bassi sono portati ad ottenere miglioramenti maggiori.

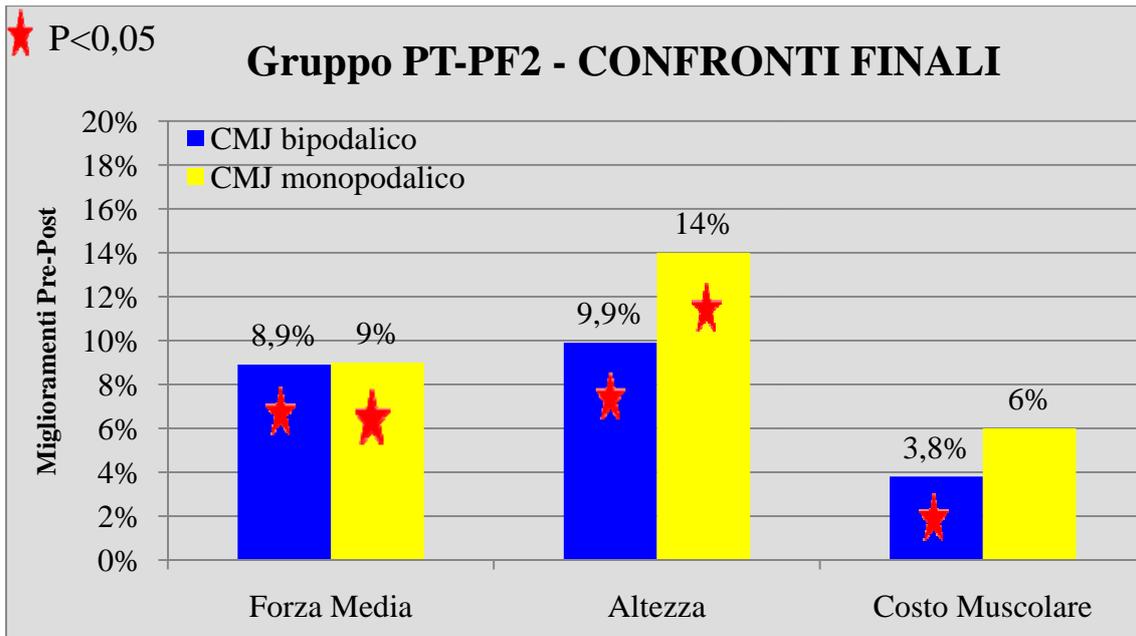


Figura 53 - Analisi delle variazioni dei valori di Forza Media (N), Altezza di salto (cm) e Costo Muscolare (N/mt/kg), espresse in percentuale e ottenute in seguito al protocollo di allenamento a prevalenza tradizionale nel primo periodo e a prevalenza funzionale nel secondo periodo.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

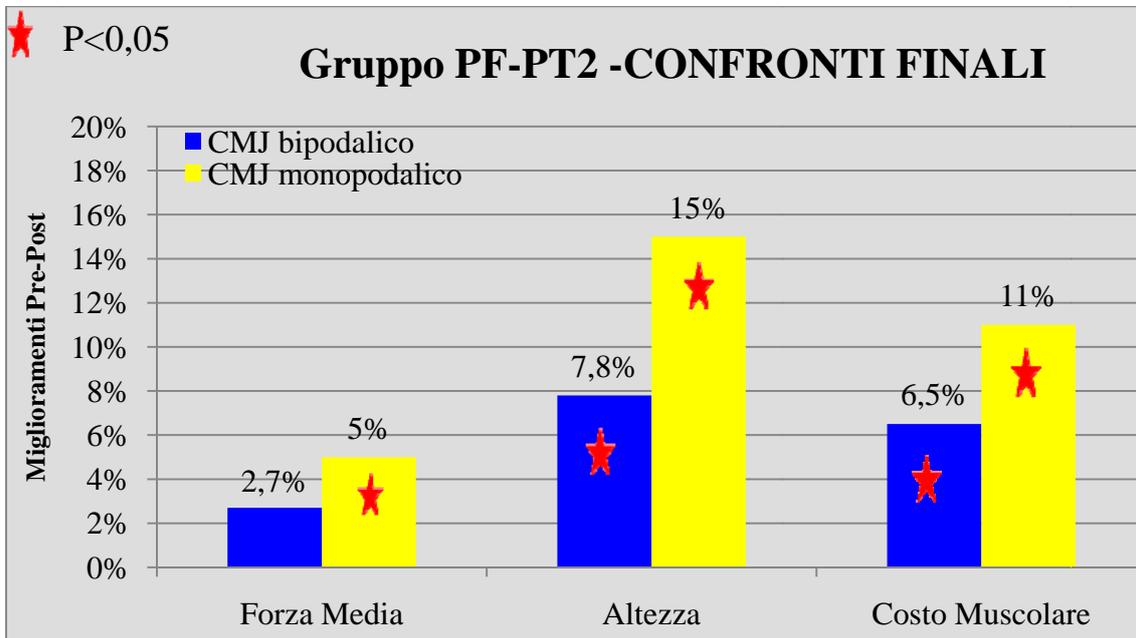


Figura 54 - Analisi delle variazioni dei valori di Forza Media (N), Altezza di salto (cm) e Costo Muscolare (N/mt/kg), espresse in percentuale e ottenute in seguito al protocollo di allenamento a prevalenza funzionale nel primo periodo e a prevalenza tradizionale nel secondo periodo.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi.

Per quanto riguarda la stiffness, infine, entrambi i gruppi aumentano sia l'altezza di salto, che la potenza espressa, tuttavia il gruppo PT-PF2 ottiene dei miglioramenti maggiori e statisticamente significativi a differenza del gruppo PF-PT2 dove non si verifica significatività. Il gruppo PT-PF2, inoltre, mostra un abbassamento dei tempi di contatto a differenza del gruppo PF-PT2 dove si verifica invece un aumento dei tempi di contatto, e quindi un peggioramento di tale parametro.

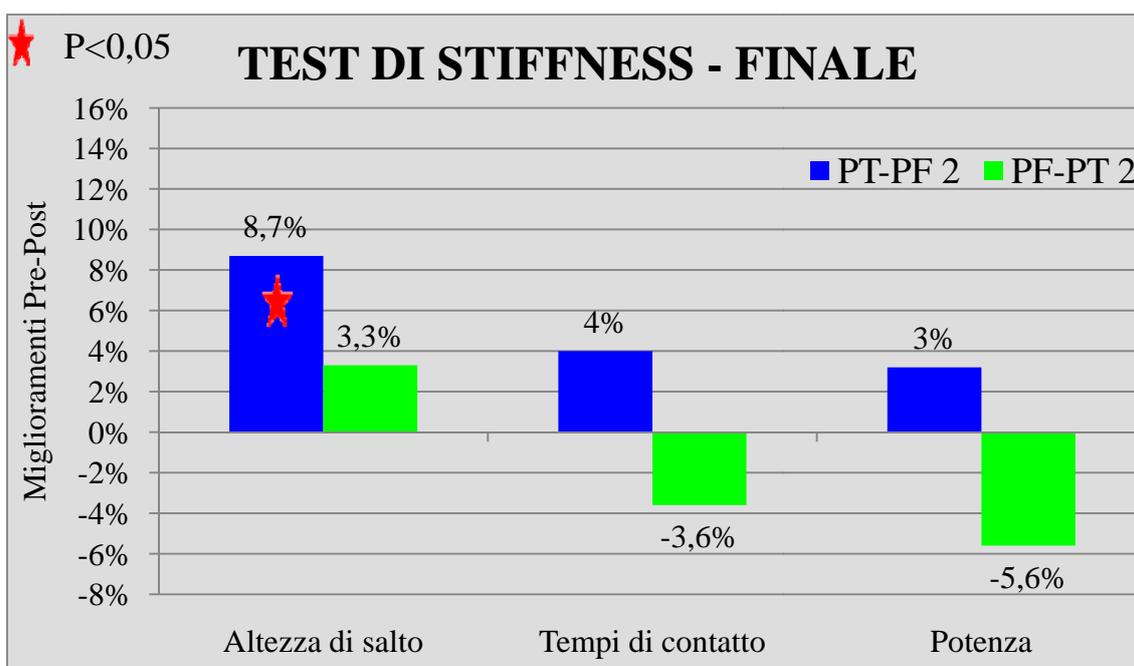


Figura 55 - Analisi delle variazioni dei valori di stiffness muscolare espresse in percentuale e ottenute in seguito ai protocolli di allenamento somministrati. Il gruppo PT-PF2 ha effettuato un allenamento a prevalenza tradizionale nel primo periodo e un allenamento a prevalenza funzionale nel secondo; mentre il gruppo PF-PT2, al contrario, ha svolto prima un allenamento a prevalenza funzionale e successivamente un allenamento a prevalenza tradizionale.

N.B. Per quanto riguarda i Tempi di Contatto l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento della stiffness muscolare.

5.2.3 Confronto tra un allenamento a prevalenza tradizionale e un allenamento di accelerazioni e decelerazioni

Il lavoro a prevalenza tradizionale ha prodotto un aumento sia della forza che dell'altezza di salto; tali miglioramenti, inoltre, risultano statisticamente significativi sia nelle azioni bipodaliche che in quelle monopodaliche. Questi risultati avvalorano le conclusioni ottenute nei due studi precedenti; anche in questo caso, infatti, l'esecuzione di esercizi di jump, di pesistica adattata e di pliometria hanno permesso di ottenere dei miglioramenti sia di forza che di altezza di salto. Ovviamente, il miglioramento dell'altezza di salto è dovuto ad un aumento dei livelli di forza, i soggetti in sostanza riescono a saltare più in alto perché sono più forti. Il costo muscolare, invece, risulta migliorato, in modo statisticamente significativo, solo nelle azioni monopodaliche, mentre nelle azioni bipodaliche rimane sostanzialmente invariato. Occorre ricordare, però, che nel calcio come nella maggior parte degli sport di squadra la maggior parte delle azioni viene effettuata proprio in appoggio monopodalico.

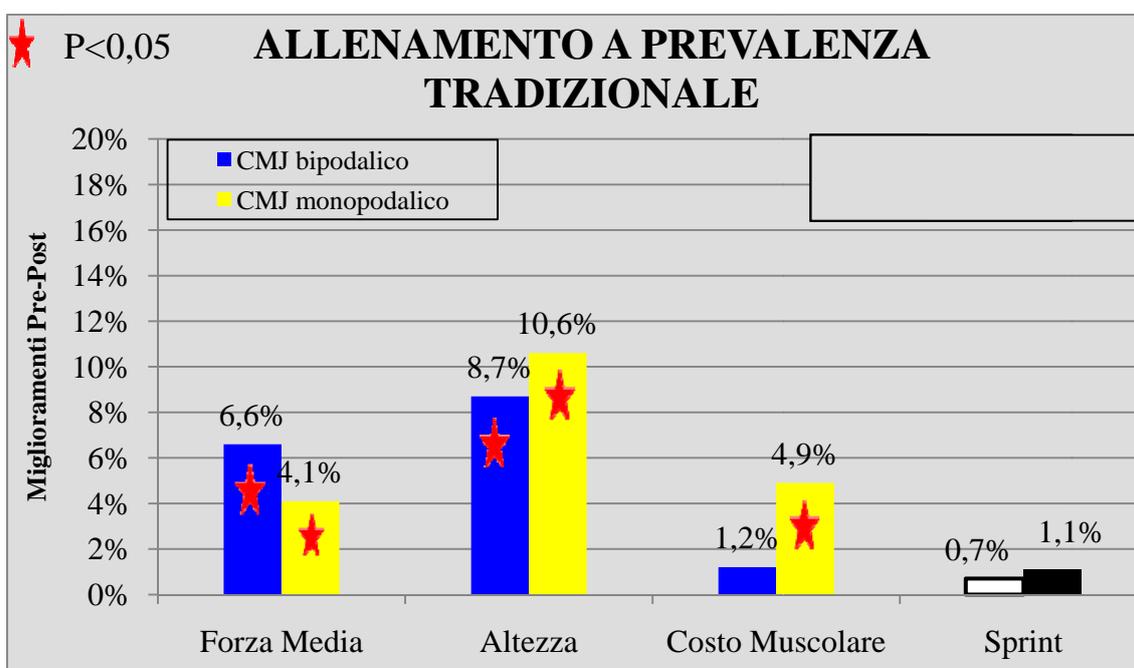


Figura 56 - Analisi delle variazioni dei valori di Forza Media (N), Altezza di salto (cm), Costo Muscolare (N/mt/kg) e sprint (s), sia in linea che a navetta, espresse in percentuale e ottenute in seguito al protocollo di allenamento a prevalenza tradizionale.

N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare e gli Sprint, l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi e della velocità.

Nel primo dei due studi descritti precedentemente il costo muscolare, nel gruppo che aveva eseguito solo l'allenamento tradizionale, tendeva a peggiorare, anche se non in modo statisticamente significativo. Nel secondo studio, invece, nel gruppo che aveva svolto un allenamento a prevalenza tradizionale, il costo muscolare rimaneva invariato. In questo caso i soggetti, oltre ad aver effettuato degli esercizi su superfici instabili, avevano eseguito anche una quota maggiore di esercizi monopodalici, rispetto al primo lavoro dove la maggior parte degli esercizi tradizionali veniva svolta in appoggio bipodalico. Nel terzo lavoro, infine, abbiamo deciso di eliminare completamente gli esercizi su superfici instabili che sono stati sostituiti da esercizi dove la stabilizzazione veniva ricercata con frenate monopodaliche e arresti in torsione dopo azioni balistiche. Questo ha contribuito a produrre un miglioramento del costo muscolare, che pur se si manifesta in maniera significativa solo nelle azioni monopodaliche conferma quanto ipotizzato inizialmente, ossia che gli esercizi tradizionali di pesistica adattata, di jump e di pliometria, oltre a produrre un miglioramento dei livelli di forza e dell'altezza di salto, possono anche produrre dei miglioramenti dei parametri coordinativi se la fase di partenza e la fase di arrivo vengono effettuate in appoggio monopodalico e privilegiando gli aspetti torsivi.

Per quanto riguarda gli effetti sulle prove di sprint, l'allenamento a prevalenza tradizionale non provoca alcun cambiamento sia nella prova in linea su 30 metri che in quella a navetta su 15 metri. Lo sprint, secondo quanto viene riportato in letteratura, oltre a richiedere delle qualità neuromuscolari elevate, necessita anche di una coordinazione intermuscolare specifica. Per ottenere dei miglioramenti in queste azioni, quindi, molto probabilmente bisogna proporre nel corso degli allenamenti delle azioni che dal punto di vista coordinativo si avvicinino il più possibile allo sprint stesso. Sempre dagli studi presenti in letteratura, inoltre, sembrerebbero esserci delle caratteristiche specifiche e differenti addirittura tra sprint in linea e sprint con cambio di direzione.

Analizzando, infatti, i risultati dell'allenamento basato solo su accelerazioni e decelerazioni, effettuate su diverse distanze e con diversi cambi di senso e di direzione, si nota come nello sprint a navetta si sia ottenuto un miglioramento statisticamente significativo, a differenza dello sprint in linea su 30 metri dove non si è verificato alcun cambiamento. Occorre ricordare che gli allenamenti del gruppo che ha effettuato solo gli sprint erano strutturati in questa maniera: tre stazioni di lavoro, in ognuna delle quali veniva svolto un esercizio diverso. Di queste tre stazioni, però, due prevedevano degli sprint con cambi di direzione e di senso, che venivano sempre modificati nel corso del protocollo di allenamento, mentre l'ultima stazione prevedeva uno sprint in linea che, tuttavia, non superava mai i 20 metri. La maggior percentuale di lavoro, pertanto, prevedeva dei cambi di direzione, dal momento che questa è una caratteristica fondamentale del calcio. Questo ha di fatto permesso di migliorare la velocità nella prova a navetta. Per quanto riguarda lo sprint in linea su 30 metri, dove non si sono verificati particolari cambiamenti, la motivazione potrebbe essere dovuta o ad un volume di allenamento non sufficientemente elevato o alla distanza troppo breve utilizzata nel corso degli allenamenti. Sta di fatto comunque che tra le due prove, solo in quella a navetta si è verificato un miglioramento in seguito al lavoro svolto.

Per quanto riguarda i livelli di forza media, invece, l'allenamento di accelerazioni e decelerazioni non ha prodotto variazioni, nonostante questo l'altezza di salto è migliorata in seguito ad un miglioramento del costo muscolare.

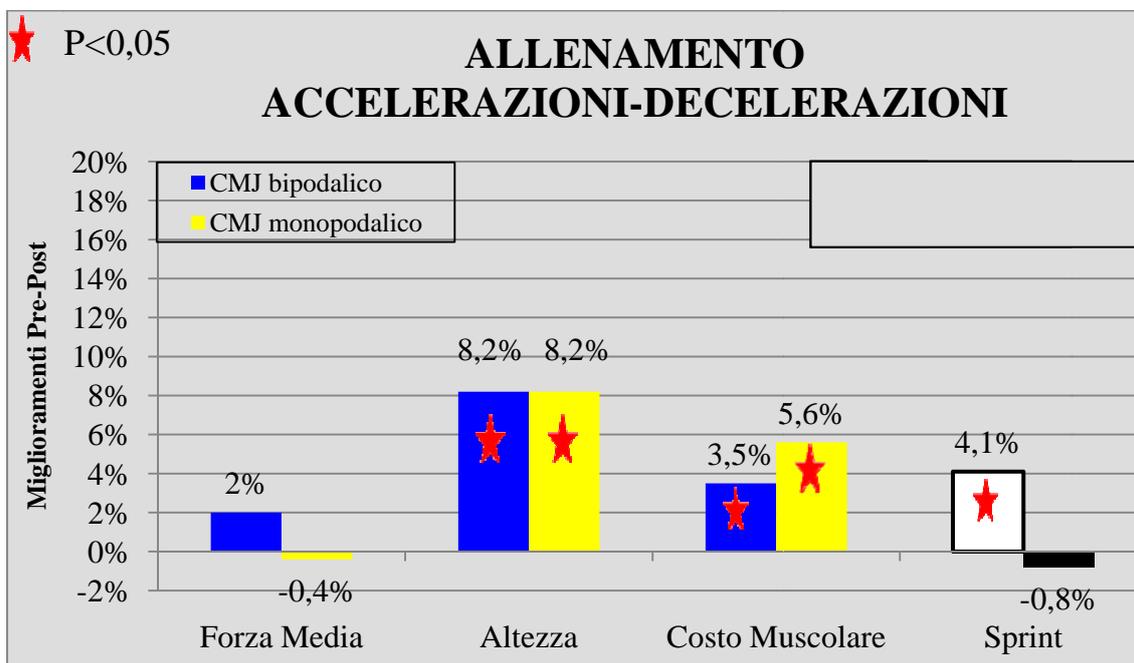


Figura 57 - Analisi delle variazioni dei valori di Forza Media (N), Altezza di salto (cm), Costo Muscolare (N/mt/kg) e sprint (s), sia in linea che a navetta, espresse in percentuale e ottenute in seguito all'allenamento di accelerazioni e decelerazioni. N.B. Per quanto riguarda il Costo Muscolare e gli Sprint, l'aumento in percentuale corrisponde ad un abbassamento e quindi ad un miglioramento dei parametri coordinativi e della velocità.

VI. CONCLUSIONI E APPLICAZIONI PRATICHE

6.1 Prima Parte

Dall'analisi svolta risulta che le esercitazioni monopodaliche di contropiegata e di squat monopodalico puro risultano estremamente valide e rappresentano un'alternativa importante alle esercitazioni bipodaliche. Nel caso dello squat monopodalico tutto il carico grava su un solo arto e quindi il soggetto svolge un'azione monopodalica pura. La contropiegata, invece, viene catalogata come esercizio monopodalico in quanto il carico totale viene distribuito in maniera maggiore sulla gamba anteriore, che risulta quindi l'arto maggiormente coinvolto, e in misura minore su quella posteriore. Per la precisione risulta che sulla gamba anteriore grava circa il 70% del carico totale. Questo varia in funzione della distanza dei piedi, della posizione del ginocchio della gamba anteriore e della posizione della gamba posteriore. Tuttavia, la posizione con proiezione del ginocchio della gamba anteriore che cade in direzione della punta del piede e una distanza dei piedi compresa tra 60 e 80 cm sembra essere il modo ideale per effettuare tale esercizio. In questa maniera si sviluppa una contropiegata efficace stimolando la gamba anteriore in maniera importante. Nell'esecuzione di tale esercizio è necessario accertarsi che la proiezione del ginocchio non superi la punta del piede e il tallone rimanga a contatto con il terreno, questo per evitare di creare tensioni eccessive a livello dell'articolazione del ginocchio. Infine, il busto deve rimanere dritto per evitare sovraccarichi a livello vertebrale e il ginocchio della gamba anteriore, nel corso del movimento, deve seguire la direzione del piede, questo per evitare atteggiamenti di varismo o valgismo delle ginocchia.

La distribuzione del carico tra le due gambe, 70% su quella anteriore e 30% su quella posteriore, è riferita però alla posizione iniziale. Nel corso del movimento questa proporzione tende a cambiare. Nell'ultima fase, infatti, la gamba posteriore non riesce più ad applicare forza e quindi la gamba anteriore si troverà improvvisamente a sostenere tutto il carico. Questo improvviso aumento del carico sulla gamba anteriore provoca una reazione di difesa dell'organismo che si sviluppa con un aumento di attività elettrica indice di un'attivazione del riflesso da stiramento e con un conseguente aumento di forza. È noto che il potenziamento del riflesso da stiramento crea dei presupposti ottimali per il miglioramento dei parametri prestativi. Tra l'altro questa attivazione avviene con angoli aperti e se si considera che nella maggior parte degli sport di squadra questa posizione è quella da cui si effettuano i principali gesti gara appare evidente come la contropiegata, oltre ad avere una valenza importante ai fini dello sviluppo della forza, risulti essere molto vicina alla specificità del gesto.

Dal confronto tra la forza espressa a parità di carico per gamba risulta che nelle azioni monopodaliche, di contropiegata e di squat monopodalico puro, si riescono ad esprimere dei livelli di forza media maggiori rispetto allo squat parallelo, ma con una durata dell'azione nettamente inferiore. La durata inferiore, a parità di spostamento e a parità di carico per gamba, dimostra che lo squat monopodalico e la contropiegata sono più veloci dello squat parallelo. Evidentemente la biomeccanica del movimento è

differente e il carico per gamba, inizialmente uguale, si modifica nel corso del movimento risultando più leggero nelle azioni monopodali, che raggiungono così velocità maggiori. Tuttavia, se si vuole sviluppare un lavoro di forza massima, bisogna assicurarsi che la durata dell'azione non sia inferiore a 0,8 secondi. Infatti, è proprio un'attivazione neurogena prolungata che determina gli stimoli necessari ad indurre perturbazioni ormonali (testosterone e GH) e a favorire adattamenti biologici più elevati e duraturi. Di conseguenza, se si vogliono utilizzare le esercitazioni monopodali come alternativa allo squat, nella scelta del carico è necessario adottare alcuni accorgimenti. Nella contropiegata per essere certi di ottenere una durata di 0,8 secondi il carico da utilizzare deve essere il 65% del carico extra BW utilizzato nello squat parallelo. Nello squat monopodale puro, invece, il carico deve essere equivalente al 15% di quello utilizzato nello squat parallelo, a condizione che il soggetto raggiunga lo stesso angolo di piegamento. In sostanza un soggetto che si allena con 100 kg di extra BW nello squat parallelo, sviluppando una durata di 0,8 secondi, se vuole utilizzare come esercizi ausiliari le esercitazioni monopodali dovrebbe utilizzare 65 kg nella contropiegata e 15 kg nello squat monopodale puro. Questa relazione, oltre ad assicurare una stessa durata, consente nelle azioni monopodali di esprimere più forza rispetto allo squat parallelo e questa differenza risulta ovviamente maggiore rispetto alla differenza che si nota a parità di carico per gamba. Anche se in questa maniera il carico per gamba risulta maggiore nelle azioni monopodali, il carico totale che grava sulla colonna vertebrale è minore. Questo è un vantaggio estremamente importante da tenere in considerazione se si lavora ad esempio con alcuni soggetti che, pur avendo bisogno di allenare la forza, devono evitare sovraccarichi importanti sulla colonna vertebrale. Lo squat, inoltre, non può essere eseguito da tutti indistintamente. Soggetti con una scarsa mobilità del bacino o con una scarsa limitazione della mobilità tibio tarsica, per via di distorsioni o scompensi derivanti da problemi in altre zone, hanno difficoltà ad eseguire lo squat. In questo caso la contropiegata risulta essere la soluzione appropriata che consente di continuare ad allenarsi senza dover ricorrere a macchinari isotonici o peggio ancora isocinetici, poco specifici e lontani dalla natura fisiologica dei movimenti.

In conclusione, lo squat parallelo rimane sempre un'esercitazione importante per lo sviluppo della forza massima. Le esercitazioni monopodali, tuttavia, rappresentano un'alternativa valida, sia per soggetti che non possono effettuare lo squat, sia come esercizi ausiliari che possono essere utilizzati in aggiunta allo squat. Il vantaggio di esprimere più forza con un minor carico sulla colonna vertebrale, di stimolare il sistema neuromuscolare in situazioni monopodali, che rappresentano la maggior parte delle azioni di quasi tutti gli sport, e, nel caso della contropiegata, lo stimolo del riflesso da stiramento nella parte finale del movimento, rendono le esercitazioni monopodali un mezzo estremamente utile e pratico di cui gli allenatori dovrebbero servirsi.

6.2 Seconda Parte

I risultati dei tre studi sperimentali forniscono una visione chiara e riassuntiva dei metodi analizzati, da cui si possono trarre indicazioni pratiche per l'allenamento della forza. L'allenamento tradizionale consente di aumentare i livelli di forza media. Questo, a sua volta, consente un aumento dell'altezza di salto. Per allenamento tradizionale si intende l'esecuzione di esercizi di jump e di pliometria, eseguiti in diversa modalità, ma anche di esercizi di pesistica adattata. Gli esercizi di pesistica adattata derivano dagli esercizi di pesistica classica, ma sono stati modificati e adattati alle esigenze degli sport di squadra. Sono quindi tutti esercizi balistici dove il soggetto deve esprimere sempre la massima velocità esecutiva e sono tutti esercizi poliarticolari che coinvolgono le principali catene cinetiche utilizzate nei gesti gara. L'aumento di forza e di altezza di salto, a seguito di esercizi tradizionali, si è verificato in tutti e tre gli studi proposti e in tre gruppi di soggetti diversi, questo ovviamente avvalorava quanto appena detto. In sostanza, per ottenere un miglioramento della forza applicata e dell'altezza di salto la combinazione di esercizi pliometrici, di jump e di pesistica adattata sembra essere la strada più corretta. Nel corso degli studi, tuttavia, la metodica tradizionale è stata migliorata e leggermente modificata con l'obiettivo di renderla più FUNZIONALE alle esigenze degli sport di squadra. Sono aumentate le azioni torsive e monopodaliche, sia in fase di partenza che in fase di arrivo, e sono aumentati gli stimoli relativi alla ricerca di una stabilizzazione dopo movimenti balistici. Un CMJ con partenza bipodalica e arrivo monopodalico in torsione, una girata con manubri effettuata con partenza bipodalica e arrivo monopodalico, un push press con partenza monopodalica e arrivo in divaricata sagittale in torsione, sono solo alcuni esempi delle modifiche apportate agli esercizi tradizionali. Questo ha permesso di ottenere anche un miglioramento del costo muscolare, indice di un miglioramento della coordinazione intermuscolare. Per diversi anni ci si è concentrati erroneamente sul muscolo, credendo che un aumento della forza di ogni singola unità avrebbe prodotto un miglioramento del movimento. Questo, però, non corrisponde alla realtà, il Sistema Nervoso Centrale infatti non ragiona in termini di muscolo ma di movimento e si adatta di conseguenza. Facendo dei test di salto su una pedana di forza, ad esempio, spesso accade di trovare soggetti che saltano più in alto di altri pur avendo una forza relativa più bassa. La stessa cosa accade in un test dove al posto di valutare l'altezza di salto si valuta la velocità espressa, come ad esempio in uno squat. Anche in questo caso l'elemento coordinativo è fondamentale ed è possibile incontrare soggetti con meno forza ma che sviluppano velocità maggiori perché dispongono di una più efficiente coordinazione intermuscolare in quel determinato esercizio. Con questo non si vuole certamente sminuire l'importanza della forza ma è necessario comprendere che forza e coordinazione sono un binomio inscindibile e sono sempre riferite ad un movimento specifico. Quindi, il miglioramento dell'altezza di salto è legato non solo ad un aumento di forza, come osservato a seguito del lavoro tradizionale, ma anche ad un miglioramento del costo muscolare, come risulta dagli allenamenti funzionali presentati negli studi sperimentali. Il salto, infatti, può apparire un movimento semplice e invece richiede un'elevata capacità di coordinazione intermuscolare. Per ottenere un miglioramento del costo muscolare è necessario proporre stimoli FUNZIONALI. La strada da seguire per raggiungere questo obiettivo, tuttavia, non deve essere quella di effettuare unicamente esercizi su superfici instabili quali disc 'o' sit, palle riccio, meduse e swiss ball. Tali attrezzi si sono diffusi a macchia d'olio negli ultimi anni, in tutti i campi e in tutte le palestre, facendo credere alla maggior parte degli allenatori che per effettuare un allenamento funzionale fosse indispensabile l'utilizzo di tali attrezzi. In realtà lo stimolo del disequilibrio è solo uno

dei principi dell'allenamento funzionale e non l'unico. Inoltre, come risulta da numerosi studi presenti in letteratura, la capacità di equilibrio, o meglio di stabilizzazione, dovrebbe essere sviluppata su superfici simili a quelle gara e dopo movimenti balistici. Ma, soprattutto, se si effettua un allenamento solo su queste superfici, pur migliorando il costo muscolare, si provoca un peggioramento della forza espressa. Questi risultati vengono confermati dal primo studio sperimentale descritto nella tesi, dove appunto si verifica che il gruppo che ha effettuato l'allenamento su superfici instabili ha subito, a fronte di un miglioramento del costo muscolare, un peggioramento marcato della forza media espressa al suolo. L'utilizzo di queste superfici, quindi, può essere utile in ambito preventivo o riabilitativo. Se le si vuole utilizzare per ottenere un miglioramento complessivo dei parametri neuromuscolari però è bene che siano integrate da esercitazioni balistiche che devono rappresentare la maggior parte del volume di lavoro. Le esercitazioni balistiche a loro volta devono essere strutturate in modo tale che nella fase di partenza si devono alternare azioni bipodaliche e monopodaliche, mentre nella fase di arrivo devono essere privilegiate le frenate in monopodalico e in torsione. Questo per rendere l'allenamento FUNZIONALE alle richieste degli sport di squadra, che sono quelle di compiere azioni balistiche alla massima velocità, in regime di disequilibrio, in appoggio monopodalico e sollecitando, con movimenti torsivi, le catene crociate. La scelta di questi esercizi comporta sicuramente un maggiore carico di responsabilità, in quanto richiede una particolare attenzione nella esecuzione tecnica, ma i vantaggi che si ricavano sono enormi. Spesso l'uso delle macchine ha avuto la meglio in quanto, trovandosi a dover gestire tanti giocatori, risultava più semplice usare macchine guidate piuttosto che pesi liberi. Nel corso degli anni però si è capito che sia l'allenamento con le macchine di muscolazione che quello isocinetico sono del tutto aspecifici e, se si vuole ottenere un miglioramento reale della prestazione, è necessario proporre stimoli FUNZIONALI alle richieste biomeccaniche dei gesti gara.

Per eccellere in uno sport come il calcio, inoltre, risulta decisiva sia la capacità di accelerazione ma soprattutto di decelerazione. Anche queste qualità necessitano, oltre che di livelli di forza elevati, di una buona capacità coordinativa nel gestire la frenata e il successivo cambio di direzione o di senso. I risultati ottenuti nel terzo studio sperimentale, infatti, indicano che un allenamento basato sull'esecuzione di accelerazioni e decelerazioni, con diversi cambi di senso e di direzione, produce un miglioramento della velocità nella prova a navetta su 15 metri. Questo miglioramento di velocità, che si verifica anche se i valori di forza rimangono inalterati, non può che essere dovuto ad un miglioramento della coordinazione in questo specifico gesto. Anche in questo caso, come visto precedentemente nel salto, l'elemento coordinativo è fondamentale ed è legato indissolubilmente al concetto di forza. Nella scelta dei mezzi, di conseguenza, se si vuole strutturare un allenamento FUNZIONALE alle esigenze di un calciatore non si può prescindere dall'abbinare agli esercizi balistici descritti precedentemente ulteriori esercizi di sprint con cambio di senso e di direzione. Questi esercizi, che possono essere utilizzati anche con l'ausilio di alcuni elastici per enfatizzare la fase concentrica o quella eccentrica, risultano da un punto di vista biomeccanico ancora più specifici per un calciatore e quindi più FUNZIONALI a questo sport.

6.3 Limitazioni e future linee d'investigazione

Le conclusioni appena descritte non hanno la presunzione di essere delle verità assolute, ma sono solo il frutto di considerazioni che scaturiscono dai risultati ottenuti su una popolazione specifica. Come tutte le cose in ambito scientifico, è evidente che ulteriori studi sono necessari al fine di avere una visione più chiara dei fenomeni analizzati.

Per quanto riguarda il confronto dei parametri meccanici, tra squat contropiegata e squat monopodalico puro, il fatto di aver analizzato due gruppi di soggetti differenti potrebbe apparire come un limite. Tuttavia, le percentuali riportate relative al carico extra da aggiungere, non sono assolute ma sono riferite a una media di un gruppo specifico analizzato ed è ovvio che potrebbero variare a seconda di un soggetto o di una disciplina sportiva. L'importante è capire che, se si vuole eseguire un lavoro monopodalico, il carico per gamba deve essere maggiore di quello utilizzato nel lavoro bipodalico. In sostanza, i risultati esposti devono essere solo un punto di riferimento, da cui partire per la pianificazione dei carichi. Sta poi all'occhio dell'allenatore e alla sua esperienza capire come modulare questa relazione a seconda del soggetto che si ha di fronte.

Per quanto concerne gli studi relativi alle diverse metodiche di allenamento, infine, è utile sottolineare che i risultati riportati non hanno l'intento di fornire un protocollo di allenamento definitivo per il miglioramento della forza, il che oltre a non essere possibile sarebbe presuntuoso. L'obiettivo di questi lavori, infatti, è quello di fornire solo dei concetti, in base ai quali ogni allenatore dovrebbe crearsi una sequenza di esercizi e un volume di lavoro funzionali alle esigenze dei propri soggetti.

Attualmente si stanno diffondendo tecnologie isoinerziali (Yo-Yo), che consentono di effettuare uno sprint a navetta enfatizzando un pò la fase concentrica ma soprattutto la fase di frenata e di ripartenza. Queste tecnologie hanno l'obiettivo di enfatizzare la fase di decelerazione spesso dimenticata dagli studi scientifici ma che risulta fondamentale ai fini della prestazione. A mio avviso, le future linee di investigazione dovrebbero indirizzare la ricerca sull'analisi di questi movimenti, che possono essere eseguiti anche con l'ausilio di alcuni elastici, e che rispondono a pieno alle caratteristiche di un allenamento funzionale.

BIBLIOGRAFIA

Adams K., J.P. O'shea, K.L. O'shea and M. Climstein. *The effects of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production*. J. Appl. Sport Sci. Res. 6:36–41. 1992.

Alcaraz Pedro, Josè Manuel Palao, Josè L.L. Elvira. *Determining the optimal load for resisted sprint training with sled towing*. JSCR 23 (2): 480-485. 2009.

American college of sports medicine. Position stand: *Progression models in resistance training for healthy adults*. (Med. Sci. Sports Exer. 34:364–380. 2002).

Anderson K. and Behm D. *Trunk muscle activity increases with unstable squat movements*. Can J Appl Physiol 30: 33–45. 2005.

Anderson K. and Behm D. *Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability*. J Strength Cond Res 18: 637–640. 2004.

Asmussen E., Bonde-Petersen F. *Storage of elastic energy in skeletal muscles in man*. Acta Physiol. Scand. 91:385-392. 1974.

Asmussen E., Bonde-Petersen F., Jorgensen K. *Mechano-elastic properties of human muscles at different temperature*. Acta Physiol. Scand. 96:83-93. 1976.

Baker D. *Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training*. A brief review. J. Strength Cond. Res. 10:131–136. 1996.

Bartholomew S.A. *Plyometric and vertical jump training*. Unpublished masters thesis. UNC Chapel Hill. 1985.

Baechle T.R., Earle R.W., and Wathen D. *Resistance training*. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Human Kinetics. pp. 395–425. 2000.

Behm DG. and Anderson K. *The role of instability with resistance training*. J Strength Cond Res 20: 716–722. 2006.

Behm DG., Leonard A., Young W., Bonsey A. and MacKinnon S. *Trunk muscle EMG activity with unstable and unilateral exercises*. J.Strength Cond Res 19: 193–201. 2005.

Behm DG., Power KE. and Drinkwater EJ. *Muscle activation is enhanced with multi- and uni-articular bilateral versus unilateral contractions*. Can J Appl Physiol 28: 38–52. 2003.

Behm DG. *Neuromuscular implications and applications of resistance training*. J. Strength Cond Res 9: 264–274. 1995.

Behm DG, Anderson K. and Curnew RS. *Muscle force and activation under stable and unstable conditions*. J Strength Cond Res 16: 416–422. 2002.

Behm, DG., M.J.Wahl, DC. Button, KE. Power and KG. Anderson. *Relationship between hockey skating speed and selected performance measures*. J. Strength Cond. Res. 19:326–331. 2005.

Bosco C, Komi P.V. *Influence of aging on mechanical behavior of leg extensor muscles*. Eur. J. Appl. Physiol. 45:209-219. 1980.

Bosco C. *New tests for measurement of anaerobic capacity in jumping and leg extensor muscle elasticity*. Volleybal, I.F.V.B. Official Magazine, 1:22-30. 1981a.

Bosco C., Komi P.V. *Pre-stretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement*. Acta Physiol. Scand. 111:135-140. 1981b.

Bosco C., Luhanen P., Komi P.V. *A simple method for measurement of mechanical power in jumping*. Eur. J. Appl. Physiol. 50:273-282. 1983.

Bosco C. *La forza muscolare aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche*. Società Stampa Sportiva Roma. 2002.

Brown M. Mayhew J. and Boleach L. *Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players*. J. Sports Med. Phys. Fitn. 26(1): 1-4. 1986.

Bryan Cummings, Kevin J.Finn. *Estimation of a one repetition maximum bench press for untrained women*. JSCR 12(4): 262-265. 1998.

Buscquet L. *Le catene muscolari*. Volume 1 e 2. Editore Marrapese, Roma. 1997.

Cavan P.K., Garrett G.E. and Armstrong L.E. *Kinematic and kinetic relationships between an olympic-style lift and the vertical jump*. J. Strength Cond. Res. 10:127–130. 1996.

Colli Roberto. *Appunti tratti dalle lezioni della laurea specialistica in metodologia dell'allenamento alla Facoltà di Scienze Motorie dell'Università di Roma Tor Vergata*. 2008.

Colli R., Lucarini G., Cipriani M., Azzone V. *La pesistica adattata per gli sport di squadra, prima parte*. Elav Journal N.5 Marzo 2009.

Colli R., Lucarini G., Cipriani M., Azzone V. *La pesistica adattata per gli sport di squadra, seconda parte*. Elav Journal N.6 Giugno 2009.

Cosio-Lima LM., KL Reynolds, C. Winter, V. Paolone, and MT. Jones. *Effects of physioball and conventional floor exercise on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women*. J. Strength Cond. Res. 17:721–725. 2003.

Clutch D., M. Wilton, C. MCGOWN and G.R. Bryce. *The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump*. Res. Q. Exerc. Sport 54:5–10. 1983.

- Dal Monte A., Faina M. *VALUTAZIONE DELL'ATLETA. Analisi funzionale e biomeccanica della capacità di prestazione.* Utet. 2003.
- Di Prampero. *The energy cost of human locomotion on land and in water.* Int. J. Sports Med. 7(2): 55-72. Aprile 1986.
- Escamilla RF., Zheng N., Imamura R., Macleod TD., Edwards WB., Hreljac A., Fleisig GS., Wilk KE., Moorman CT. 3rd, Andrews JR. *Cruciate ligament force during the wall squat and the one-leg squat.* Med Sci Sports Exerc. 2009 Feb;41(2):408-17.
- Fenn WO and coll. *Muscular force at different speeds of shortening.* J Physiol. Lond. 85: 277-297. 1935.
- Garhammer J. *Free weight equipment for the development of athletic strength and power.* Nat. Strength Coaches Assoc. J. 3(6):24–26. 26. 1981.
- Garhammer J. and Gregor R.J. *Propulsion forces as a function of intensity for weightlifting and vertical jumping.* J. Appl. Sport Sci. Res. 6(3):129–134. 1992.
- Garhammer J. *A review of power output studies of Olympic and Powerlifting: Methodology, performance, prediction, and evaluation tests.* J. Appl. Sport Sci. Res. 7:76–89. 1993.
- Gehri D.J., Ricard M.D., Kleiner D.M. and Kirkendall D.T. *A comparison of Plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production.* J Strength Cond Res. 12(2), 85-89. 1998.
- Hill AV. *The heat of shortening and the dynamic constants of the muscle.* Proc. Roy. Soc. B. 126: 136-195. 1938.
- Howley ET., Don Franks B. *Manuale per l'istruttore di fitness.* Edizione tradotta, Calzetti Mariucci. 2006.
- Jeffrey C.Ives and Greg A. Shelley. *Psychophysics in Functional Strength and Power Training review and implementation framework.* J Strength Cond Res 17-1, 177-186. 2003.
- Jeffrey M., Willardson. *National Strength & Conditioning Association Brief Review. Core stability training: applications to sports conditioning programs.* Journal of Strength and Conditioning Research, 2007, 21(3), 979–985. 2007.
- Kean CO., Behm DG. and Young WB. *Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women.* J Sports Sci Med 5: 138–148. 2006.
- Komi P.V. and Bosco C. *Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women.* Med. Sci. Sports. 10:261-265. 1978.
- Kornecki S. and Zschorlich V. *The nature of stabilizing functions of skeletal muscles.* J Biomech 27: 215–225. 1994.

- Koshida S., Urabe Y., Miyashita K., Iwai K., and Kagimori A. *Muscular outputs during dynamic bench press under stable versus unstable conditions*. J Strength Cond Res 22: 1584–1588. 2008.
- Markovic G., Jukic I., Milanovic D. and Metiko D. *Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance*. J Strength Cond Res. 21(2). 543-549. 2007.
- Marshall P. and Murphy B. *Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a swiss ball*. Appl Physiol Nutr Metab 31: 376–383. 2006.
- Marshall PW. and Murphy BA. *Increased deltoid and abdominal muscle activity during Swiss ball bench press*. J Strength Cond Res 20: 745–750. 2006.
- MC Bride J.M., Triplett T.- MC Bride, Davie A. and Newton R.U. *A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters, and sprinters*. J. Strength Cond. Res. 13:58–66. 1999.
- Mcbride JM., T. Triplett-Mcbride, A. Davie and RU. Newton. *The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed*. J. Strength Cond. Res. 16:75–82. 2002.
- McBride JM., Cormie P. and Deane R. *Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions*. J Strength Cond Res 20: 915–918. 2006.
- Mccurdy KW., GA. Langford, MW. Doscher, LP. Wiley and KG. Mallard. *The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power*. J. Strength Cond. Res. 19:9–15. 2005.
- McFedries. *Formule e funzioni con excel*. Pearson Informatica. 2008
- Merletti. *Raccomandazioni Europee per l'Elettromiografia di Superficie. I risultati del progetto SENIAM*. Hermens J., Freriks B., Merletti R., Stegeman D., Blok J., Rau G., Cathy Disselhorst-Klug, Hagg G.2000.
- Michael Horvat, Christine Franklin, Deborah Born. *Predicting strength in high school women athletes*. JSCR 21(4): 1018-1022. 2007.
- Naruhito Hori, Robert U. Newton, Warren A. Andrews, Naoki Kawamori, Michael R. MC Guigan and Kazunori Nosaka. *Does performance of hang power clean differentiate performance of jumping, sprinting and changing of direction?* . JSCR 22(2):412-418. 2008.
- Paoli A. e coll. *The Effect of Stance Width on the Electromyographical Activity of Eight Superficial Thigh Muscles During Back Squat With Different Bar Loads*. JSCR 23(1): 246-250. 2009
- Schibek, J.S., K.M. Guskiewicz, W.E. Prentice, S. Mays, And J.M. Davis. *The effect of core stabilization training on functional performance in swimming*. Master's thesis, University of North Carolina, Chapel Hill. 2001.

Sven Jo Nihagen, 1,2, Paul Ackermann, 3,4 and To Nu Saartok. *Forward lunge: a training study of eccentric exercises of the lower limbs*. Journal of Strength and Conditioning Research 2009 May;23(3):972-8.

Tan B. *Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: A Review*. J Strength Cond Res 13: 289–304. 1999.

Tricoli, V., L. Lamas, R. Carnevale, and C. Ugrinowitsch. *Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs*. Journal of Strength and Conditioning Research. 19(2). 433–437. 2005.

Verhagen EA., M. Van Tulder, AJ. Van Der Beek, LM. Bouter and W. Van Mechelen. *An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball*. Br. J. Sports Med. 39.

Villarreal, Eduardo Saéz-Saez; Kellis, Eleftherios; Kraemer, William J; Izquierdo, Mikel. *Determining Variables of Plyometric Training for Improving Vertical Jump Height Performance: A Meta-Analysis*. Journal of Strength and Conditioning Research: March - Volume 23 - Issue 2 - pp 495-506. 2009.

Warren B.Young, Mark H. Mc Dowell and Bentley J. Scarlett. *Specificity of sprint and agility training methods*. J. Strength Cond. Res. 15(3) 315-319. 2001.

Weiss LW., AC. Fry, LE. Wood, GE. Relyea and C. Melton. *Comparative effects of deep versus shallow squat and legpress training on vertical jumping ability and related factors*. J. Strength Cond. Res. 14:241–247. 2000.

Wilkie DR. *The relation between force and velocity in human muscle*. J. physiol. 110: 249-280. 1950.

Willardson JM. *The effectiveness of resistance exercises performed on unstable equipment*. Strength Cond. J. 26(3):70–74. 2004.

Willardson J. *Unstable resistance exercises*. National Strength and Conditioning Association June 14. 2007.

William P.Ebben and coll. *Strength and conditioning practices of majorleague baseball strength and conditioning coaches*. JSCR 19(3): 538-546. 2005.

William P.Ebben e coll. *Using squat testing to predict training loads for the deadlift, lunge, step up, and leg extension exercises*. JSCR 22(6): 1947-1949. 2008.

Wilmore JH. and Costill DL. *Fisiologia dell'esercizio fisico e dello sport*. Edizione tradotta, Calzetti Mariucci. 2005.

Wilson DJ., Gibson K., Masterson GL. *Kinematics and kinetics of 2 styles of partial forward lunge*. Sport Rehabil. 2008 Nov;17(4):387-98.

BIBLIOGRAFIA

Yaggie, JA. and BM. Campbell. *Effects of balance training on selected skills*. J. Strength Cond. Res. 20:422–428. 2006.

Yessis M. *Using free weights for stability training*. Fit. Manage. 26–28. November 2003.

ABBREVIAZIONI

BW	Peso corporeo.
CE	Costo Energetico. Indica la quantità di energia richiesta per svolgere una determinata attività. Si calcola per ogni forma di locomozione.
CMJ	Counter Movement Jump, consiste nell'esecuzione di un salto in alto con contromovimento. È un test che serve per valutare la capacità di forza esplosiva preceduta da un'attivazione eccentrica.
cm	Centimetri, unità di misura della distanza.
CORE	Indica la zona centrale del corpo, addominali e zona lombare. Rappresenta una zona di passaggio e di trasmissione delle forze tra gli arti inferiori e superiori.
DJ	Drop Jump consiste nell'esecuzione di salti verticali effettuati in seguito ad una caduta dall'alto che può variare a seconda delle capacità del soggetto. La funzione principale di queste esercitazioni è quella di stimolare le proprietà neuromuscolari provocando sollecitazioni in cui si sviluppano, in tempi brevissimi, elevati livelli di forza che vengono manifestati ad altissima velocità. Tutto ciò viene realizzato grazie all'attivazione del ciclo stiramento-accorciamento che rappresenta l'attività muscolare di base di quasi tutte le discipline sportive.
EBW	Carico extra sollevato, non prende in considerazione il peso del corpo.
EMG	Analisi elettromiografica del comportamento muscolare durante un movimento.
F/bw	Forza Relativa. Si ottiene dal rapporto tra Forza totale espressa in Newton e peso del corpo espresso in Kg. Serve per confrontare soggetti di peso diverso.
GAD	Gruppo Accelerazioni Decelerazioni, che nel terzo studio ha effettuato l'allenamento di sprint con cambi di direzione e di senso.
g.dx	Gamba destra.
g.sx	Gamba sinistra.
GH	Ormone della crescita prodotto dall'ipofisi, svolge un'importante azione regolatrice sui vari processi metabolici ed è uno dei precursori più importanti per favorire l'ipertrofia muscolare.
GPF	Gruppo a Prevalenza Funzionale, che nel secondo studio ha effettuato una percentuale maggiore di esercizi funzionali ed una minore di esercizi tradizionali.
GPF-PT2	Gruppo a Prevalenza Funzionale nel primo periodo e a Prevalenza Tradizionale nel secondo periodo. Indica il gruppo di soggetti che

nel secondo studio ha effettuato nel primo periodo un allenamento a prevalenza funzionale e nel secondo periodo un allenamento a prevalenza tradizionale.

GPT	Gruppo a Prevalenza Tradizionale, che nel secondo studio ha effettuato una percentuale maggiore di esercizi tradizionale ed una minore di esercizi su superfici instabili.
GPT-PF2	Gruppo a Prevalenza Tradizionale nel primo periodo e a Prevalenza Funzionale nel secondo periodo. Indica il gruppo di soggetti che nel secondo studio ha effettuato nel primo periodo un allenamento a prevalenza tradizionale e nel secondo periodo un allenamento a prevalenza funzionale.
GT	Gruppo Tradizionale, che nel primo studio ha effettuato l'allenamento tradizionale.
GSI	Gruppo Superfici Instabili, che nel primo studio ha effettuato l'allenamento su superfici instabili.
j/m/kg	Unità di misura del Costo Energetico. Indica quanti Joule servono per spostare di 1 metro un 1Kg del peso corporeo. Deriva dalla relazione tra 1 litro O ₂ = 5 Kcal (quando il substrato ossidato è di natura glucidica) = 20,92 chilojoule (Kj).
Kcal/km/Kg	Unità di misura del Costo Energetico. Indica quante chilocalorie servono per spostare di 1 metro un 1Kg del peso corporeo. Deriva dalla relazione tra 1 litro O ₂ = 5 Kcal (quando il substrato ossidato è di natura glucidica) = 20,92 chilojoule (Kj).
Kg	Unità di misura del peso corporeo e dei carichi utilizzati.
mlO₂/km/kg	Unità di misura del Costo Energetico. Indica quanto ossigeno serve per spostare di 1 metro un 1Kg del peso corporeo.
m/s	Unità di misura della velocità.
ms	Millisecondi, unità di misura della durata.
N	Newton, unità di misura della forza.
N/mt/Kg	Unità di misura del Costo Muscolare. Indica quanti Newton di forza servono per spostare di 1 metro 1Kg del peso corporeo.
R	Coefficiente di correlazione.
R²	Coefficiente di determinazione, rappresenta il quadrato del coefficiente di correlazione. Più si avvicina a 1 più la variabile y è spiegata dalla variabile x.
s	Secondi, unità di misura della durata.
SJ	Squat Jump, consiste nell'esecuzione di un salto in alto senza contromovimento. È un test che serve per valutare la capacità di forza esplosiva solo in modalità concentrica.
St dietro	Step dietro.
TUT	Time Under Tension, tempo sotto tensione corrispondente alla durata dell'azione. Solitamente viene riferito alla durata dell'azione concentrica.
W	Watt, unità di misura della potenza.

W/kg	Potenza relativa. Si ottiene dal rapporto tra la potenza espressa in watt e il peso corporeo del soggetto. Serve per confrontare soggetti di peso differente.
1G	Una gamba.
2G	Due gambe.
6RM	Corrisponde al carico massimo che può essere sollevato solo per 6 ripetizioni.

