

# Indice

<b>Introduzione</b>	Pag. 2
<b>Cap. 1 Calcio moderno e forza esplosiva</b>	Pag. 3
1.1 Profilo del calciatore	Pag. 5
1.2 Metodi tradizionali per l' allenamento della forza esplosiva riferiti al calcio	Pag. 17
1.3 Le vibrazioni allenanti nel calcio moderno	Pag. 25
<b>Cap. 2 Principi ed effetti del vibro training</b>	Pag. 28
2.1 La vibrazione	Pag. 29
2.2 Adattamenti neuromuscolari e metabolici	Pag. 37
<b>Scopo del lavoro</b>	Pag. 47
<b>Materiali e metodi</b>	Pag. 48
<b>Risultati</b>	Pag. 60
<b>Discussione</b>	Pag. 77
<b>Conclusioni</b>	Pag. 85
<b>Bibliografia</b>	Pag. 86

# Introduzione

Il gioco del calcio è una prestazione agonistica fundamentalmente tattica, che si realizza con caratteristiche tecniche, che devono essere sorrette da condizioni fisiche idonee: l'incidenza di uno di questi tre fattori varia secondo le richieste specifiche del gioco e le strategie tattiche utilizzate. L'integrazione e la combinazione ottimale di questi fattori risultano determinanti ai fini della prestazione sportiva, l'allenamento deve rispondere al principio basilare della specificità. Una particolare importanza va prestata alle richieste ergonomiche e alla tipologia dei substrati energetici necessari a sostenere l'impegno fisico dell'atleta durante una competizione.

Le crescenti esigenze del calcio moderno hanno reso necessari sistemi di allenamento sempre più sofisticati e innovativi che siano in grado di soddisfare le richieste degli attuali sistemi di gioco. Tra questi emerge il vibro training, un sistema di allenamento specifico per lo sviluppo della forza esplosiva il cui principio si fonda sulle vibrazioni allenanti e che in questi ultimi anni ha trovato un riscontro positivo nel calcio di alto livello.

# Cap. 1 Calcio moderno e forza esplosiva

(1,2)

La ricerca di sistemi di gioco sempre più fluidi e veloci, pongono in primo piano la preparazione fisica del calciatore, in particolar modo i programmi di allenamento rivolti all' incremento della forza esplosiva e alla rapidità dei gesti tecnici. Occorre però prestare attenzione nella somministrazione dei carichi sia sul profilo quantitativo che qualitativo degli stessi, al fine di realizzare gli opportuni adattamenti fisiologici. A questo proposito è opportuno ricordare che il principio della specificità del carico di lavoro è rispettato se vengono assicurate le seguenti condizioni:

- gli stimoli allenanti rivolti alla sfera metabolica devono determinare adeguate modificazioni biologiche tali da soddisfare i carichi energetici richiesti dalla prestazione;
- il reclutamento muscolare nelle sue manifestazioni temporali e spaziali dell'esercitazione allenante deve essere molto simile a quello che si realizza in gara;

- le condizioni storiche che caratterizzano una contrazione muscolare durante l'allenamento devono essere identiche a quelle che si realizzano durante la gara;
- occorre riprodurre la struttura motoria e le caratteristiche biomeccaniche che si realizzano in gara;
- la coordinazione inter e intramuscolare che si manifesta attraverso gesti tecnici in gara deve essere continuamente sollecitata in allenamento sia in forma analitica che globale.

In modo particolare, nel gioco del calcio, le basi fondamentali dell'allenamento si devono identificare in ripetizioni sistematiche ed organizzate di gesti tecnici da realizzare con e senza palla.

Di fondamentale importanza risulta l'alternanza tra i periodi ad alta intensità ed impegno metabolico e neuromuscolare e i periodi di recupero o limitato impegno fisico. L'obiettivo principale, nell'affrontare una gara, sarà dunque quello di spostarsi rapidamente, affrontare rapidamente l'avversario, arrivare prima dell'avversario sulla palla e recuperare velocemente. Ciò suggerisce una metodica di preparazione caratterizzata dal lavoro ad intermittenza, vale a dire l'esecuzione rapida ed efficace di un'azione, di cui la forza esplosiva riveste un ruolo

fondamentale, seguita da un intervallo di tempo variabile per il recupero. Il tempo di pausa è perciò determinato dalla situazione tattica e tecnica del gioco.

## **1.1 Profilo del calciatore**

(1,3).

Fino a qualche tempo fa è stata fatta molta confusione sull'identità fisiologica del calciatore, che in passato ha avuto accostamenti con il mezzofondista o con il velocista; di conseguenza la pianificazione dell'allenamento è stata suggerita da convinzioni non rispondenti alle sue reali esigenze.

Recenti indagini, operate sulla muscolatura degli arti inferiori, hanno chiarito l'equivoco e portato un po' di luce sulle caratteristiche fisiologiche e bioenergetiche del calcio. Tracciare un profilo esatto di questo atleta, tuttavia, non è ancora possibile, data la complessità della natura del lavoro: le difficoltà maggiori si incontrano non tanto nella quantificazione del lavoro stesso, quanto nella qualificazione del suo impegno energetico nell'arco dell'intera prestazione.

Tale valutazione è resa ardua dalla natura aciclica del lavoro, che prevede stimoli intermittenti, massimali, brevi, protratti, variabili di natura lattacida e lattacida.

L'analisi del "modello ideale" del calciatore moderno va esaminata sotto più profili, i quali possono essere suddivisi in:

- *Profilo morfologico*
  
- *Profilo fisiologico e condizionale*
  
- *Profilo biomeccanico*

### **1.1.1 Profilo morfologico**

Passando in rassegna l'immensa popolazione di praticanti notiamo che questo sport è aperto a tutti i tipi costituzionali meno che all'obeso, per le sue evidenti carenze strutturali e metaboliche.

Ormai l'esperienza calcistica ci insegna che sia il calciatore longilineo che quello brevilineo, così come il magro o il robusto sono riusciti ad emergere e a toccare traguardi importanti. Una più attenta disamina degli

atleti che si sono affermati in questo sport ci fa notare che, per la stragrande maggioranza, sono normotipi tendenti alla longitipia.

Il normotipo tende a essere più idoneo perché la giusta lunghezza delle sue leve inferiori lo pone nelle condizioni ottimali per le risposte muscolari e biomeccaniche agli stimoli specifici di gara; non solo, ma il baricentro, situato ad un' altezza ideale, gli permette di mantenere un perfetto equilibrio, anche ad elevate velocità, in modo particolare nei cambi di direzione.

Oltre all'altezza un altro parametro antropometrico fondamentale per definire il profilo morfologico del calciatore è rappresentato dal peso.

E' noto che nell'età adulta il numero degli adipociti non può essere ridotto: in seguito ad allenamento, o diete particolari, la perdita di peso è dovuta alla riduzione delle dimensioni degli adipociti e non alla diminuzione del loro numero. Al contrario, nel giovane, si può avere anche una riduzione del loro numero: da puntualizzare, che il grasso è una fonte di energetica di scarsa utilità, specie nelle prestazioni che richiedono energia anaerobica (4,5). Nei calciatori italiani la percentuale di grasso corporeo tocca punte del 17%, mentre la percentuale di massa muscolare risulta variabile a seconda del ruolo e della provenienza etnica del giocatore (6).

### **1.1.2 Profilo fisiologico e condizionale**

Per una programmazione di lavoro mirato a migliorare le qualità specifiche del calciatore è indispensabile la conoscenza degli aspetti fisiologici/organici che regolano il lavoro fisico del calciatore. Nell'erogazione dell'energia tutti gli organi e sistemi vengono chiamati in causa con più o meno responsabilità, ma chi crea l'energia e determina la qualità delle risposte è la fibra muscolare. Secondo le indagini di biopsia muscolare operate su calciatori professionisti e dilettanti (3) è emerso che la percentuale di fibre dominanti nella muscolatura degli arti inferiori riguarda le fibre veloci (FT) le quali, a loro volta, presentano una forte prevalenza delle fibre intermedie (IIa). Questa ripartizione delle fibre muscolari è correlabile alle qualità condizionali che contraddistinguono il calciatore dalle altre tipologie di atleti, giustificando la sua natura esplosiva ma ancora più la sua resistenza alla velocità. Utilizzando sistemi tecnologici sofisticati per misurare i ritmi di gioco è stato possibile codificare quali siano gli intervalli di tempo fra azioni rapide, forza esplosiva, accelerazioni e fase di recupero. Pertanto è stato possibile redigere una scheda (tabella 1) in cui sono stati evidenziate in linea generale le caratteristiche e le proprietà fisiologiche basilari necessarie per poter effettuare una prestazione di alto livello. Generalmente si percorrono circa 10-12 Km a velocità variabile distribuiti in circa 300-400

tratti di corsa (tabella 1), per cui non si produce più di 8-12 mmoli/L di acido lattico, con un intervento metabolico che si aggira attorno al 70-80% del massimo consumo di ossigeno ed un impegno neuromuscolare che varia da modesto ad elevatissimo. Fatte queste considerazioni risulta basilare per un calciatore, soprattutto di alto livello, una buona capacità di rigenerare energia biochimica ai muscoli interessati, ma anche apprezzabili qualità di forza esplosiva, di rapidità e di resistenza alla forza veloce (7,8,9).

	Distanza (km)	VO <sub>2</sub> -max (%)	AL (Mml/L)	Intervento neuromuscolare	Numero dei tratti percorsi
Velocità variabile (2-9 m/s)	10-12	70-80	8-12	(modesta-ottimale)	300-400
Velocità blanda (2-3 m/s)	50%	60	2-3	scarsa	150-200
Velocità submassimale (3-4 m/s)	25%	70	3-4	discreto	75-100
Velocità moderata (4-6 m/s)	15%	80	4-6	elevato	45-60
Velocità massimale (> 7 m/s)	10%	>100	8-12	elevatissimo	30-40

**Tabella 1.** *Quantità e qualità del lavoro realizzato durante una partita di calcio (1).*

Fra queste la resistenza alla forza veloce, che rappresenta la capacità fisiologica che permette la realizzazione di abilità tecniche ad alta

velocità per l'intera partita, senza dubbio è la caratteristica fisiologica più interessante in questo ambito. L'allenamento della forza veloce, che deve assicurare al giocatore la reiterazione temporale di sviluppo di forza esplosiva, coinvolge allenamenti e modificazioni funzionali di proprietà biologiche specifiche. Bisogna quindi considerare che, nell'impostazione classica di un lavoro a blocchi, la preparazione fisica prevede: allenamento per il miglioramento del metabolismo aerobico, miglioramento della forza massimale, miglioramento della forza esplosiva ed alla fine miglioramento della resistenza alla forza veloce. Tuttavia a questa fisionomia dell'allenamento si contrappone il "metodo di Bosco", nel quale il sistema per blocchi viene sostituito da esercitazioni contemporanee che prevedono nella stessa settimana lavori rivolti al metabolismo aerobico (principalmente corsa con variazione di velocità), forza dinamica massima, forza esplosiva e resistenza alla forza veloce (1,9,11). Particolare attenzione merita la preparazione aerobica, la quale è fortemente correlata agli standard prestativi inerenti alla forza rapida ed esplosiva: il fatto che Bosco consiglia una tipologia di preparazione aerobica caratterizzata dalla corsa con variazione di velocità è legata anche a fenomeni di natura ormonale. Infatti, nella corsa lenta protratta nel tempo, come anche nelle prove ripetute, si assiste anche ad un incremento delle  $\beta$ -endorfine: una concentrazione elevata di questi ormoni permette di sopportare con maggiore facilità la fatica ed il lavoro

strenuo, tanto da provocare un senso di benessere generale denominato “euforia del corridore”; nello stesso tempo una concentrazione elevata di  $\beta$ -endorfine inibirebbe l’ormone luteinizzante (LH) che a sua volta cesserebbe di stimolare le gonadi a produrre testosterone (1,12,8). A questo proposito, è stata osservata una correlazione inversa tra la potenza aerobica e la concentrazione di testosterone (1), cioè negli atleti che possedevano una migliore potenza aerobica, il livello di testosterone era più basso. Quindi la corsa lenta non solo determina un rallentamento dei movimenti, dato la bassa frequenza degli stimoli nervosi che esercita, ma sviluppa una considerevole azione inibente della produzione di testosterone, ormone indispensabile per la forza esplosiva, fortemente correlato allo sprint, non solo, ma anche fondamentale nella resistenza alla forza veloce. Gli studi condotti dal prof. Bosco hanno dimostrato che la capacità di reiterare la forza esplosiva è collegata con l’entità di testosterone circolante (1,11,12). Secondo questa ipotesi, l’elevata concentrazione ematica di testosterone favorirebbe a livello cellulare una migliore funzione biochimica e meccanica del muscolo: con molta probabilità la presenza di testosterone a livello cellulare potenzierebbe l’attività del  $Ca^{2+}$ , questo a sua volta favorirebbe lo sviluppo di elevati gradienti di potenza muscolare (1). A questo punto riesce difficile pensare un tipo di allenamento che possa determinare un incremento della potenza aerobica senza che determini effetti negativi sulla forza

esplosiva e la velocità. La soluzione proposta dal prof. Bosco, riguardante l'inserimento delle esercitazioni di corsa con variazione di velocità, presenterebbe una valida alternativa per l'allenamento della potenza aerobica, senza determinare influenze negative sulla forza esplosiva e sulla velocità. Anzi, studi realizzati con calciatori professionisti assieme ad allenatori professionisti hanno evidenziato che ad un aumento della capacità aerobica corrispondeva parallelamente un incremento di forza esplosiva, quando la corsa con variazione di velocità veniva proposta insieme ad esercitazioni con balzi e salti (1,11).

Tuttavia un buon livello di capacità aerobica è indispensabile per un calciatore in quanto permette di ritardare il manifestarsi della fatica e quindi anche l'accumulo di acido lattico: quest'ultimo viene generato come prodotto terminale della glicolisi anaerobica, cioè della scissione del glicogeno in carenza di ossigeno. L'accumulo di lattato è uno dei fattori principali dell'insorgenza della fatica; ciò rende necessario un sistema efficiente e veloce di smaltimento dello stesso, per permettere all'atleta di mantenere uno standard di prestazione soddisfacente nel tempo. Per permettere la prosecuzione dell'impegno fisico il lattato, prodotto dalle fibre bianche, verrà rimetabolizzato dalle fibre rosse e qui utilizzato come combustibile nelle fasi di lavoro in aerobiosi. Quindi questa via deve avere una certa efficienza, altrimenti la durata del lavoro anaerobico viene irrimediabilmente ridotta. Come accennato

precedentemente, l'organismo del calciatore produce, nel corso dei 90' di gioco, circa 12 mmol/l di lattato: questo valore lo troviamo già dopo i primi 15' di gioco. Nel corso della gara si osserva un andamento ondulatorio, con oscillazioni tra le 8 e le 12 mmol/l, con un valore minimo di 6 mmol/l al termine dell'intervallo tra il primo e il secondo tempo. Se la concentrazione ematica di lattato nel corso della gara tende a diminuire, ciò sta a significare che viene utilizzato come combustibile nelle fasi di recupero: tale capacità, come accennato precedentemente, è esclusiva delle fibre rosse e quindi della capacità aerobica, che, a sua volta, deve essere di valore adeguato, cioè, né troppo scarsa, come quella di uno sprinter; né troppo alta come quella di un mezzofondista (3).

### **1.1.3 Profilo Biomeccanico**

Il calciatore, dal punto di vista biomeccanico, è un atleta atipico: si differenzia da tutti gli altri perché deve, anche ad elevate velocità, controllare un attrezzo di forma sferica con i piedi, cambiare repentinamente e frequentemente direzione di corsa, saltare, contrastare e, allo stesso tempo, mantenere un perfetto equilibrio. Queste continue azioni, per essere esplicate, necessitano di un baricentro basso e di una corsa radente, dunque l'esplicazione della spinta nella corsa del calciatore è diversa da quella del velocista e del mezzofondista.

L'abbassamento del baricentro e la conseguente corsa radente, se da un lato favoriscono il mantenimento di un ottimo equilibrio e il controllo di palla, dall'altro risultano componenti sfavorevoli per l'estrinsecazione della velocità pura e dell'azione pliometrica della muscolatura interessata, che risulta moderatamente ridotta.

I muscoli dell'arto inferiore del calciatore, in modo particolare i quadricipiti, sono sottoposti a tensioni elevatissime e a sincronizzazioni spazio/temporali che dipendono dalle capacità individuali e dal grado di allenamento.

Anche le articolazioni (anca, ginocchio e caviglia) subiscono sollecitazioni di elevata intensità e ciò provoca, probabilmente, quelle alterazioni capsulo/cartilaginee che vengono riscontrate nella maggior parte dei calciatori a fine carriera. È stato notato che il baricentro basso, la corsa radente e la posizione di gambe semipiegate che caratterizzano l'aspetto biomeccanico del calciatore, nel tempo causano un'alterazione del rapporto di forza tra i muscoli agonisti e antagonisti della coscia: tale rapporto, che idealmente dovrebbe essere di 2,2, nel calciatore è di 1,8 (3).

L'aumento di forza a favore della muscolatura flessoria della gamba sulla coscia potrebbe essere la causa primaria della frequenza dei traumi che colpiscono il calciatore in questa zona anatomica. Inoltre, l'ipertrofia della

muscolatura flessoria riduce sensibilmente l' elasticità della fibra muscolare e, di conseguenza, l'ampiezza del movimento articolare (3).

### **1.1.4 La prestazione del calciatore**

(3)

Secondo indagini operate da diversi ricercatori, la distanza totale media, percorsa da un calciatore nei 90' di gioco dovrebbe variare da un minimo di 8700 m a un massimo di 13.260 m. Tali distanze vengono percorse secondo varie tipologie di andature: di passo, in souplesse, in corse laterali e a ritroso, in allungo e a velocità massimale.

In questo lavoro di natura intermittente vengono chiamati in causa tutti i meccanismi erogatori energetici (il calcio è uno sport ad impegno metabolico aerobico-anaerobico alternato). Gli impegni metabolici di una certa entità sono, però, a carico della glicolisi anaerobica, che deve provvedere ad erogare energia per il continuo susseguirsi di allunghi e scatti, spesso senza adeguati recuperi.

Se si esegue un'analisi del lavoro del calciatore su una distanza ipotetica di 11 000 m emergeranno in media i seguenti valori :

- *Lavoro aerobico:* 55% in souplesse  
20% di passo, corse laterali
- *Lavoro lattacido:* 20% allunghi e sprint con recuperi  
incompleti
- *Lavoro alattacido:* 5% sprint con recuperi completi

Da notare che le distanze percorse a velocità massima variano dai 10 ai 40 m: queste distanze brevi, percorse alla massima velocità, molto spesso, si ripetono a brevi intervalli e non permettono l'attuazione di un adeguato recupero organico, e ciò comporta uno spostamento dell'impegno metabolico nell'ambito della glicolisi anaerobica, con conseguente formazione di acido lattico.

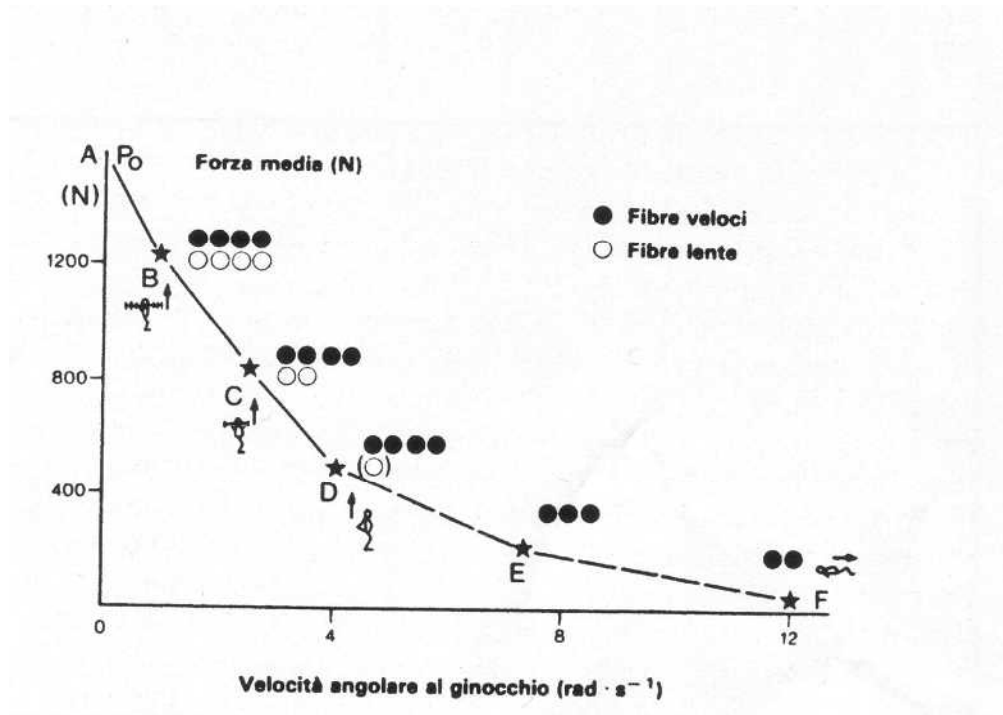
Proprio questo alternarsi di lavoro massimale con recuperi adeguati ed inadeguati rende difficoltosa la valutazione esatta del lavoro anaerobico di tipo alattacido e lattacido.

## **1.2 Metodi tradizionali per l' allenamento della forza esplosiva riferiti al calcio**

(2,15)

### **1.2.1 Considerazioni teoriche**

Prima di addentrarci sugli aspetti pratici che caratterizzano l'allenamento della forza esplosiva vale la pena citare alcune considerazioni teoriche che possono chiarire gli aspetti funzionali di una preparazione fisica specifica per lo sviluppo della forza esplosiva. Il prof. Bosco ha proposto una classificazione delle varie espressioni di forza sulla base degli aspetti neuromuscolari che ne modulano la tensione e i processi metabolici coinvolti e quindi anche la durata: in base a questi fattori si deve quindi porre attenzione sulla relazione tra la forza esercitata dal muscolo e la velocità esplicitata dallo stesso (13). Il comportamento meccanico peculiare che possiede il muscolo scheletrico è la relazione tra la velocità di accorciamento e la tensione sviluppata: ciò è stato osservato sia analizzando preparati di muscoli isolati di animali, sia muscoli umani in vivo (14). Dalla curva forza-velocità (fig.1) si evince che diminuendo il peso da sollevare, la forza da produrre diminuisce mentre aumenta la velocità.

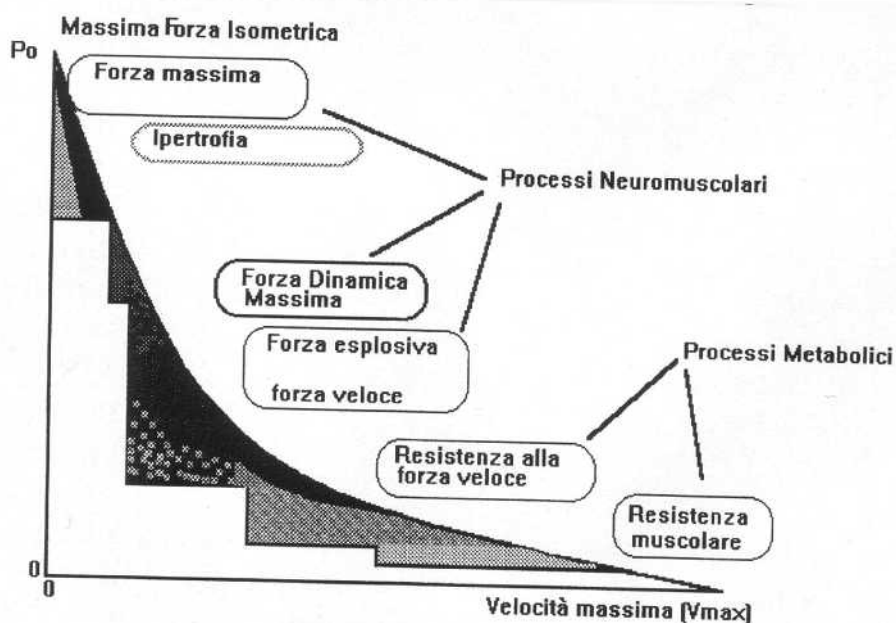


**Figura 1.** Relazione tra la forza sviluppata durante salti verticali eseguiti con o senza carico sulle spalle e la velocità angolare al ginocchio (14).

La ragione primaria di questa relazione sembra che sia la perdita di tensione nel momento in cui si rompono i ponti di actomiosina all' interno del sarcomero per poi riformarsi in condizioni di accorciamento.

Mentre un secondo motivo potrebbe dipendere dalla viscosità presente sia nella componente contrattile sia nel tessuto connettivo.

Comunque la fig.2 mostra che la forza massima si realizza con velocità basse mentre quella esplosiva con velocità alte; in contrasto, la resistenza alla forza veloce e la resistenza muscolare sono fortemente caratterizzate dai processi metabolici coinvolti e poco da quelli neuromuscolari.



**Figura 2.** Rappresentazione schematica della relazione forza/velocità e classificazione biologica delle varie espressioni di forza. In alto a sinistra si nota la massima forza isometrica, caratterizzata da velocità di accorciamento pari a zero, troviamo quindi la forza massima, la forza dinamica massima, la forza esplosiva (o forza veloce): queste tre espressioni di forza sono determinate prevalentemente da fattori neurogeni. Segue poi la resistenza alla forza veloce e la resistenza muscolare, che sono collegate prevalentemente a processi metabolici, insieme all'ipertrofia muscolare che pur non essendo una espressione della forza, occupa una considerazione notevole nel campo dell'allenamento (13).

## **1.2.2 Aspetti pratici per lo sviluppo della forza esplosiva**

La forza esplosiva per un calciatore rappresenta una delle qualità della condizione atletica più importante. Essa si manifesta nella forza impressa per calciare oppure nella forza di salto, nonché nella forza di lancio nelle rimesse a mano (o nei rinvii a mano del portiere). La forza esplosiva ha inoltre una grande importanza anche per la capacità di accelerazione nell'ambito della velocità, come accade negli sprint su brevi distanze (15,16).

Tra i metodi più diffusi riportati dalla letteratura sportiva rientrano le esercitazioni di pliometria. L'allenamento pliometrico è una forma di esercitazione dinamica caratterizzata da uno stiramento delle strutture di contrazione (fase eccentrica), seguita da un accorciamento (fase concentrica). A livello fisio-muscolare essa sfrutta i momenti del riflesso miotattico, della pre-innervazione e della componente elastica del muscolo (14).

In ambito calcistico, l'allenamento pliometrico è incentrato su salti (balzi) o sequenze di salti di ogni tipo (multibalzi, fig.3). Si parla di pliometria "piccola", "semplice" o "naturale", se i salti vengono effettuati o senza pesi o mezzi supplementari (ostacolo, plinto) o ancora superando ostacoli molto bassi (15,16). Contenuti idonei di tale allenamento possono essere salti su una gamba, salti su due gambe, salti in alto e in

lungo, salti in corsa, salti in avanti, laterali o indietro, salti sopra ostacoli (14).

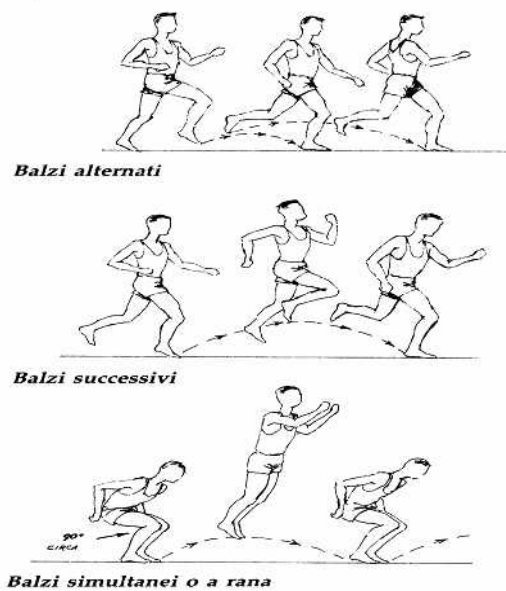
In particolar modo le qualità fisiche che si possono migliorare con i multibalzi sono:

- *La forza esplosiva*: il risultato di una applicazione massima di forza da raggiungere in tempi brevissimi (17).
- *L'elasticità muscolare*: cioè la capacità del muscolo, quando viene stirato, di accumulare energia (potenziale elastica) e di restituirla nella contrazione successiva.
- *La resistenza locale*: cioè la capacità dei muscoli di utilizzare l'ossigeno nell'unità di tempo, sopportare elevate concentrazioni di lattato, smaltire rapidamente il lattato.
- *La coordinazione*: intesa come capacità di "governare" i propri muscoli nella maniera voluta, senza provocare tensione inutili (sincinesia). Il lavoro finalizzato alla coordinazione, effettuato sull'apparato locomotore mediante comando nervoso, aumenta non solo le capacità coordinative, ma anche quelle motorie del soggetto.

Sul profilo biomeccanico, nei balzi in avanti o verso l'alto solitamente i due arti inferiori si alternano nel lavoro, con un'azione che determina parabole ben più alte di quelle che si hanno nella normale azione di corsa.

Nella fase di spinta vengono impiegati all'incirca gli stessi muscoli che si usano nella corsa (in particolar modo gli estensori), ma essi devono sviluppare forze più elevate per innalzare maggiormente il corpo e/o per dargli una più intensa accelerazione in avanti. Quanto alla fase di ammortizzazione, c'è da dire, di conseguenza, che il lavoro (di tipo negativo) effettuato dai muscoli estensori nella fase di arrivo al suolo è più accentuato; si ha perciò un maggiore accumulo di energia elastica, che verrà restituita nella fase di spinta immediatamente successiva: si noti che i balzi, secondo come vengono utilizzati, possono avere effetti diversi.

Per un allenamento specifico sulla forza esplosiva, l'impegno dei muscoli che intervengono nella spinta deve essere molto elevato; ciò può essere ottenuto, per esempio, compiendo i balzi in salita, oppure senza inerzia, cioè partendo da fermi ed eseguendo un numero limitato di balzi successivi (balzi esplosivi) (2,18).



**Fig. 3 – I multibalzi (18).**

I balzi in salita, tuttavia, risultano poco utili per il miglioramento dell'elasticità muscolare; infatti, viene ridotta l'energia potenziale elastica accumulata, poiché diminuisce il dislivello fra il punto più alto della parabola compiuta dal centro di gravità del corpo durante la fase di volo ed il punto più basso di esso nella fase di ammortizzazione; per di più, fra il momento in cui avviene l'accumulo di energia potenziale elastica nei muscoli ed il momento della loro successiva contrazione, intercorre un periodo più lungo di quello che vi è nei balzi compiuti in piano: questo è un fattore che influisce negativamente sull'utilizzazione dell'energia elastica immagazzinata in precedenza. Per il miglioramento dell'elasticità

muscolare è dunque più vantaggiosa l'esecuzione dei balzi in piano; in questo caso, infatti, è molto breve l'intervallo fra l'accumulo di energia (stiramento passivo nella fase di ammortizzazione) e la successiva contrazione muscolare (lavoro attivo nella fase di spinta) (2). Se il fine è l'allenamento della resistenza locale, invece, possono essere molto efficaci i balzi in salita; poiché ad ogni singola spinta, l'impegno della componente contrattile dei muscoli può essere molto più alto che nel salto in piano (mentre l'aiuto della componente elastica, come si è detto, è inferiore). Sul profilo fisiologico è molto importante considerare l'effetto che i balzi possono avere sul processo metabolico dei vari tipi di fibre. Presumibilmente, quando viene richiesta molta forza in tempi brevi, interviene un'elevata percentuale di fibre "FT"(fibre veloci), mentre si ritiene che vengano coinvolte principalmente le fibre "ST" (fibre lente), se i balzi sono compiuti in piano su tratti lunghi, in particolare se in precedenza si è eseguito un lavoro che ha coinvolto prevalentemente le fibre FT (per esempio velocità, balzi in salita, ecc.); in tal caso si può influire sulle caratteristiche lattacide delle fibre ST (2).

### **1.3 Le vibrazioni allenanti nel calcio moderno**

(19, 20)

Da alcuni anni è stato introdotto nel calcio di alto livello un sistema tecnologicamente avanzato per la preparazione atletica dei calciatori mediante vibrazioni meccaniche, simulate da un dispositivo definito appunto pedana vibrante. Con questo sistema, le vibrazioni (di diversa frequenza) prodotte dalla pedana vengono trasmesse direttamente al corpo per contatto diretto con alcune parti di esso (19). Questo stimolo meccanico viene percepito dall'apparato muscolo-scheletrico, che immediatamente si adatta mediante attivazione riflessa della muscolatura. Di conseguenza le rapide variazioni di lunghezza del complesso muscolo-tendineo causata dalle vibrazioni, in modo analogo a quello che si verifica durante l'esecuzione di un balzo a ginocchia bloccate, vengono percepite dai fusi neuromuscolari, determinando un'attivazione riflessa del muscolo. Esse producono dei microspostamenti a tutti i muscoli e alle articolazioni, venendo percepiti da tutte le strutture propriocettive (organi tendinei del Golgi, dai fusi neuromuscolari, dai corpuscoli di Meissner e corpuscoli del Pacini); questi stimoli inducono il muscolo a reagire a queste "perturbazioni", per cui esso, per adattarsi, ha bisogno di produrre delle contrazioni muscolari riflesse (riflesso miotattico), stimolando così, oltre che le capacità propriocettive, anche la funzionalità del sistema

neuromuscolare di produrre forza durante la fase di contrazione che segue lo stiramento.

L'uso delle vibrazioni nell' ambito del calcio prevede 5 –10 minuti al giorno di allenamento su pedana vibrante, in cui si creano accelerazioni di 3,6G quando si lavora ad una frequenza di 30Hz (21). Pertanto le sollecitazioni cui sono sottoposti i muscoli estensori delle gambe, quando si esegue l'esercitazione in posizione di mezzosquat per dieci minuti di vibrazioni sono paragonabili a quelle che si realizzerebbero eseguendo tremila salti verticali pliometrici cadendo da un' altezza di 60 cm in cui il tempo di lavoro è inferiore a circa 200 ms e l'accelerazione sviluppata a fatica raggiunge 3-4G (21).

Lo stimolo meccanico della vibrazione, quindi, è paragonabile a quello che si realizza nel salto pliometrico, con il vantaggio che può essere applicato per lungo tempo. Infatti risulterebbe improponibile realizzare tremila salti in una sola seduta di allenamento, mentre dieci minuti di vibrazione possono essere tollerati con maggiore facilità. Generalmente in una seduta d'allenamento non si eseguono più di 100-150 balzi o salti: questo è determinato dalle critiche condizioni biomeccaniche che si creano durante i salti. I muscoli (estensori delle gambe e flessori del piede) e i tendini, sono stirati per una lunghezza molto elevata che rasenta condizioni lesive (4-5cm), mentre con le vibrazioni il pre-stiramento non supera gli 0,5 cm (19,21). Sfortunatamente l'allenamento

con salti non può essere utilizzato da tutti gli atleti nel medesimo modo, in quanto che le violente sollecitazioni non raramente inducono ad un sovraccarico, che anche se si può considerare funzionale, molto spesso evolve in patologie dell'apparato tendineo ed osteo-articolare. Questo è il motivo per cui è stato studiato un mezzo di allenamento che può avere gli stessi effetti allenanti, ma escludendo i danni e conservando l'integrità dell'apparato di locomozione: lo stimolo vibratorio può quindi essere associato all'effetto allenante sia della forza massimale che esplosiva.

Da qualche anno, le vibrazioni hanno trovato particolare risvolti anche nel processo di riabilitazione del calciatore in seguito a lesioni subite: il basso impatto prodotto sia sulle strutture muscolo-tendinee che osteo-articolari lo rendono un sistema efficace e sicuro nell'ambito di un protocollo volto a ristabilire la condizione fisico-atletica del calciatore (19,21,22).

## Cap. 2 Principi ed effetti del vibro training

(22, 23)

Per comprendere i principi del vibration training, occorre conoscere prima le caratteristiche meccaniche che stanno alla base di qualsiasi vibrazione. Vibrazione è sinonimo di tremore. Si parla di vibrazione o tremore quando un corpo si muove periodicamente attorno a uno stesso punto di equilibrio. Il vibration training utilizza una pedana che si muove periodicamente; il punto d'equilibrio è la posizione mediana in cui si trova la pedana. La vibrazione è definita da tre caratteristiche principali: direzione, frequenza e ampiezza. La combinazione di queste tre caratteristiche determina la velocità e l'accelerazione del movimento. In una vibrazione, la velocità della massa è pari a zero al picco di movimento; questo significa che sia la velocità che l'accelerazione delle vibrazioni sono variabili in rapporto al tempo divenendo una funzione della velocità e dell'accelerazione, definite rispettivamente curva sinusoidale e curva cosinusoidale.

## 2.1 La vibrazione

### *Vibrazione rotatoria*

Le vibrazioni sono di tipo rotatorio quando la pedana esegue movimenti sul piano orizzontale: questo tipo di movimento è detto “eccentrico” . Eccentrico significa che l’asse del piano di rotazione è spostato rispetto al centro; questo determina l’ampiezza della vibrazione. Le macchine che usano vibrazioni rotatorie sono dotate di un meccanismo che assicura che la pedana non giri su se stessa, ma ruoti intorno all’asse. Questo tipo di vibrazione ha una direzione di rotazione orizzontale, il movimento non determina uno spostamento verso l’ alto o verso il basso, di conseguenza, non si verificano momenti di sospensione e, secondo gli esperti, questo significa che non si ha un vero e proprio allenamento (con i pesi) perché il soggetto non salta, ovvero non compie movimenti verso l’alto e verso il basso. Questa tecnica può essere utilizzata per massaggi localizzati, ma non per potenziare i muscoli. L’ effetto del training è quindi praticamente trascurabile.

### *Vibrazione verticale*

Una vibrazione si definisce verticale quando la pedana compie esclusivamente e regolarmente un movimento verso l'alto e verso il basso. Questo movimento è realizzato mediante pesi rotanti posti sotto la pedana che generano una forza d'urto. Ogni motore fa ruotare i pesi in direzioni opposte; la forza centrifuga risultante assicura lo spostamento della pedana dotata di motori. Il numero dei pesi sull'asse motore determina invece lo spostamento (ampiezza) mentre la velocità di rotazione determina la frequenza. L'ampiezza del movimento è la stessa su ogni punto della pedana: questo significa che possono essere realizzate numerose applicazioni. L'effetto del training è determinato dalla qualità delle vibrazioni che dipende, a sua volta, anche dalla sincronizzazione dei motori e dalla rigidità della struttura; tuttavia, per realizzare vibrazioni ottimali, la pedana deve essere simmetrica in tutte le direzioni.

### *Vibrazione ondulatoria*

Esiste anche una vibrazione in cui la pedana "dondola" intorno a un asse: tale asse passa per il centro della pedana nel senso della larghezza e questo tipo di vibrazione viene definita ondulatoria. In questo tipo di macchina, l'ampiezza in direzione delle estremità diviene sempre maggiore, non esiste ampiezza nella zona centrale. Questo principio di

allenamento possiede vantaggi e svantaggi. Alcuni esercizi non possono essere eseguiti o sono scomodi per cui la gamma di applicazione viene limitata; d'altro canto, il carico viene posizionato su ogni piede alternativamente, permettendo, in alcuni casi, un allenamento più specifico in quanto, anche il naturale movimento di deambulazione sposta il carico sui due arti alternativamente.

### **2.1.1 Direzione del movimento**

Come accennato in precedenza, la direzione è una delle caratteristiche della vibrazione. La direzione di movimento della pedana utilizzata è di tipo verticale, la pedana si muove in modo perfettamente verticale sia verso l'alto che verso il basso. Quando la pedana è in fase di discesa, si crea una fase di sospensione per il corpo, subito dopo la fase di sospensione segue l'atterraggio. Per garantire che la persona rimanga in piedi senza flettere le ginocchia, vincendo così la forza di gravità, sarà necessario serrare muscoli e gambe. Poiché il corpo umano è costretto a vincere la forza di gravità tutto il giorno, grazie all'evoluzione, i muscoli estensori sono più sviluppati rispetto ai muscoli flessori. I muscoli del polpaccio, ad esempio, sono più grandi e forti rispetto ai muscoli tibiali. Uno degli esercizi con i pesi è quello dei salti pliometrici. L'atleta salta da una panca e cerca di mantenere la posizione necessaria all'atterraggio:

il risultato è che i muscoli estensori sono sottoposti ad un intenso lavoro per contrastare la forza di gravità. Questo esercizio è definito esercizio pliometrico con pesi. L'allenamento si basa su un riflesso d'allungamento che implica un carico pesante sulle fasce tendinee e muscolari. Con il vibration training si ottiene all'incirca il medesimo effetto: i muscoli estensori reagiscono al cambio di altezza tramite il così detto "riflesso miotattico". Se la pedana si muovesse orizzontalmente, non si realizzerebbe una fase di sospensione o una spinta verso l'alto e la forza di gravità avrebbe un effetto minimo: gli estensori non dovrebbero eseguire alcun adattamento per cui i risultati dell'allenamento sarebbero minimi o addirittura nulli. Se il movimento della pedana si discosta da quello lineare / verticale, la deviazione va sempre a scapito della fase di sospensione e questo significa che gli estensori non vengono sottoposti ad un lavoro intenso: il risultato del training sarà, quindi, inferiore con questo tipo di direzione del movimento. Perciò, per un training ottimale, è fondamentale che il movimento della vibrazione sia di tipo verticale. La forza di gravità influenzata dal movimento della pedana dovrà essere contrastata dai muscoli del corpo; a causa della pressione di spinta verso l'alto, la pedana spinge il corpo in alto e questo reagisce a sua volta con una pressione di ritorno necessaria a gestire la posizione. La fase di sospensione è seguita dall'atterraggio e gli estensori assicurano che la persona mantenga la posizione eretta.

## 2.1.2 Frequenza del movimento

La frequenza del movimento indica quante volte la pedana si sposta verso l'alto e verso il basso. Come spiegato in precedenza, una vibrazione è un movimento che si ripete periodicamente; una vibrazione è definita un periodo e comprende un movimento completo verso l'alto e verso il basso; il tempo di un periodo viene definito tempo di vibrazione. Quindi la frequenza sarà rappresentata dal numero di vibrazioni al secondo ed è espressa in Hertz (Hz). Ad una frequenza di 30 Hz, ad esempio, la pedana vibra 30 volte al secondo verso l'alto e verso il basso e il tempo di vibrazione corrisponde approssimativamente a 0,033 s. La frequenza della pedana corrisponde al numero di fasi di sospensione del corpo ed è importante per stabilire l'intensità d'allenamento. In linea generale si può affermare che un basso numero di vibrazioni corrisponde ad una intensità di training inferiore rispetto ad un alto numero di vibrazioni.

### **2.1.3 Massima deviazione del movimento**

La distanza del corpo vibrante (pedana) dal punto d'equilibrio viene definita "deviazione". La deviazione varia col tempo, durante ogni periodo la pedana raggiunge sia il punto più alto che quello più basso una sola volta. La distanza dal punto d'equilibrio alla massima deviazione è detta ampiezza. Tanto è maggiore l'ampiezza alla medesima frequenza, quanto superiore è l'intensità dell'allenamento. Questo è legato al fatto che un'ampiezza maggiore obbliga la pedana a muoversi più velocemente per raggiungere la stessa frequenza; questo influisce sull'accelerazione della pedana, per cui la forza fornita dai muscoli dovrà aumentare di conseguenza per poter mantenere la posizione.

### **2.1.4 Risonanza**

Un altro termine importante nell'ambito del vibration training è "risonanza", che a volte viene definita anche "vibrazione forzata". Ogni corpo od oggetto possiede una "vibrazione naturale" o una "frequenza naturale"; questo significa che se una vibrazione con una particolare frequenza è presente nelle vicinanze del rispettivo oggetto, anche

quest'ultimo inizierà a vibrare: questo tipo di vibrazione viene definito risonanza. L'effetto di risonanza non deve assolutamente essere sottovalutato; talvolta, la risonanza è abbastanza utile, come ad esempio la vibrazione dell'aria nel corpo di una chitarra, che ne amplifica il suono, in altri casi, la risonanza può rivelarsi invece pericolosa. Se un plotone di soldati si trova a passare un ponte, dovrà cercare di non procedere marciando al passo, in quanto se lo facesse, le vibrazioni prodotte potrebbero causare il crollo del ponte stesso. L'effetto distruttivo delle vibrazioni ha a che fare con l'ampiezza. Come detto in precedenza, maggiore è l'ampiezza più intenso diventerà l'esercizio. Se l'ampiezza aumenta in modo eccessivo, qualsiasi cosa può essere distrutta dalle vibrazioni: questo si verifica anche con i muscoli. Se la frequenza della pedana vibrante venisse impostata alla frequenza naturale dei muscoli e fosse scelto un livello di ampiezza troppo alto, il soggetto potrebbe verosimilmente subire dei danni.

### **2.1.5 Frequenze ottimali**

Come già accennato, ogni oggetto ha la propria frequenza naturale, ciò significa che anche i muscoli possiedono una frequenza ottimale. Secondo alcuni studiosi, ogni muscolo ha una frequenza naturale (21). Per ciò che concerne il vibration training, alcune ricerche hanno

dimostrato che 30-35 vibrazioni al secondo (30-35Hz) raggiungono in media il risultato migliore negli esercizi con i pesi (23). In tali studi è stata analizzata l'attività elettrica del muscolo vasto laterale, mediante elettromiografia, a differenti frequenze. Da queste ricerche si può dedurre che una frequenza di 30 Hz produce la massima attività elettromiografica, il che significa che a questa frequenza si realizzerà la massima attività muscolare.

### **2.1.6 Frequenze dannose**

Richiamando il concetto di risonanza, quest'ultima può infatti provocare anche la distruzione di oggetti. In merito a ciò sono state studiate le frequenze naturali delle varie parti del corpo dalle quali è stato possibile dedurre che un allenamento può essere potenzialmente dannoso se eseguito a frequenze particolarmente basse (22).

In altre parole, se il numero di vibrazioni al secondo è inferiore a 30 Hz è possibile che alcune parti del corpo entrino in risonanza. Quindi, per un allenamento efficace e privo di rischi è consigliato impostare frequenze di vibrazioni non inferiori a 30 Hz.

## **2.2 Adattamenti neuromuscolari e metabolici**

(23, 24)

Il corpo reagisce alle vibrazioni e vi si adatta di conseguenza. Ciò determina un aumento della forza, della flessibilità e della circolazione sanguigna. Inoltre, grazie alle vibrazioni anche la struttura muscolare e scheletrica subisce notevoli miglioramenti.

### **2.2.1 Aumento della forza**

#### *Forza massimale*

La forza massimale corrisponde alla massima forza possibile che il sistema neuromuscolare ha la possibilità di esprimere in una massima contrazione volontaria (16). Con la forza massimale sono attivate soprattutto le fibre muscolari di tipo II; sono proprio queste fibre, infatti, ad essere principalmente stimulate dal vibro training. Dal punto di vista del muscolo, la forza massimale è data dal numero di teste miosiniche che possono essere orientate all'esterno: in questo caso non è tanto importante la velocità del processo quanto la quantità massima. Tale principio può essere paragonato all'attività di un pesista che, durante una

gara, cerca di sollevare il maggior peso possibile: in quel momento l'atleta esprime la propria forza massima ed è per questo motivo che non sarebbe possibile, per lui, sollevare lo stesso peso due volte. Tuttavia il rischio di lesioni con i metodi di allenamento tradizionali è piuttosto alto poiché è notevole l'impatto della resistenza sugli organi passivi (ossa, articolazioni, tendini). Questo impatto è molto inferiore nel vibro training; inoltre il rischio di incorrere in lesioni è inferiore quando ci si allena con una pedana vibrante rispetto a un allenamento di tipo tradizionale. Gli studi citati di seguito dimostrano che un allenamento con pedana vibrante è più efficace per il raggiungimento della forza massima. È stata condotta infatti una ricerca sul potenziamento dei muscoli estensori del ginocchio durante 12 settimane di vibration training (23). Un gruppo si allenava su una pedana vibrante (30-35 Hz), un altro gruppo si allenava con metodi convenzionali con elevata resistenza e l'ultimo gruppo su una pedana vibrante "placebo". Prima e dopo la sperimentazione sono stati misurati i valori di forza statica massima degli estensori del ginocchio mediante un dinamometro. La tabella sottostante mostra i risultati di questa ricerca.

Gruppo	Vibration training	Alta resistenza	Placebo
Aumento della forza in %	16.6	14.4	3.8

**Tabella2.** Aumento della forza mediante differenti metodi di stimolazione (23).

In un'altra ricerca 28 atleti uomini, sono stati sottoposti suddivisi in due gruppi: uno si allenava con il vibration training, l'altro utilizzava metodi d'allenamento tradizionali: il gruppo sottoposto ad allenamento con vibration training ha mostrato un aumento della forza isotonica che era maggiore del 16% rispetto al gruppo che si allenava con metodi convenzionali (24,25).

### *Forza esplosiva e rapida*

La forza esplosiva indica che un carico esterno viene superato con un'alta velocità di contrazione: la forza rapida perciò comprende la capacità del sistema neuromuscolare di muovere il corpo e le sue parti (ad esempio arti superiori, arti inferiori) oppure oggetti (palloni, pesi, giavellotti, dischi) alla massima velocità, liberando quindi il massimo della forza nel minor tempo possibile (16). La differenza rispetto alla forza massima è data dal fatto che il movimento deve essere eseguito il più velocemente possibile.

A livello muscolare, questo tipo di forza è legato al numero di teste miosiniche che possono abbassarsi simultaneamente e in caso di forza rapida, possono ripristinare la loro posizione di partenza il più velocemente possibile. Con i metodi tradizionali di allenamento, un atleta non sarà in grado di eseguire molte ripetizioni in quanto, con l'aumentare dello stato di affaticamento, non potrà più applicare il massimo sforzo.

Questo è il motivo per cui un atleta di forza rapida si allena con un numero minimo di ripetizioni in modo tale da avere più tempo per le pause di riposo (ripresa 3-5 minuti), così che i muscoli possano recuperare completamente i substrati energetici. Mediante il vibration training la soglia di reclutamento delle unità motorie è inferiore rispetto a quella che si riscontra durante la contrazione volontaria nell'allenamento convenzionale, il che probabilmente porta ad una più rapida attivazione e a un allenamento delle unità motorie con una soglia maggiore (fibre muscolari di tipo II, a contrazione rapida). Quindi, gli atleti che necessitano di forza esplosiva traggono enormi vantaggi dall'uso del vibration training: richiede meno tempo, il carico sugli organi passivi è minore e l'efficacia è elevata. Lo studio di Torvinen (26) dimostra, infatti, che l'efficacia del vibration training è almeno uguale a quella delle tecniche di allenamento convenzionali: sono stati infatti studiati gli effetti del vibration training sulla forza esplosiva e la forza isometrica massima dopo un periodo di due e di quattro mesi su 52 volontari suddivisi in due gruppi uguali. Il primo gruppo, è stato sottoposto al vibration training e il secondo ha eseguito gli stessi esercizi senza l'aggiunta delle vibrazioni. L'allenamento era stato organizzato in modo tale che per le prime due settimane veniva effettuato solo un allenamento di due minuti in posizione semi-squat; nel primo minuto l'esercizio era eseguito a 25 Hz, il secondo a 30 Hz, mentre durante le restanti sei settimane, la durata

degli allenamenti era aumentata a tre minuti più un altro minuto a 35 Hz e nel corso degli ultimi due mesi è stato aggiunto un minuto a 40 Hz: questo significa che tale ricerca è stata effettuata usando sempre un minimo sforzo. In base a tale ricerca si può concludere che, nel lungo periodo, è possibile unire progressione della potenza di stacco e forza isometrica massima. In considerazione del fatto che i risultati sono stati ottenuti con un allenamento di durata relativamente breve, con sedute di vibration training di 15-20 minuti è possibile ottenere una progressione molto maggiore.

### **2.2.2 Miglioramento della resistenza**

La resistenza rappresenta la capacità psicofisica dell'atleta di opporsi all'affaticamento durante uno sforzo prolungato nel tempo (16).

I metodi di allenamento convenzionali richiedono parecchio tempo, in particolar modo nelle lunghe sessioni di allenamento. Il valore aggiuntivo del vibro training per gli atleti di resistenza non consiste tanto nell'allenamento diretto della resistenza stessa, quanto soprattutto nel miglioramento delle altre forme di forza. In questo contesto non è sbagliato per un atleta di resistenza sviluppare anche altre forme di forza. Tuttavia, quando si parla di resistenza vale la pena di prendere in considerazione anche la componente cardiovascolare, in quanto fattore

essenziale nello sviluppo di tutte le tipologie di resistenza. Nel corso di allenamento con pedana vibrante, la circolazione risulta significativamente accresciuta dal cosiddetto “effetto pumping”. Questo è quando l’ area circostante i vasi sanguigni (es. all’ interno dei muscoli) si espande comprimendoli, e successivamente i vasi tornano alla loro posizione originale con un effetto di vuoto al loro interno: tale effetto fa affluire una maggiore quantità di sangue fresco attraverso i vasi. Una ricerca ha dimostrato che ciò realizza un aumento della circolazione sanguigna nei muscoli di circa il 30% (27).

Durante un metodo d’allenamento classico se un muscolo è in tensione, la circolazione tende a diminuire: questo fenomeno di vasocostrizione è causato dall’aumento temporaneo della massa muscolare che a sua volta restringe i vasi; se gli stessi esercizi vengono eseguiti su una pedana vibrante, la circolazione sanguigna nei muscoli e nella pelle aumenta considerevolmente. Questo è un caso unico in quanto, normalmente, aumenta o la circolazione nei muscoli o la circolazione cutanea, ma mai entrambe insieme. Anche gli esercizi di massaggio hanno un effetto positivo sulla circolazione sanguigna. Infatti, durante esercizi intensivi di massaggio (a 50 Hz) la quantità di sangue che fluisce per 100 gr di tessuto può raggiungere anche i 60 ml, rispetto ai 4 ml che si hanno in condizioni di riposo (28). Si tratta di un aumento enorme, che influisce positivamente sul recupero, grazie alla possibilità di trasportare

una maggior quantità di sostanze necessarie per il ripristino delle funzioni muscolari. In conclusione il vibration training è di grande aiuto anche nelle fasi di recupero dopo un pesante allenamento di resistenza: con il training di recupero si possono effettuare più sessioni di allenamento nell'arco di una settimana (29).

### **2.2.3 Sviluppo della flessibilità**

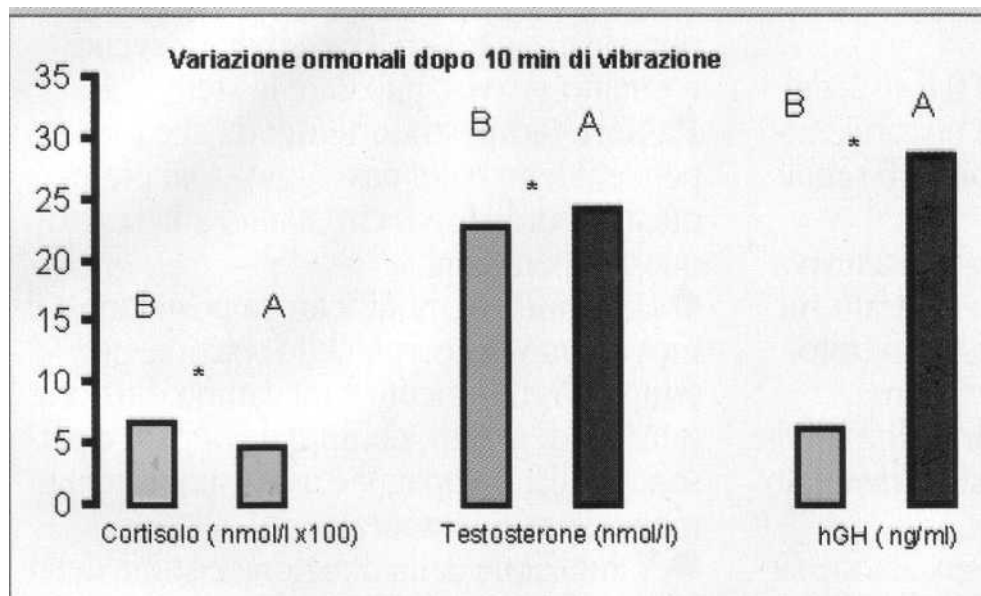
Elasticità o flessibilità indicano la misura in cui un'articolazione è in grado di muoversi. La flessibilità di un articolazione può essere limitata da diverse strutture, ad esempio i legamenti muscolari o talvolta il grasso corporeo. In molti casi i muscoli sono il fattore limitante; se un agonista è attivo e contratto, il suo antagonista è allungato: l'antagonista può solo allungarsi al massimo della sua lunghezza e questo rappresenta quindi un fattore limitante per la flessibilità. Il motivo per cui il vibro training può migliorare l'elasticità ha una spiegazione neurologica. La vibrazione produce un riflesso che ha origine nell'organo tendineo del Golgi (riflesso miotattico inverso). Questi recettori, situati a livello della giunzione muscolo-tendinea, svolgono un'azione protettiva per cui, in presenza di un importante aumento di tensione (come nel caso di uno stimolo vibrante su pedana), una volta stimolati inibiscono l'azione riflessa del muscolo (riflesso miotattico); questo significa che il sistema nervoso

periferico è continuamente impegnato a trasmettere segnali. Ciò che, di fatto, accade è che a causa dello stress neurologico il sistema nervoso è troppo impegnato a coordinare i movimenti per cui non registra gli stimoli dolorosi nella misura in cui lo farebbe in condizioni normali.

Questo significa che è più facile oltrepassare i limiti fisici. Disattivando la funzione di segnalazione, o quanto meno riducendola, è più facile che si determini un sovraccarico e che i muscoli si allunghino: in tal modo, aumenta la flessibilità delle articolazioni. Nelle ricerche di Issurin è emerso un aumento della flessibilità di circa 15 cm mediante gli esercizi di allungamento in combinazione col vibration training (25).

#### **2.2.4 Adattamenti ormonali e metabolici.**

In uno studio italiano è stata studiata la secrezione ormonale dopo vibration training: quattordici uomini hanno eseguito 10 esercizi statici per 60 secondi su una pedana vibrante con una pausa di altri 60 secondi tra una sessione e l'altra; dopo 5 ripetizioni, ai partecipanti sono stati concessi 6 minuti di sosta: al termine di questi esercizi è stata registrata una forte crescita della concentrazione plasmatica di GH e di testosterone, con diminuzione del cortisolo (30).



**Figura 4 .** Concentrazione di T, GH e C prima (B) e dopo (A) dieci minuti di vibrazioni (30).

Il vibration training determina un effetto positivo sul metabolismo basale in modo più duraturo e incisivo rispetto ai tradizionali metodi di cardio training. Infatti, risulta ormai approvato che la combustione dei grassi aumenta se si effettua un cardio training per più di venti minuti consecutivi (22). Tuttavia quando la sessione di training termina anche l'ossidazione degli acidi grassi si arresta quasi immediatamente; di conseguenza, il metabolismo basale tornerà approssimativamente ai livelli precedenti. Attraverso l'allenamento su pedana vibrante invece, la combustione degli acidi grassi aumenta anche nelle fasi di riposo grazie all'intensa attività muscolare che si verifica durante l'allenamento. Queste sostanze energetiche passano quindi più facilmente nel sangue, contemporaneamente aumenta anche la circolazione sanguigna che

rende più rapido sia il trasporto di tali sostanze agli organi destinatari che l'eliminazione delle scorie.

E' stato condotto uno studio sugli effetti delle tecniche di vibration training sul metabolismo: per sei settimane, sei persone del gruppo di studio sono state fatte allenare alla pedana vibrante mentre sette con i metodi tradizionali. Le valutazioni hanno evidenziato che il metabolismo basale, cioè la velocità con cui l'organismo consuma calorie a riposo, era diminuito nel gruppo di riferimento, mentre era aumentato in quello trattato con vibration training, ad indicare che il vibration training ha un effetto positivo sulla combustione dei grassi, purché ad esso si associ una dieta adeguata (31).

## **Scopo del lavoro**

Lo scopo di questa ricerca è stata quella di studiare gli effetti indotti dalle vibrazioni sulla composizione corporea e sulle prestazioni di forza esplosiva, esplosivo-elastica e resistenza alla forza veloce, rispetto ai comuni metodi di allenamento utilizzati per lo sviluppo della forza esplosiva nel calcio, in un gruppo di atleti adulti amatoriali.

## **Materiali e metodi**

### *Soggetti*

Alla realizzazione della ricerca hanno partecipato dieci soggetti appartenenti ad una squadra di calcio (Palestra Good), militante nel campionato amatoriale di promozione. La scelta di tali soggetti è stata orientata sia in base alla disponibilità degli stessi a seguire il protocollo di lavoro, ma anche sulla base della loro preparazione fisica di basso livello; fattore tenuto in considerazione come facilitante al conseguimento di eventuali risultati positivi. I soggetti, presentatisi in buone condizioni di salute per tutto il periodo della ricerca, sono stati suddivisi in due gruppi il più possibile omogenei: cinque soggetti hanno seguito il protocollo di lavoro impostato su pedana vibrante (Gruppo Pedana), mentre agli altri cinque è stato attribuito un tradizionale programma di allenamento di forza esplosiva eseguito sul campo (Gruppo Controllo).

I dati antropometrici dei soggetti sono stati raccolti prima dell'inizio dello studio e nella tabella sottostante, sono esposti i valori medi delle caratteristiche di età, altezza e peso suddivisi per gruppi rilevati nei test d'ingresso.

<b>Tabella dati antropometrici</b>		
<b><i>Caratteristiche medie</i></b>	<b><i>Gruppo Pedana</i></b>	<b><i>Gruppo Controllo</i></b>
<b><i>Età</i></b>	<b><math>29,2 \pm 5,07</math></b>	<b><math>29 \pm 5,48</math></b>
<b><i>Altezza (cm)</i></b>	<b><math>179 \pm 2,64</math></b>	<b><math>177,8 \pm 4,15</math></b>
<b><i>Peso (kg)</i></b>	<b><math>70,4 \pm 5,03</math></b>	<b><math>75,4 \pm 9,37</math></b>

Tutti gli atleti che hanno preso parte al protocollo di ricerca erano stati preventivamente informati sullo scopo della ricerca e sui rischi ad essa connessi.

Per quanto riguarda i protocolli di lavoro dei due gruppi, come accennato sopra, sono state pianificate delle esercitazioni, sia sul campo che su pedana, specifiche per lo sviluppo della forza esplosiva. Tali esercitazioni sono state articolate in sei sedute di allenamento, per la durata complessiva di sei settimane, in cui i soggetti sono stati impegnati, una volta a settimana, allo svolgimento del protocollo assegnato.

Questa suddivisione temporale si è resa necessaria sia a causa degli impegni agonistici che la squadra presa in esame era tenuta a seguire, dato che la ricerca è stata svolta in piena fase di campionato, ma anche per il notevole carico fisiologico determinato dalle esercitazioni di forza (in particolar modo quelle su pedana). Gli atleti hanno seguito i due protocolli di lavoro, senza particolari problemi, tenendo in considerazione

comunque le gare settimanali e gli eventuali infortuni di lieve entità (contusioni, affaticamenti muscolari).

La tabella successiva mostra la suddivisione del programma di allenamento nei due gruppi:

<b>Tabella “ Suddivisione del programma di allenamento”</b>		
<b>Numero delle sedute</b>	<b>Tipologia di allenamento proposta</b>	
	<b>Gruppo Pedana</b>	<b>Gruppo Controllo</b>
<b>Seduta 1</b>	30” x 5 (1’ rec.) 30 hz	Squat 10 rip. + 40 balzi: 5x4 cmjl 30” rec. , 5x4 balzi con ostacoli 30” rec.
<b>Seduta 2</b>	30” x 6 (1’ rec.) 30 hz	Squat 10 rip. + 42 balzi: 5x4 cmjl 30” rec. , 5x2 balzi con ostacoli 30” rec. , 4 rip. Triplo ( 20” rec.)
<b>Seduta 3</b>	40” x 5 (1’ rec.) 30 hz	Squat 10 rip.x 2 + 46 balzi: 5x4 cmjl 30” rec. , 5x4 balzi con ostacoli 30” rec., 2 rip. triplo( 20” rec.)
<b>Seduta 4</b>	40“ x 6 (1’ rec.)30 hz	Squat 10 rip.x 2 + 52 balzi: 5x4 cmjl 30” rec. , 5x4 balzi con ostacoli 30” rec., 4 rip. triplo( 20” rec.)
<b>Seduta 5</b>	50” x5 (1’ rec.) 30hz	Squat 10 rip.x 3 +60 balzi: 5x6 cmjl 30” rec. , 5x6 balzi con ostacoli 30” rec.,
<b>Seduta 6</b>	50” x 6 (1’ rec.) 30hz	Squat 10 rip.x 3 + 66 balzi: 5x6 cmjl 30” rec. , 5x6 balzi con ostacoli 30” rec., 2 rip. triplo( 20” rec.)

Il Gruppo Pedana ha seguito le sessioni di allenamento su pedana vibrante in posizione di semi-squat, in modo tale da simulare un'esercitazione di forza esplosiva eseguita mediante esercizi di pliometria, in maniera del tutto analoga ad una serie di balzi e salti.



La tipologia di esercizi proposta al Gruppo di Controllo invece, è stata formulata seguendo le tradizionali metodologie di allenamento di forza esplosiva applicate al calcio. Quindi sono stati proposti esercizi di squat, di CMJL sul posto, di multibalzi tra ostacoli alti 20 cm e di salti tripli.

## *Analisi B.I.A. (Bioelectric Impedance Analysis)*

(32)



Abbiamo anche eseguito l'analisi della composizione corporea dei soggetti all'inizio dell'esperienza e per tali rilevazioni è stata utilizzata la bioimpedenziometria (B.I.A.).

Questa tecnica è stata scelta sia per la rapidità e la non invasività della procedura, ma anche per la semplicità di esecuzione. Infatti, il computer, misura la resistenza ( $R$ ) offerta al passaggio di una corrente elettrica alternata a bassa intensità (800 microA), a una data frequenza (50 Kilohertz) e la reattanza ( $X_c$ ) espressione del corpo a comportarsi come un sistema elettrico a capacitanza (condensatore), nei confronti della corrente stessa.

Il modello teorico della BIA presuppone che  $R$  sia in funzione della quantità totale di acqua nel corpo ( $TBW = \text{Total Body Water}$ ) e degli

elettroliti in essa disciolti. Bisogna però considerare che l'acqua totale è il maggior componente dell'organismo; la sua corretta determinazione, in percentuale ed in litri, costituisce la base per stimare i parametri di forma fisica. I valori ottimali di riferimento variano in funzione dell'età e del sesso. Per quanto riguarda la massa magra o meglio "la massa priva di grasso" (FFM= Fat Free Mass), i valori rilevati dalla B.I.A. convenzionale sono attendibili solo in caso di soggetti normoidratati. In caso di individui disidratati, ad esempio, poiché l'apparecchio rileva l'acqua, trovandone in quantità minore stimerà per difetto la FFM; nel caso di iperidratazione avverrà esattamente l'opposto. È opportuno ricordare che nello sportivo sarà più probabile trovare una disidratazione più o meno evidente rispetto al sedentario. La massa grassa (FM= Fat Mass) isolante dal punto di vista elettrico si ricava per sottrazione dal peso corporeo una volta individuato il peso della FFM. Questo però si verifica in un certo range ponderale e nutrizionale nel quale "la parte magra" (stroma, componente alipidica degli adipociti stessi) del tessuto adiposo è quantitativamente trascurabile.

L'esecuzione del test B.I.A. non necessita di nessuna preparazione in particolare, anche se per ottenere un risultato il più possibile accurato sarebbe consigliabile il digiuno, non bere da almeno quattro ore, lo svuotamento della vescica subito prima dell'esame e non avere svolto attività fisica intensa nelle ore precedenti. Dopo aver registrato i dati

anagrafici e antropometrici del soggetto, lo si fa stendere il soggetto a piedi nudi e si applicano gli elettrodi al piede e alla mano, viene poi inviata la corrente a bassa intensità e l'impedenziometro invia al computer collegato i dati acquisiti.

I valori presi in esame sono stati quelli di massa magra ( FFM), massa muscolare (MM), massa grassa (FM) e acqua totale (TWB).

### *Test di valutazione della forza esplosiva*

Per la valutazione delle qualità specifiche della forza-esplosiva, esplosivo-elastica ed elastico riflessa dei muscoli estensori degli arti inferiori, sono stati utilizzati una serie di test specifici ideati dal prof. Bosco (2, 9,13):

- SJ-L (Squat Jump Libero): Dalla posizione di  $\frac{1}{2}$  squat si estendono gli arti inferiori (con l'angolo al ginocchio di 90 gradi circa), senza effettuare un contromovimento; allo stesso tempo si esegue un movimento coordinato delle braccia per dietro-basso-avanti che facilitano la spinta verso l' alto del corpo. L' esecuzione pratica dello SJ risulta difficile, poiché non è semplice isolare il solo movimento di contrazione. Per questo motivo, nella pratica del campo, si cerca con qualche espediente di ridurre al minimo il rischio di effettuare un preventivo

molleggio. Si può sistemare ad esempio, uno spessore di circa 3 centimetri sotto il tallone, per favorire l' appoggio completo del piede; inoltre, il tecnico, quando l'atleta ha le gambe piegate a 90 gradi, può con una mano esercitare una leggera pressione sulla sua spalla. La tensione esercitata negli arti inferiori, in risposta all'azione dell'allenatore, costituisce il presupposto per un immediato balzo verso l'alto che, con buona approssimazione, viene così effettuato correttamente. Il risultato del test, espresso in centimetri di altezza raggiunti dal baricentro dell' atleta, fornisce indicazioni sulla capacità di generare forza esplosiva. Bisogna precisare che la scelta di questa variante(movimento con braccia libere), che si discosta dal tradizionale SJ, è stata presa in considerazione in quanto funzionale alla tipologia di esercitazioni effettuate sia su pedana che sul campo. Di questo test sono stati valutati i parametri di altezza (in cm) e il tempo di volo (in msec.).



- *CMJ-L (Counter Movement Jump Libero)*: Salto verticale con contromovimento ed oscillazione coordinata delle braccia per dietro-basso-avanti. Per effettuare il balzo, l'atleta prima piega gli arti inferiori, fino a raggiungere un angolo al ginocchio di 90 gradi, ed immediatamente dopo li distende di nuovo, per raggiungere il massimo dell' altezza possibile. Durante l'esecuzione del balzo, il busto deve

rimanere il più eretto possibile, per evitare ogni influenza sugli arti inferiori. Questo test misura l'espressione esplosivo-elastico-riflessa della forza, prevalentemente dei muscoli della coscia. L'oscillazione delle braccia, nel suo movimento verso il basso, tende a rafforzare il momento recessivo della contrazione eccentrica nel momento del cambiamento di segno del movimento. Da questo e dalla coordinazione nella quale avviene la combinazione dei movimenti, si ottiene il "surplus" di elevazione che in questo test si rileva, rispetto al tradizionale CMJ. Di questo test sono stati valutati i parametri di altezza (in cm) e il tempo di volo (in msec.).

- *R15 (15 Ripetizioni):* Si effettuano 15 balzi massimali continui, cercando di piegare prima di ogni salto le gambe fino ad un'apertura di circa 90 gradi (si tratta praticamente della stessa tecnica del CMJL); da tale prova si ricava la potenza meccanica oltre ai parametri di reattività e di resistenza alla forza esplosiva elastica. Di questo test sono stati valutati i parametri di altezza (in cm), il tempo di volo (in msec.), il tempo di contatto (in msec.) e la potenza meccanica (in W/Kg).

La rilevazione dei dati è stata eseguita utilizzando una pedana a conduttanza (pedana di Bosco) connessa ad un computer. Questo dispositivo rileva i dati relativi alla sequenza dei salti eseguiti dagli atleti, i

quali vengono decodificati da uno specifico software memorizzato nel microprocessore del computer. I valori calcolati dalla pedana sono relativi ai tempi di contatto e di volo in millisecondi, alle altezze in centimetri e alla potenza in Watt.



## *Modalità di esecuzione dei test*

I test sono stati eseguiti in due sessioni:

- TEST D' INGRESSO: svolti in data 15.01.08, per la valutazione iniziale degli atleti
- TEST D' USCITA: svolti in data 27.02.08, per la valutazione finale degli atleti.

Il test B.I.A. è stato eseguito una volta per ciascuna sessione rispettando le modalità precedentemente trattate.

I test su pedana di Bosco (SJL,CMJL,R15) sono stati invece eseguiti secondo i seguenti criteri:

- I test SJL e CMJL, sono stati ripetuti tre volte ciascuno in entrambe le sessioni, convalidando il risultato migliore. I soggetti hanno eseguito ciascuna prova a circuito; in caso di irregolarità nell'esecuzione del test, quest'ultimo è stato considerato nullo, quindi come se non eseguito.
- Il test R15 è stato ripetuto due volte per sessione seguendo le stesse modalità dei test precedenti.

## Risultati

I risultati del nostro lavoro hanno evidenziato un comportamento simile nei due gruppi per i parametri esplorati dal test BIA, mentre abbiamo osservato numerose differenze nei test di salto.

Per quanto riguarda il test BIA, le tabelle e i grafici riportate in questo paragrafo riportano i valori dei test d'entrata e d'uscita rilevati durante la ricerca nei due gruppi. I valori medi di massa magra (FFM, Kg), di massa muscolare (MM%), di massa grassa (FM%) e di acqua totale (TWB%) dei due gruppi rilevati nel test d'ingresso non presentano differenze significative, come mostrato nelle tabelle sottostanti.

## TEST B.I.A.

<b>TAB. 1a – TEST B.I.A. “medie” Gruppo Pedana</b>				
<b>Calciatori</b>	<b>FFM [Kg]</b>	<b>MM %</b>	<b>FM %</b>	<b>TWB %</b>
<b>TEST D'INGRESSO</b>				
<b>N.N.</b>	59,6	51,3	17,3	58,3
<b>R.F.</b>	58,5	60,3	7,1	66,5
<b>R.C.</b>	61,1	46,7	19,6	56,5
<b>M.T.</b>	59,7	53,3	12,2	62,5
<b>A.F.</b>	62,2	53	14,8	61,2
<b>MEDIA</b>	60,22	52,92	14,2	61
<b>DEV. STANDA RD</b>	1,44	4,89	4,83	3,87
<b>TEST D'USCITA</b>				
<b>N.N.</b>	59,6	51,6	16,9	59
<b>R.F.</b>	58,7	60,5	7	66,5
<b>R.C.</b>	61,2	46,7	19,4	56,8
<b>M.T.</b>	59,6	53	12,5	62,2
<b>A.F.</b>	62,2	53,4	14,5	61,1
<b>MEDIA</b>	60,26	53,04	14,06	61,12
<b>DEV. STANDA RD</b>	1,40	4,95	4,71	3,65

<b>TAB. 1b – TEST B.I.A. “medie” Gruppo Controllo</b>				
<b>Calciatori</b>	<b>FFM [Kg]</b>	<b>MM %</b>	<b>FM %</b>	<b>TWB %</b>
<b>TEST D'INGRESSO</b>				
<b>F.S.</b>	70,5	45,1	21,7	56,6
<b>A.M.</b>	58,1	56,1	9,2	64,9
<b>F.R.</b>	62,4	49,1	15,6	60,1
<b>S.M.</b>	63,7	49	16,2	60,4
<b>D.B.</b>	59,9	45,9	17,9	57,9
<b>MEDIA</b>	62,92	49,04	16,12	59,98
<b>DEV. STANDA RD</b>	4,76	4,33	4,54	3,16
<b>TEST D'USCITA</b>				
<b>F.S.</b>	70,3	46,3	21	57,2
<b>A.M.</b>	57,7	55,2	9,8	64,3
<b>F.R.</b>	62,6	47,9	16,6	59,4
<b>S.M.</b>	63,2	49,3	15,7	60,8
<b>D.B.</b>	59,9	45,9	17,9	57,9
<b>MEDIA</b>	62,74	48,92	16,2	59,92
<b>DEV. STANDA RD</b>	4,76	3,76	4,10	2,81

I grafici sottostanti mostrano i confronti fra i valori medi dei vari parametri ottenuti nei test di ingresso e in quelli di uscita.

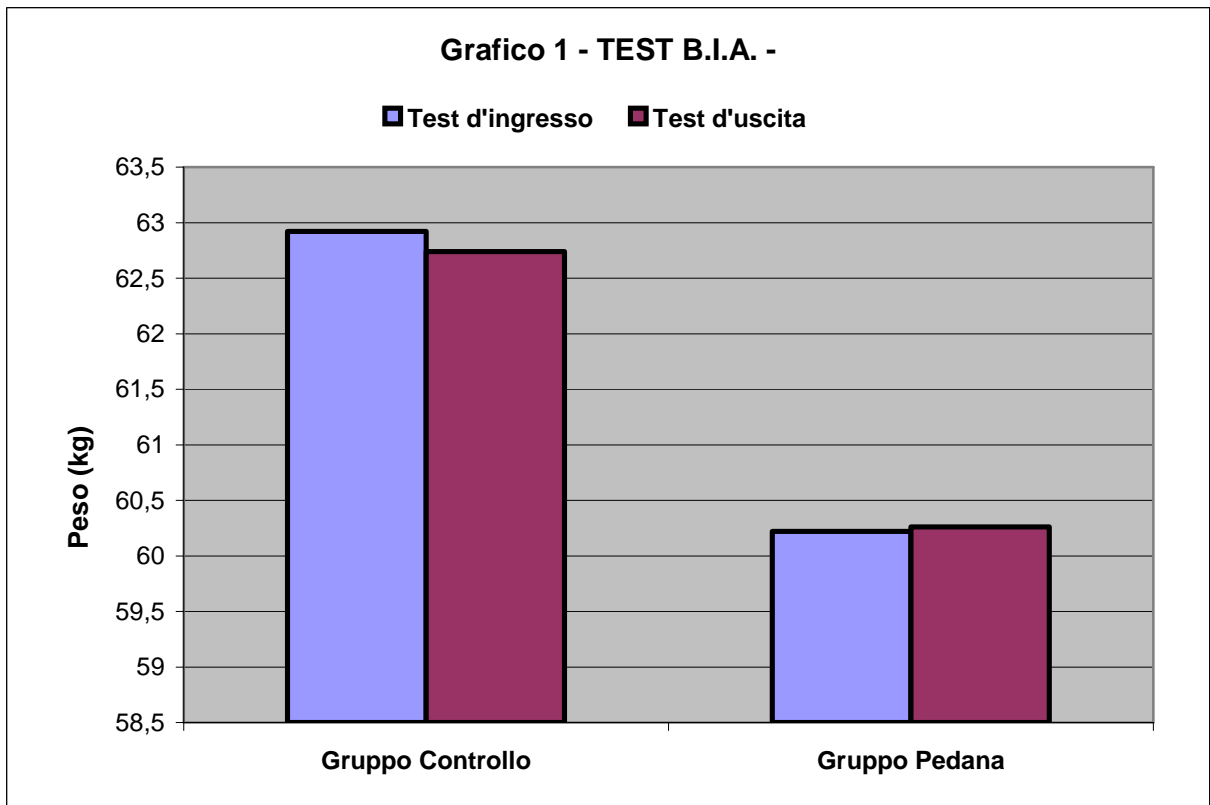


Grafico 1: Valori della FFM media, rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi.

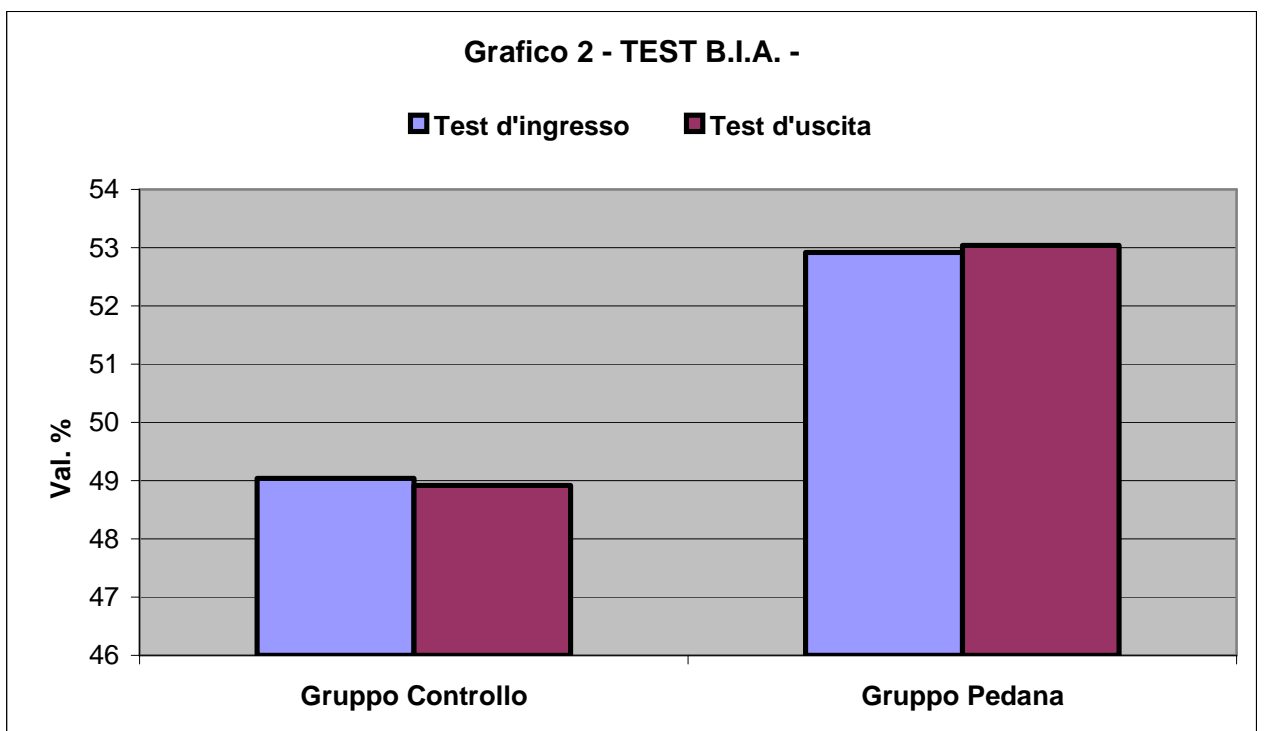


Grafico 2: Valori della MM% media, rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi.

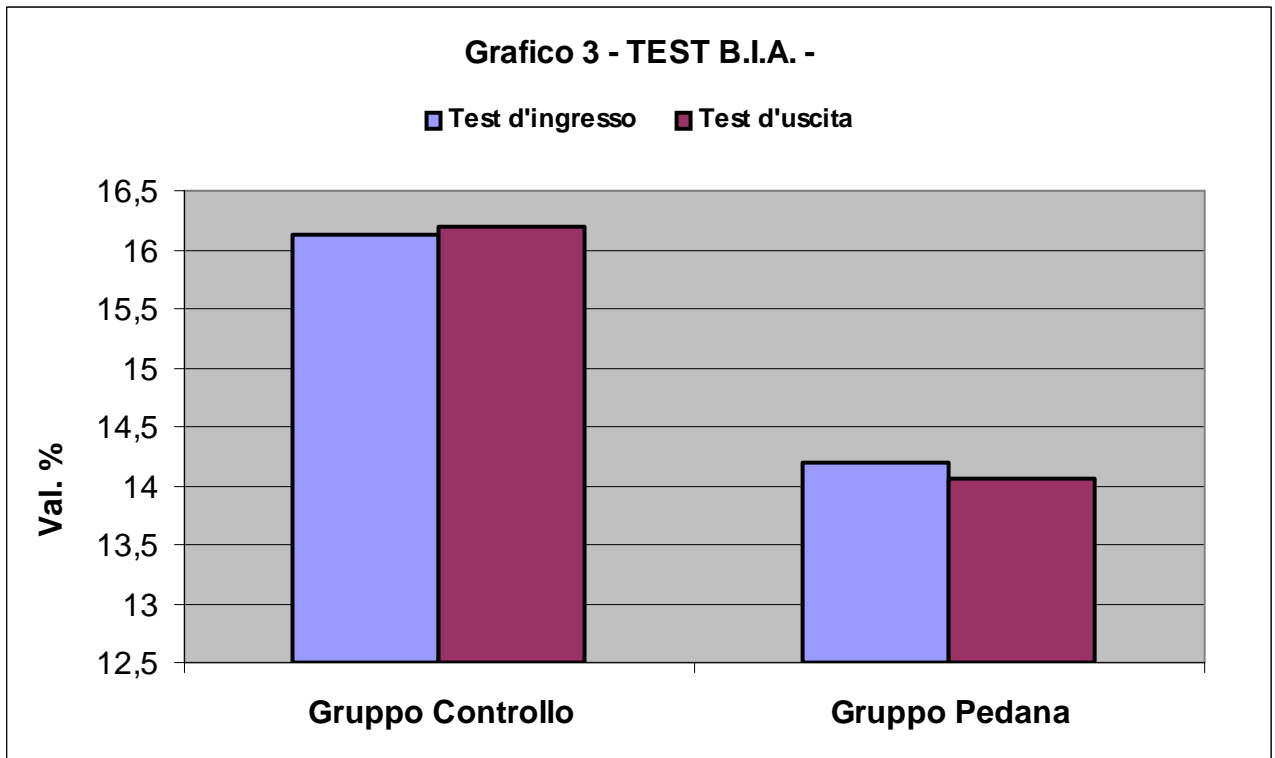


Grafico 3. Valori della FM% media, rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi.

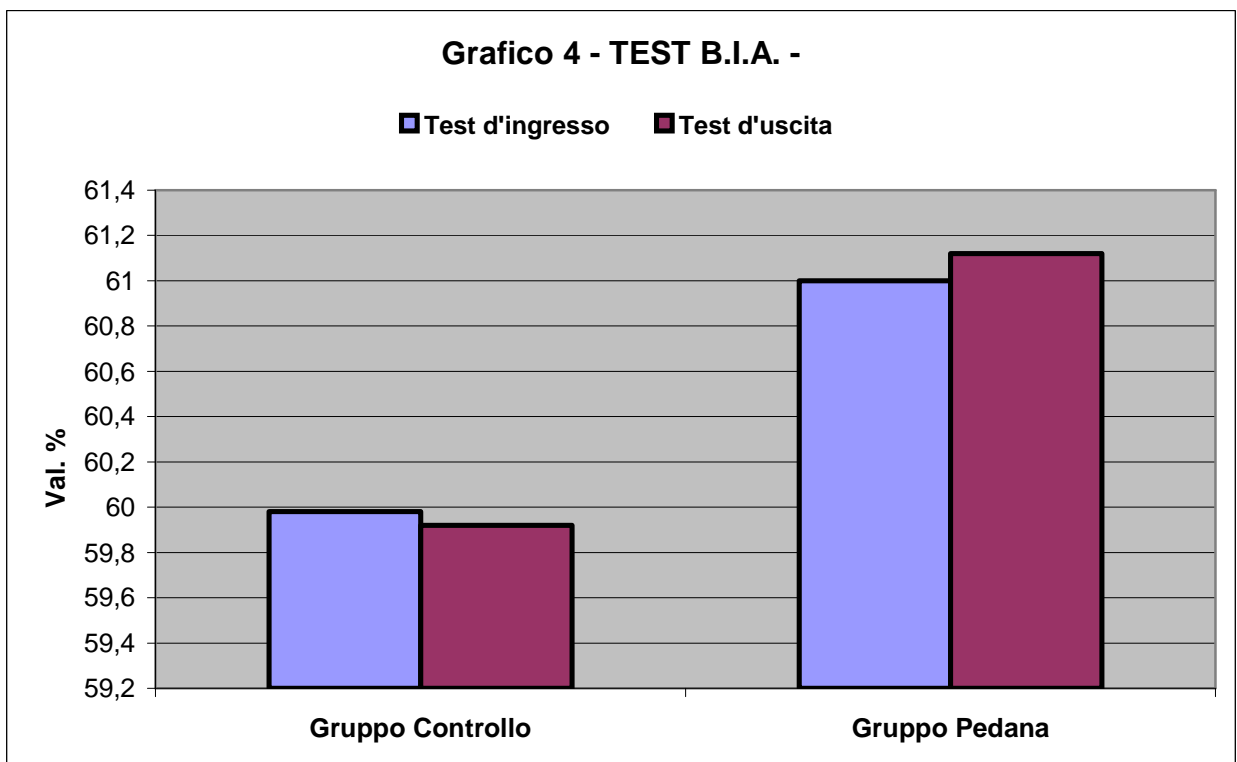


Grafico 4. Valori della TWB% media, rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi.

Per quanto riguarda poi le valutazioni dei test di salto, le tabelle e i grafici mostrano i risultati ottenuti nei due gruppi nelle due sessioni di test.

Prendendo in considerazione lo *squat jump* (SJ-L), le tabelle sottostanti mostrano che il confronto fra le altezze medie dei due gruppi rilevate nelle due sessioni di test non presentavano differenze significative.

## SJ – L TEST

TAB.2a – TEST SJ – L “Medie” Gruppo Pedana				
Calciatori	TEST D’INGRESSO		TEST D’USCITA	
	T.volo [msec]	Altezza [cm]	T.volo [msec]	Altezza [cm]
N.N.	604	44,7	618	46,8
R.F.	612	45,9	626	48
R.C.	557	38	552	37,4
M.T.	485	28,8	500	30,7
A.F.	508	31,6	529	34,3
MEDIA	553,2	37,8	565	39,44
DEV. STANDAR D	56,45	7,62	55,27	7,65

TAB.2b – TEST SJ – L “Medie” Gruppo Controllo				
Calciatori	TEST D’INGRESSO		TEST D’USCITA	
	T.volo [msec]	Altezza [cm]	T.volo [msec]	Altezza [cm]
F.S.	483	28,6	487	29,1
A.M.	616	46,5	608	45,3
F.R.	533	34,8	536	35,6
S.M.	523	33,5	535	35,1
D.B.	559	38,3	573	40,3
MEDIA	542,8	36,34	547,8	37,08
DEV. STANDAR D	49,20	6,65	45,43	6,07

Il Grafico 5 riporta i valori di altezza media in cm. del SJ-L, rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi con il confronto statistico.

Dal confronto dei risultati è emerso un significativo miglioramento dell'altezza media raggiunta dal Gruppo Pedana, mentre il progresso del Gruppo Controllo non è risultato significativo.

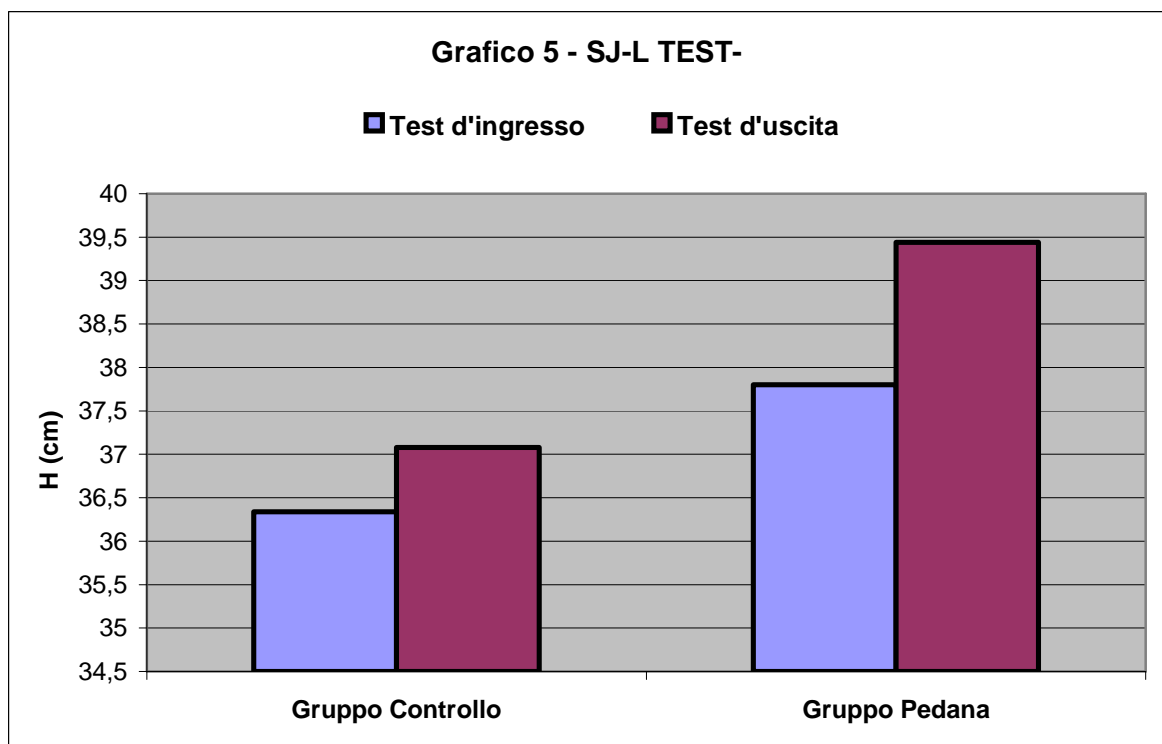


Grafico 5. Comportamento dei valori medi delle altezze di salto con SJL nei due gruppi. Analisi statistica: test t di Student per dati appaiati, Controllo n.s. Pedana  $p < 0,02$ .

Il Grafico 6 riporta i valori dei tempi di volo medi rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi con il confronto statistico.

L'analisi statistica mostra, in analogia con i parametri delle altezze medie, un miglioramento significativo del tempo di volo medio del Gruppo Pedana; al contrario nel Gruppo Controllo non è stato rilevato un miglioramento statisticamente significativo.

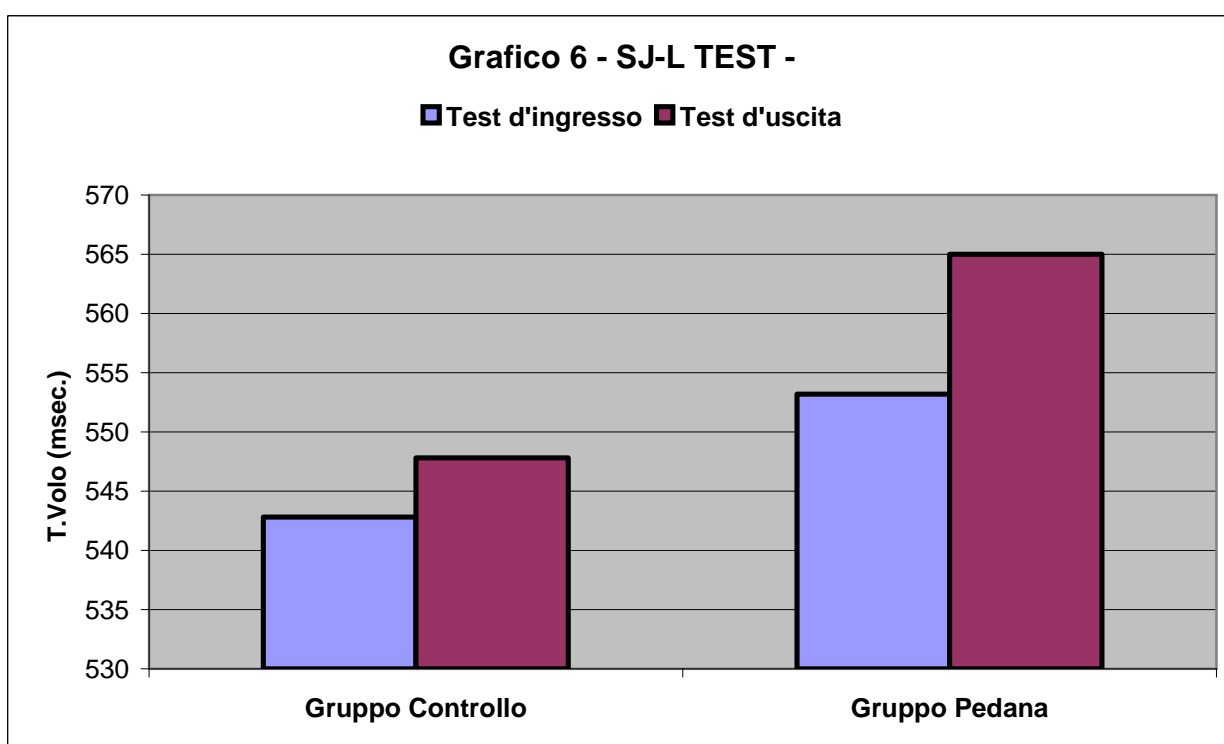


Grafico 6. Comportamento dei valori medi dei tempi di volo nel test di salto SJL nei due gruppi. Analisi statistica: test t di Student per dati appaiati, Controllo n.s. Pedana  $p < 0,03$ .

Le tabelle sottostanti illustrano il comportamento dei parametri di altezza del salto e di tempo di volo del salto con contro-movimento (CMJL) nei due gruppi: non erano presenti differenze significative nel confronto fra i due gruppi, sia nei dati di ingresso che di uscita.

## CMJ – L TEST

TAB.3a – TEST CMJ – L “Medie” Gruppo Pedana					
Calciatori	TEST D’INGRESSO			TEST D’USCITA	
	T.volo [msec]	Altezza [cm]		T.volo [msec]	Altezza [cm]
N.N.	634	49,3		667	54,5
R.F.	649	51,6		671	55,2
R.C.	562	38,7		572	40,1
M.T.	507	31,5		524	33,7
A.F.	511	32		538	35,5
MEDIA	572,6	40,62		594,4	43,8
DEV. STANDAR D	66,74	9,44		70,31	10,35

TAB.3b – TEST CMJ – L “Medie” Gruppo Controllo					
Calciatori	TEST D’INGRESSO			TEST D’USCITA	
	T.volo [msec]	Altezza [cm]		T.volo [msec]	Altezza [cm]
F.S.	524	33,7		534	35
A.M.	660	53,4		655	52,6
F.R.	573	40,3		581	41,4
S.M.	542	36		562	38,7
D.B.	603	44,6		609	45,5
MEDIA	580,4	41,6		588,2	42,64
DEV. STANDAR D	53,75	7,80		46,28	6,76

Il Grafico 7 riporta i valori di altezza media rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi con il confronto statistico: il Gruppo Pedana ha mostrato un progresso significativo al contrario del Gruppo Controllo.

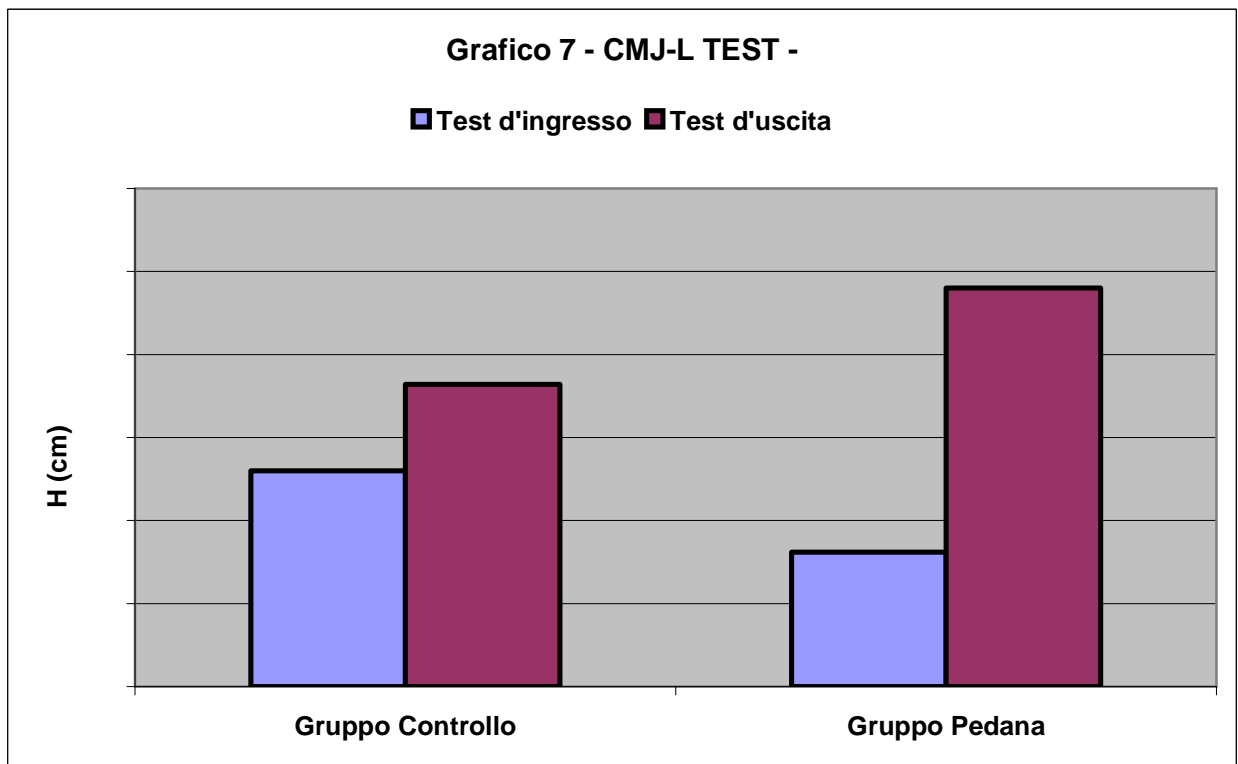


Grafico 7. Comportamento dei valori medi delle altezze medie rilevate nel test di salto CMJL nei due gruppi. Analisi statistica: test t di Student per dati appaiati, Controllo n.s. Pedana  $p < 0,004$

Il Grafico 8 riporta i valori dei tempi di volo medi del CMJ-L rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi: anche in questo caso è stato registrato un aumento significativo dei valori del Gruppo Pedana, mentre quelli del Gruppo Controllo non sono risultati significativi.

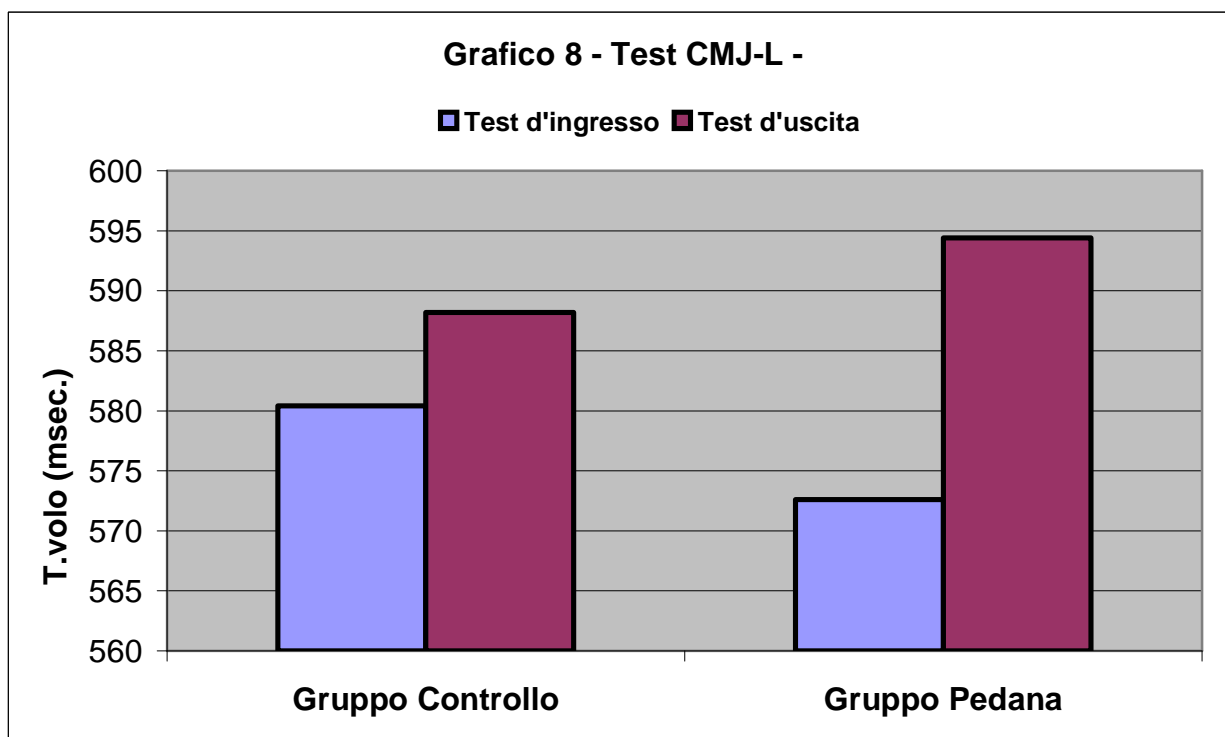


Grafico 8. Comportamento dei valori medi dei tempi di volo nel test di salto CMJL nei due gruppi. Analisi statistica: test t di Student per dati appaiati, Controllo n.s. Pedana  $p < 0,003$ .

Le tabelle sottostanti mostrano le medie dei parametri registrati nel *test di resistenza al salto* (R15): anche per tutti questi dati non si sono rilevate differenze significative nei confronti fra i due gruppi in entrambe le sessioni.

## R15 TEST

<b>TAB.4a – TEST R15 “medie” Gruppo Pedana</b>				
<b>Calciatori</b>	<b>T.volo [msec]</b>	<b>Altezza [cm]</b>	<b>T.cont. [msec]</b>	<b>Potenza [W/Kg]</b>
<b>TEST D'INGRESSO</b>				
<b>N.N.</b>	501	30,8	359	29
<b>R.F.</b>	553	38,4	416	31,4
<b>R.C.</b>	524	33,7	567	24,4
<b>M.T.</b>	447	24,5	265	29,6
<b>A.F.</b>	490	29,5	447	25,2
<b>MEDIA</b>	503	31,38	410,8	27,92
<b>DEV. STANDA RD</b>	39,52	5,14	111,44	2,99
<b>TEST D'USCITA</b>				
<b>N.N.</b>	568	39,6	367	35,1
<b>R.F.</b>	583	41,8	386	35,5
<b>R.C.</b>	528	34,2	501	26,2
<b>M.T.</b>	466	26,6	270	30,8
<b>A.F.</b>	501	30,9	396	27,4
<b>MEDIA</b>	529,2	34,62	384	31
<b>DEV. STANDA RD</b>	47,93	6,21	82,34	4,27

<b>TAB.4b – TEST R15 “medie” Gruppo Controllo</b>				
<b>Calciatori</b>	<b>T.volo [msec]</b>	<b>Altezza [cm]</b>	<b>T.cont. [msec]</b>	<b>Potenza [W/Kg]</b>
<b>TEST D'INGRESSO</b>				
<b>F.S.</b>	425	22,6	503	19,3
<b>A.M.</b>	569	40,2	395	33,9
<b>F.R.</b>	519	33,9	279	38,8
<b>S.M.</b>	473	27,6	444	23,8
<b>D.B.</b>	528	34,3	375	30,6
<b>MEDIA</b>	502,8	31,72	399,2	29,28
<b>DEV. STANDA RD</b>	55,27	6,77	83,41	7,79
<b>TEST D'USCITA</b>				
<b>F.S.</b>	444	24,2	461	21,1
<b>A.M.</b>	566	39,3	338	36,6
<b>F.R.</b>	506	31,6	256	37,2
<b>S.M.</b>	487	29,1	465	24
<b>D.B.</b>	509	31,8	314	32,3
<b>MEDIA</b>	502,4	31,2	366,8	30,24
<b>DEV. STANDA RD</b>	44,01	5,46	92,75	7,34

Il Grafico 9 riporta i valori di altezza media rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi con il confronto statistico: dal confronto dei risultati è emerso un significativo miglioramento dell' altezza media raggiunta dal Gruppo Pedana, mentre il progresso del Gruppo Controllo non è risultato significativo.

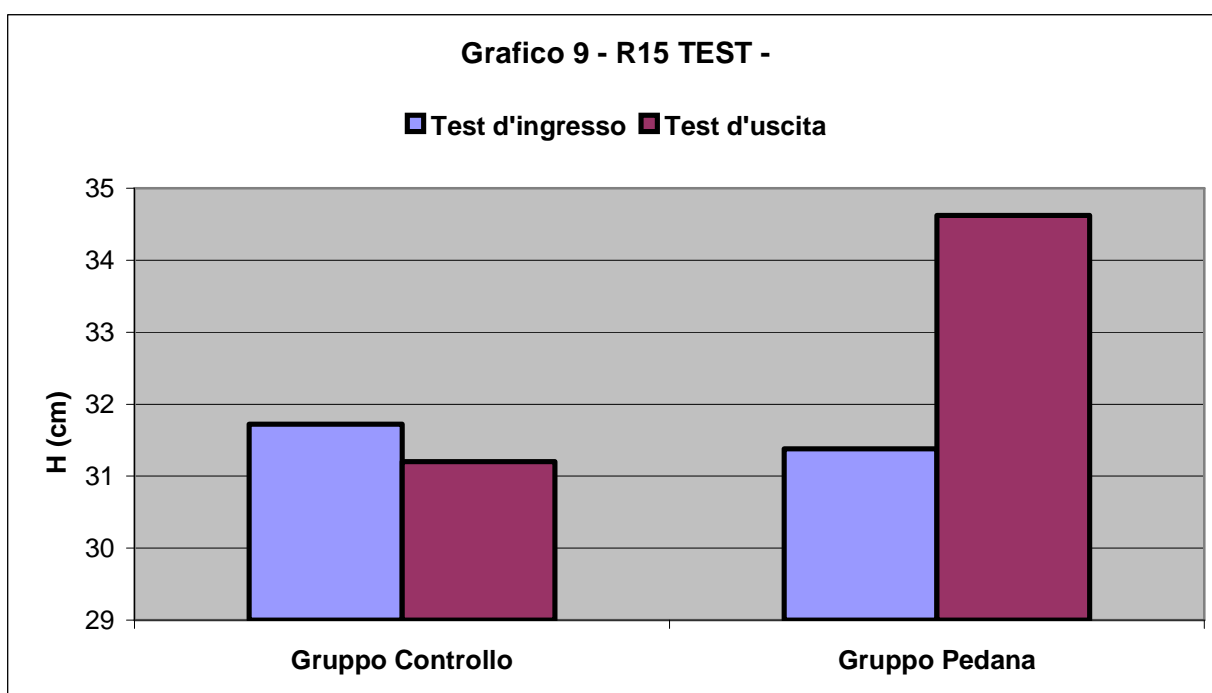


Grafico 9. Comportamento dei valori medi delle altezze rilevate nei test di salto R15 nei due gruppi. Analisi statistica: test t di Student per dati appaiati, Controllo n.s. Pedana  $p < 0,05$ .

Il Grafico 10 riporta i valori dei tempi di volo medi rilevati nelle due sessioni di test dei due gruppi con il confronto statistico: i confronti mostrano un aumento significativo dei valori registrati nel Gruppo Pedana, mentre quelli del Gruppo Controllo non hanno evidenziato variazioni significative.

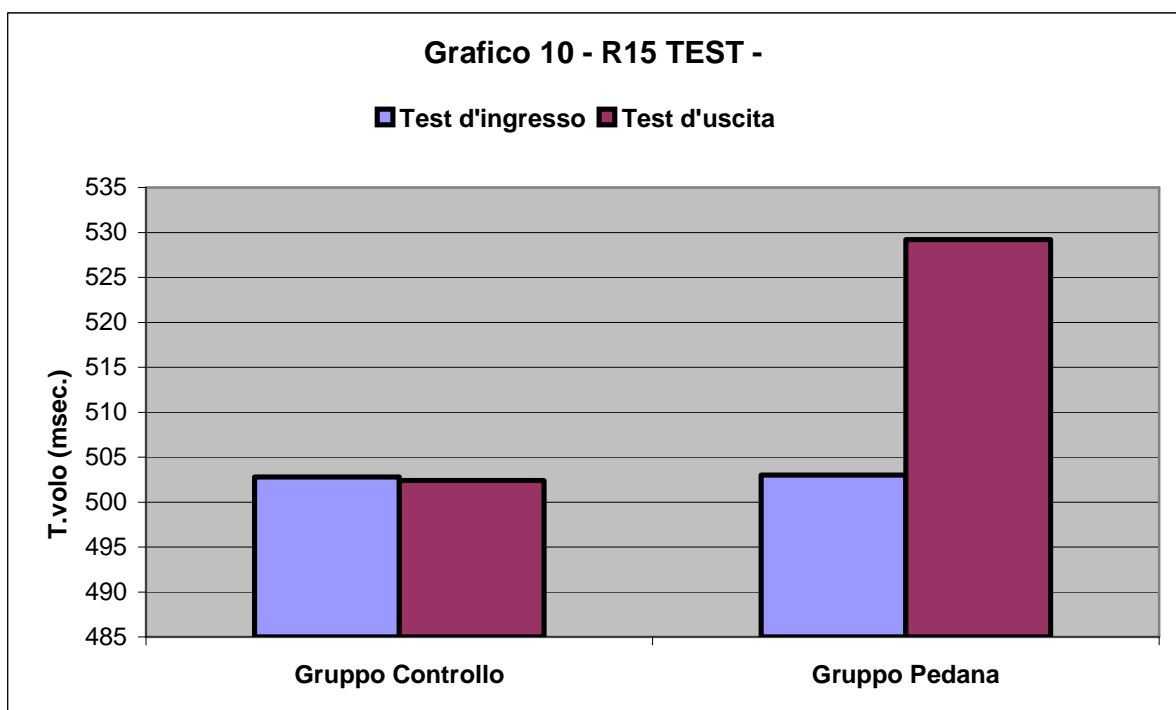


Grafico 10. Comportamento dei valori medi dei tempi di volo nel test di salto R15 nei due gruppi. Analisi statistica: test t di Student per dati appaiati, Controllo n.s. Pedana  $p < 0,04$

Il Grafico 11 riporta i valori dei tempi di contatto medi nei due gruppi: dai confronti è possibile identificare un decremento significativo dei valori del Gruppo Pedana, mentre quelli del Gruppo Controllo non hanno evidenziato un miglioramento significativo.

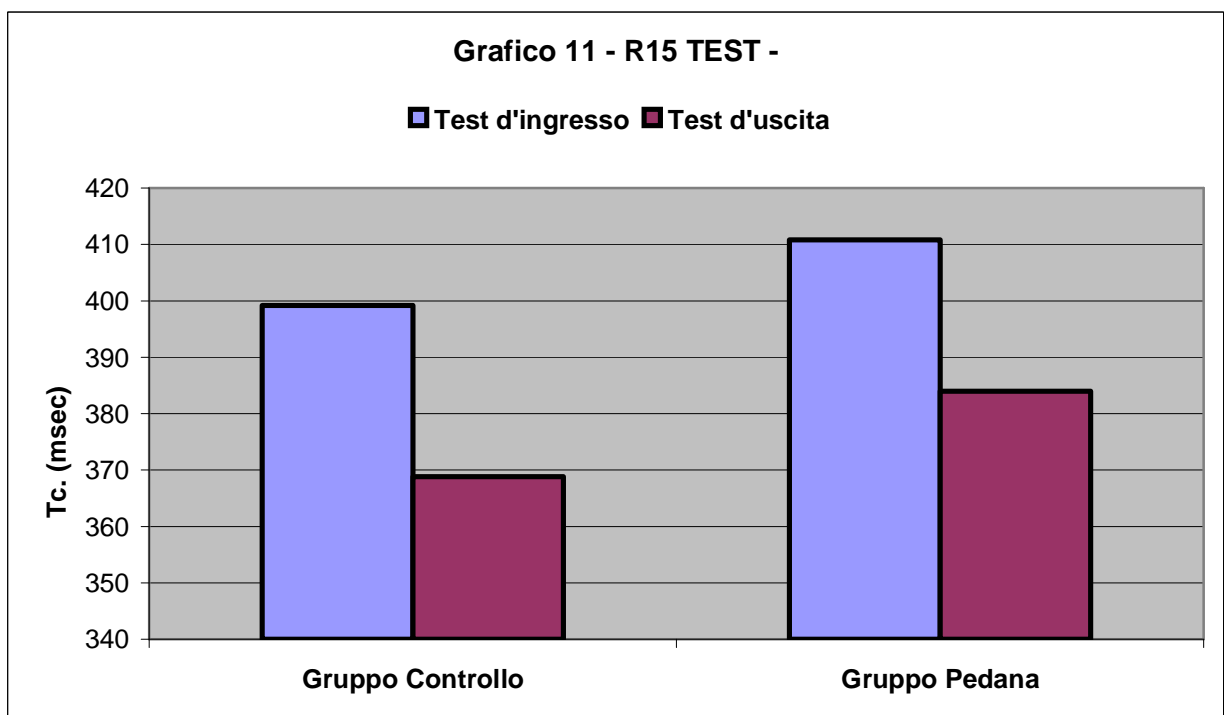


Grafico 11. Comportamento dei valori medi dei tempi di contatto nel test di salto R15 nei due gruppi. Analisi statistica: test t di Student per dati appaiati, Controllo n.s. Pedana  $p < 0,05$ .

Il Grafico 12 riporta i valori della potenza media nei due gruppi: dai risultati è emerso un significativo miglioramento nel Gruppo Pedana, mentre il progresso del Gruppo Controllo non è risultato significativo.

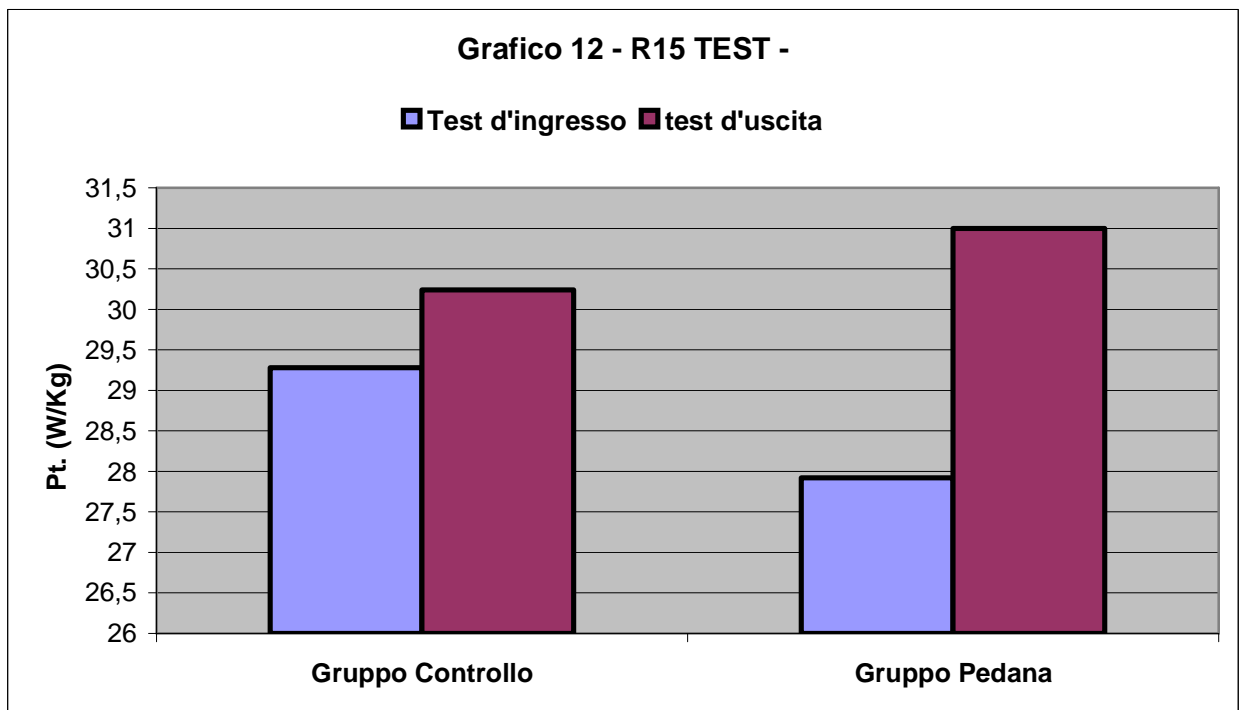


Grafico 12. Comportamento dei valori medi della potenza rilevati nel test di salto R15 nei due gruppi. Analisi statistica: test t di Student per dati appaiati, Controllo n.s. Pedana  $p < 0,01$ .

## Discussione

La forza esplosiva nel gioco del calcio si distingue come una componente essenziale, quale espressione di rapidità e reattività nell'esecuzione tecnica e atletica delle azioni di gioco: questa capacità può essere condizionata solo attraverso una metodica di allenamento che stimoli il più possibile la componente neuromuscolare a sviluppare elevate tensioni in tempi brevissimi (2,7,8).

In questa esperienza sono state utilizzate due metodiche di allenamento differenti, le cui finalità erano orientate prevalentemente allo sviluppo della forza esplosiva nei calciatori.

Nell'espone una valutazione coerente con la reale qualità della sperimentazione, occorre innanzitutto analizzare i possibili fattori, individuali ed ambientali, la cui influenza può essere stata più o meno significativa nel determinare l'affidabilità dei dati ottenuti mediante i test.

A questo proposito, i soggetti partecipanti all'esperienza hanno mostrato sin dall'inizio un notevole interesse nei confronti di entrambi i protocolli di lavoro, anche se dobbiamo dire che coloro che sono entrati a far parte del "Gruppo Pedana" hanno affrontato le sedute di training con maggiore motivazione rispetto ai partecipanti del "Gruppo Controllo" e ciò può avere influenzato in qualche modo l'esecuzione dei test.

Un altro dato di rilevante importanza è costituito dall'esperienza atletica dei partecipanti, trattandosi infatti di calciatori amatoriali, perciò di atleti che mai erano stati sottoposti a dei test su pedana di Bosco: questo fattore potrebbe aver influito sia in negativo sull'esecuzione dei test iniziali, sia in positivo su quelli finali, avendo essi appreso la tecnica di esecuzione sulla medesima pedana.

Fatta questa breve premessa è possibile passare all'analisi dei risultati dei test in questione.

Prima di tutto risulta doveroso considerare che un periodo di allenamento di forza esplosiva della durata di sei settimane, è probabilmente limitato per sperare in un incremento significativo degli standard di forza conseguiti tramite le tradizionali metodologie di allenamento della forza esplosiva applicate al calcio (squat, multibalzi, ecc.). Questo però non viene riscontrato, come già dimostrato in altri studi (21), nell'allenamento su pedana vibrante, che addirittura evidenzia significativi miglioramenti dopo appena dieci giorni di esercitazioni su pedana per quanto riguarda la forza esplosiva. Tuttavia la scelta di soggetti non professionisti, quindi scarsamente preparati sul piano atletico, ha senz'altro facilitato il conseguimento di risultati fortemente positivi al termine del lavoro. È altrettanto vero che il periodo della sperimentazione coincideva con la fase stagionale meno adatta per lo sviluppo della forza esplosiva (in ambito calcistico), poiché, solitamente, nei mesi precedenti l'inizio del

campionato e in quelli subito successivi, la preparazione fisica è mirata ad un lavoro di resistenza (33). Questo non toglie tuttavia l'importanza della forza esplosiva nel calcio, la cui piena espressione si manifesta attraverso le varie azioni di salto, nella forza impressa nel calciare, ma anche nell'accelerazione degli sprint su brevi distanze che, inevitabilmente, coinvolgono un impegno energetico prevalentemente anaerobico (alattacido-lattacido), a seconda inoltre della durata dei recuperi tra un'azione e l'altra, che spesso risultano incompleti (3).

Focalizzandoci a questo punto sui risultati dei test presi in esame, possiamo affermare che l'analisi della composizione corporea dopo le sei settimane di sperimentazione non ha dimostrato significativi miglioramenti in tutti i suoi parametri (FFM, MM, FM, TWB), sia nel Gruppo Pedana che in quello Controllo. Tale esito evidenzia chiaramente come sei sedute di allenamento distribuite in sei settimane non erano certamente sufficienti a produrre significative variazioni della composizione corporea, quindi l'effetto dell'allenamento su pedana non si discosta apprezzabilmente da un protocollo di lavoro di forza esplosiva tradizionale.

I risultati del test di forza esplosiva SJ-L mostrano, nel Gruppo Pedana, un miglioramento significativo delle altezze medie (di conseguenza anche dei tempi di volo) che invece non è altrettanto riscontrabile nel Gruppo Controllo. Ciò può essere dovuto ad un progresso delle funzioni

neuromuscolari, causate da un aumento dell'attività del sistema nervoso centrale indotto dalle vibrazioni, con il conseguente aumento della coordinazione intramuscolare e quindi anche una più efficiente sincronizzazione delle unità motorie la cui espressione, probabilmente, risultava meno evidente durante i test d'ingresso (13,14,30).

È stato precedentemente osservato che le capacità di forza esplosiva valutate con prestazione di salto (SJ, CMJ), non venivano migliorate dopo quattro settimane di attività sia in studenti allenati (34), che in giocatori di pallavolo (13,14,30). Poiché il miglioramento della componente miogena dei muscoli estensori delle gambe si riscontra generalmente dopo molti mesi di allenamento, secondo le caratteristiche fisiologiche individuali degli atleti, questo fa presupporre che l'incremento di prestazione sia attribuibile principalmente a fattori neuromuscolari (13,14,30,35,36).

Differente è l'analisi relativa ai dati riportati dal test di salto CMJ-L: in questo caso, oltre alla componente neuromuscolare gioca un ruolo fondamentale la capacità di riutilizzazione dell'energia elastica accumulata durante la fase eccentrica del salto; si potrebbe ipotizzare che l'aumento delle altezze medie ottenute nel CMJ-L, ed in parte anche nel R15, sono da correlare con un'ottimizzazione dell'utilizzo dell'energia elastica che si accumula, nei muscoli estensori del ginocchio, proprio nella fase eccentrica del salto: nello specifico questo fenomeno sarebbe

giustificabile dall'incremento della flessibilità dei muscoli estensori stessi (14,36,37). Un aumento della flessibilità è stata notata precedentemente, in sollecitazioni vibratorie applicate ai tendini (25): l'entità del miglioramento notata da questi ricercatori utilizzando la medesima procedura di valutazione, è simile a quella notata nei lavori di Bosco e coll.(36,37). Negli esperimenti di Issurin e coll. la perturbazione vibratoria veniva applicata sui tendini, durante delle esercitazioni di flessibilità, pertanto il miglioramento di questa venne attribuita ad una stimolazione dei corpuscoli tendinei del Golgi (25). Questi propriocettori, nel momento in cui vengono sollecitati, inducono l'inibizione del muscolo omologo e quindi facilitano l'estensibilità. Nel presente lavoro, durante le sollecitazioni indotte da vibrazioni su tutto il corpo, i calciatori si trovavano in posizione di 1/2 squat e quindi con i muscoli flessori in posizione accorciata, pertanto si può benissimo escludere un effetto indotto dai corpuscoli tendinei del Golgi, mentre sembra più suggestiva e concreta l'ipotesi che le vibrazioni possano indurre ad un rilasciamento muscolare attraverso l'incremento del distacco dei ponti di acto-miosina, limitando il riattacco (36,37): questa azione potrebbe essere indotta dall'attivazione continua della pompa del  $Ca^{++}$ , che viene fortemente attivata durante la vibrazione (20,36,37).

Nella nostra esperienza dobbiamo di nuovo sottolineare anche il periodo stagionale in cui i test sono stati effettuati per il Gruppo Controllo, perché

in tale periodo, come dimostrato in altri studi (33), la forza esplosiva elastica espressa dai calciatori rimane a livelli non ancora elevati, in attesa del picco stagionale (rilevabile tra Maggio e Giugno) e non venendo peraltro ancora intaccato dal lavoro di resistenza, i cui effetti non sono ancora pienamente evidenti.

Per quanto riguarda i miglioramenti del test R15 nel solo Gruppo Pedana, questo incremento potrebbe essere spiegato dalla dimostrazione che la vibrazione agisce non solo sul tessuto nervoso ma anche su quello muscolare (38): infatti, l'incremento del lavoro muscolare durante la manifestazione di forza esplosiva potrebbe essere dovuta o ad un incremento dei substrati coinvolti alla produzione energetica di pronto impiego (pool fosforici) o ad un miglioramento dell'efficienza neuromuscolare, senza escludere l'intervento contemporaneo dei due processi (39). Ritornando ai parametri di reattività (tempi di contatto medi), anche le analisi effettuate in altri studi (36,37) dimostravano un significativo miglioramento dell'attivazione neuromuscolare sottoponendo i soggetti a vibrazioni per un periodo di dieci giorni. Durante il trattamento con vibrazione del muscolo quadricipite femorale, è stata notata una sollecitazione dei riflessi da stiramento (riflesso miotattico): che la vibrazione possa provocare un'azione di eccitazione attraverso le fibre intrafusali dei nervi motori interessati è stato suggerito anche in altri studi (39). A tale proposito è stato dimostrato, che la vibrazione potrebbe

guidare ed attivare i motoneuroni attraverso il riflesso spinale sviluppando la tensione muscolare senza l'attivazione dei motoneuroni provocata da stimoli provenienti dall'area motoria. È stato pure suggerito che i riflessi da vibrazione operano prevalentemente o esclusivamente direttamente sul neurone (motoneurone alfa), e non utilizzata la medesima via efferente di origine corticale come avviene usualmente durante una contrazione volontaria (36,37). Alcuni studi hanno dimostrato che la vibrazione induce l'attivazione delle fibre intrafusali non soltanto dove viene applicata la vibrazione stessa, ma anche nei muscoli contigui (40). A sostegno di questa tesi è stata verificato che la vibrazione meccanica (10-200 Hz) applicata al ventre muscolare o al tendine può sollecitare una contrazione riflessa (36). Questa risposta, denominata "riflesso tonico da vibrazione", non è ancora del tutto conosciuta: è stato ipotizzato che una vibrazione su tutto il corpo a bassa frequenza (30 Hz) induca questo effetto (41).

Infine dal test R15 è stata rilevato un miglioramento significativo nel solo Gruppo Pedana anche per la potenza media esercitata durante i salti ripetuti. Anche su questo parametro i nostri dati sono analoghi a quelli rilevati in altri studi, che hanno anch'essi constatato un miglioramento significativo della potenza attraverso lo stimolo vibratorio rispetto ai controlli (36, 37).

Riassumendo, la nostra ricerca sull'uso del vibration training ha evidenziato nel complesso l'importanza e l'efficacia di questo metodo rispetto alle tradizionali esercitazioni, riportando dei miglioramenti significativi, se pur in numero ristretto di atleti, in tutti i test di salto eseguiti alla fine del protocollo su pedana vibrante. I risultati migliori nel Gruppo Pedana si sono avuti sotto il profilo della forza esplosivo-elastica e della resistenza alla forza veloce (in misura minore riguardo alla pura forza esplosiva), in analogia con altre ricerche (36, 37). Si può quindi concludere che i dati raccolti esplicano chiaramente la validità del vibro training come metodo d' allenamento, integrativo o sostitutivo, per lo sviluppo della forza esplosiva e della resistenza alla forza veloce nel calcio.

## Conclusioni

La presente esperienza ha voluto comparare due metodologie differenti di allenamento, specifiche per lo sviluppo della forza esplosiva, in modo tale da valutarne la reale efficacia e trasferibilità nell' ambito calcistico.

La sperimentazione ha posto in rilievo l'effetto positivo delle vibrazioni, sia come metodo allenante diretto, sia per la rapidità con cui le medesime sono in grado di esercitare degli effetti allenanti rispetto ai metodi tradizionali, I risultati del nostro protocollo sperimentale, pur nell'esiguità dei numeri presentati, dimostrano in definitiva che il vibro training permette di ottenere importanti risultati sulla preparazione fisica senza produrre sovraccarichi funzionali che usualmente si manifestano nell'esecuzione di salti e balzi, consentendo non solo una contrazione notevole dei tempi di lavoro, ma limitando anche l'eventuale sviluppo di infortuni e patologie che si possono manifestare come conseguenze di carichi di lavoro eccessivi o inadeguati.

## BIBLIOGRAFIA

- **1. Bosco C., D'Ottavio S. (2000),** *Progressi scientifici e tecnologici per migliorare l'allenamento del calciatore*, Settore Tecnico F.I.G.C., sett.-ott. 2000: pp. 31-39.
  
- **2. Sassi R. (2001),** *La preparazione atletica nel calcio*. Perugia, Calzetti-Mariucci Editori.
  
- **3. Cannavacciuolo F. & F. (1996),** *Preparazione fisica del calciatore*. Roma, Società Stampa Sportiva.
  
- **4. Cerretelli P. (1985),** *Manuale di fisiologia dello sport e del lavoro muscolare*, Roma, Società Editrice Universo.
  
- **5. Fox E.L. (1982),** *Fisiologia dello sport*, Bologna, Ed. Grasso.
  
- **6. Vecchiet L., Calligaris A., Montanari G., Resina A. (1990),** *Trattato di medicina sportiva applicata al calcio*, Firenze, Ed. Menarini.

- **7. Bosco C. (1976)**, *Aspetti fisiologici sul condizionamento atletico per giocatori di calcio. Boll Uff. F.I.G.C., 6: 6-18.*
  
- **8. Bosco C. (1990)**, *Aspetti fisiologici della preparazione fisica del calciatore. Roma, Società Stampa Sportiva.*
  
- **9. Bosco C. (1991)**, *Nuove metodologie per la valutazione e programmazione dell'allenamento. SdS, Rivista di cultura sportiva, 22: 13-22.*
  
- **10. Bosco C., Luhtanen P. (1992)**, *Fisiologia e biomeccanica applicata al calcio. Roma, Società Stampa Sportiva.*
  
- **11. Bosco C., Komi P.V. (1979)**, *Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. Eur J Appl Physiol, 41: 275-284.*
  
- **12. Bosco C., Mognoni P., Galli S., Tsarpela O., Kellis S., Manno R., Tranquilli C., Caruso I. (1995)**, *Muscular enzyme activity and muscle pain following drop jump exercise. Coach Sport Sci J, 2 : 14-18.*

- **13. Bosco C. (1997)**, *La forza muscolare. Aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche*, Roma, Società Stampa Sportiva.
  
- **14. Fucci A.(2000)**, *L'allenamento della forza muscolare. Analisi differenziata delle contrazioni muscolari e relativi metodi allenanti*, Ancona, Teknosporting.
  
- **15. Weineck J. (1998)**, *La preparazione fisica ottimale del calciatore*, Perugia, Calzetti-Mariucci Editori.
  
- **16. Weineck J. (2001)**, *L'allenamento ottimale*, Perugia, Calzetti-Mariucci Editori.
  
- **17. Patregnani E. (1990)**, *Allenamento e prestazione sportiva*, Milano, Edi-ermes.
  
- **18. Vittori C.(1988)**, *L'allenamento della condizione fisica del calciatore*, Ancona, Alceo Moretti.

- **19. Bosco C., Cardinale M., Tsarpela O., Colli R., Von Duvillard SP, Tihanyi L., Viru A. (1998),** *The influence of whole body vibration on jumping performance, Biol Sport, 15: 157-164.*
- **20. Burke J.R., Shutten M.C., Koceja D. M., Kamen G.(1996);** *Age-dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response, Arch Phys Med Rehabil, 77: 600-604.*
- **21. Bosco C., Cardinale M., Tsarpela O., Colli R., Introini E., Madella A., Tihanyi L., Viru A. (1999),** *Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure, Clin Physiol, 19: 183-187.*
- **22. De Lang J., van der Steur B., Lubbers J., Uytdehaage H., Bielas R. (2006),** *Vibro training education manual, Haarlem, VibroGym International.*

- **23. Cardinale M., Lim J. (2003),** *Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies, J Str Cond Res Vol. 17: 621-624.*
  
- **24. Issurin V.B., Tenebaum G. (1999),** *Acute and residual effects of vibratory stimulation training on explosive force in elite and amateur athletes. J Sport Sci 17: 177-182.*
  
- **25. Issurin V.B., Lieberman D.G., Tenebaum G. (1994),** *Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility, J Sport Sci 12: 165-168.*
  
- **26. Torvinen S., Kannus P., Sieva H., Jarvinen T.(2002),** *Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance, Med Sci Sport Exerc 34: 1523-1528.*
  
- **27. Rittweger J., Beller G., Felsenberg D. (1999),** *Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man, Clin Physiol 20: 134-142.*
  
- **28. Frank H. (2003),** *Anti Cellulite Untersuchung, Sanaderm Fachklinik fur Hautkrankheiten, Allergologie 1: 1-35.*

- **29. Cardinale M., Lim J. (2003)**, *The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance*, *Med Spor*, 10: 287-292.
  
- **30. Bosco C., Cardinale M. (2000)**, *Hormonal responses to whole-body vibration in men*, *Eur J Appl Physiol* 81: 449-454.
  
- **31. Katch F.I., Katch V.L. (2006)**, *Fisiologia applicata allo sport*, Milano, Casa Editrice Ambrosiana.
  
- **32. Scheltinga M.R.M. (1992)**, *Bioelectrical impedance analysis (B.I.A.)*, University Press, Amsterdam, Pag. 116-134.
  
- **33. Marella (1997)**, *L'allenamento della forza nel calcio moderno*, *Atti del convegno "La preparazione fisica negli sport di squadra"*, Cervia; 34-41.
  
- **34. Hakkinen K., Pakarinen A. (1995)**, *Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages*, *Int J Sport Med* 16: 507-513.

- **35. Coyle E., Feirin C., Rotkis T., Cote R., Roby F., Lee W., Wilmore I. (1981), Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *J Appl Physiol* 51: 1437-1442.**
  
- **36. Fucci A. (2001), L'allenamento con le vibrazioni. Protocollo di lavoro con la NEMES Bosco-System, *Cultura Fisica*, 1-2: 38-40.**
  
- **37. Bosco C., Dellisanti F., Fucci A. (2000), Effetto delle vibrazioni sulla forza esplosiva e la resistenza alla forza veloce e la flessibilità muscolare, *Med Sport*, 54: 287-293.**
  
- **38. Necking L.E., Lundstrom R., Dahlin L.B., Lundborg J. (1992), Tissue displacement is a causative factor in vibration-induced muscle injury, *J Hand Surg* 21: 753-757.**
  
- **39. Lebedev M.A., Peliakov A. V. (1991), Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration, *Neurophysiology* 23: 57-65.**

- **40. Kasai T., Kawanishi M., Yahagi S. (1992),** *The effects of wrist muscle vibration on human voluntary elbow flexion-extension movements, Exp Brain Res 90: 217-220.*
  
- **41. Seidel H. (1988),** *Myoelectric reactions to ultra-low frequency and low-frequency whole body vibration, Eur J Appl Physiol 57: 558-562.*

## **Ringraziamenti**

Un doveroso ringraziamento al relatore prof. Gilberto Martelli per la pazienza e il tempo gentilmente concessomi oltre alla serietà dimostrata durante la realizzazione di questa tesi; ringrazio inoltre la squadra della “Palestra Good” per la collaborazione e la grande disponibilità da loro presentata sia nell’ esecuzione dei test che nell’ attuazione dei protocolli di lavoro. Ringrazio particolarmente il prof. Riccardo Carrai per avermi messo a disposizione le attrezzature della palestra Good, ma soprattutto per i consigli e l’ incoraggiamento che mi hanno permesso il compimento della tesi. Non posso che concludere ringraziando tutti i miei familiari il cui sostegno mi ha guidato nei momenti di difficoltà contribuendo al raggiungimento di questo importante traguardo di vita.