



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**L'ALLENAMENTO DELLA FORZA PER L'AUMENTO DELLE
PRESTAZIONI E DELLA TECNICA NEL CALCIO**

Relatore: Prof. Sartori Maurizio

Laureando: Callegaro Alessandro

N° di matricola: 1204592

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

CAPITOLO 1

Introduzione.....	3
--------------------------	----------

CAPITOLO 2 Il Calcio

2.1 La Storia.....	4
2.2 Il gioco, le regole e le caratteristiche degli atleti.....	5

CAPITOLO 3 Fisiologia Muscolare

3.1 Fisiologia dei muscoli scheletrici.....	10
3.2 Tipologie di contrazione.....	18

CAPITOLO 4 La Forza

4.0 La forza.....	21
4.1 Tipologie di forza.....	21
4.2 Curva di Hill forza-velocità.....	25

CAPITOLO 5

5.0 Allenamento della forza.....	29
5.1 Metodologie di allenamento della forza.....	35
5.2 Ricerche scientifiche e miglioramenti prestazionali degli atleti.....	37
5.3 Proposta dall'allenamento personale.....	47

CAPITOLO 6

Conclusioni.....	50
-------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA.....	52
--------------------------	-----------

SITOGRAFIA.....	55
------------------------	-----------

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

Il calcio è uno sport in continua trasformazione ed evoluzione, sia per quanto riguarda il regolamento ed il piano tecnico-tattico, sia dal punto di vista fisico e della preparazione atletica.

Il modo in cui viene giocato un match è cambiato negli anni, con conseguenze nella programmazione e nello sviluppo degli allenamenti sul campo e in palestra. Per poter stare al passo con i tempi bisogna saper integrare le vecchie conoscenze alle nuove scoperte, introducendo innovazione e maggior efficacia nella programmazione, soprattutto nella parte della preparazione fisica. Per questo è importante rimanere aggiornati riguardo le ultime scoperte scientifiche, in cui vengono enunciati nuovi possibili protocolli da seguire per rinnovare la metodologia dell'allenamento.

Il presente elaborato ha lo scopo di presentare e approfondire, partendo dalla fisiologia muscolare e dalla metodologia dell'allenamento, le nuove ricerche nel campo del training della forza per un giocatore di calcio, illustrando le più recenti tecniche capaci di migliorare la performance di gioco. Contrariamente a quanto si pensava anni fa, l'allenamento con i pesi non rallenta i movimenti dell'atleta, tantomeno riduce la sua performance. In questa relazione verranno evidenziati i benefici di una corretta programmazione di sollevamento pesi in palestra, sia prima che durante la stagione sportiva, e come questa sia in grado di provocare miglioramenti atletici e tecnici nel campo di gioco, ad esempio, nei tempi di sprint, nella velocità nei cambi di direzione, ma anche nella precisione di tiro del pallone.

Ovviamente non esiste una metodologia universale per arrivare ad ottenere i risultati migliori, poiché dipende dall'allenatore e dal preparatore fisico l'abilità di scegliere lo stimolo allenante più efficace al perseguimento dell'obiettivo primario, tenendo conto delle esigenze dei propri atleti.

CAPITOLO 2 Il Calcio

2.1 La storia

Le prime apparizioni del gioco avvengono in Asia, soprattutto in Cina tra il terzo e secondo millennio avanti cristo infatti veniva usato il Tsu-Chu per addestrare le truppe militari, consisteva in due squadre da 12 o 16 giocatori che non potendo utilizzare le braccia dovevano calciare un pallone tra due pali avversari, si giocava all'interno di un campo rettangolare.

Nell'antica Grecia invece si praticava l'Episkyros, i giocatori erano 12 o 14 per squadra e lo scopo era di poggiare sulla linea di fondo avversaria la palla, per i passaggi era consentito l'uso delle mani e dei piedi.

L'Episkyros arrivò a Roma dalle colonie nel secondo secolo a.C. trasformandosi però in Harpastum che dal greco significa "strappare con forza", giocato dai gladiatori e legionari nelle terre di confine dell'Impero Romano, si diffuse in tutto il vecchio continente e pure in Inghilterra. Rimase popolare all'interno dell'impero per circa 800 anni.

Tutti questi giochi provenienti da Cina, Grecia e dall'Impero Romano sono antenati del calcio moderno riconosciuto dalla FIFA.

Nel Rinascimento prende forma il calcio Fiorentino, è quello che più si avvicina al gioco moderno con la presenza di un'organizzazione tattica in campo. Si diffuse molto velocemente in altre città italiane. Le squadre erano composte da 27 giocatori ma il problema di un regolamento non codificato faceva sì che molte partite finissero in liti e colluttazioni.¹

In Inghilterra nel XVII secolo con la nascita del dribbling game si riscontrarono gli stessi problemi del calcio Fiorentino, per ovviare a questo problema nel 1863 nacque a Londra la English Football Association con l'intento di definire delle regole per impedire comportamenti violenti durante il gioco.

Nel 1871 fu giocato il primo torneo nazionale di calcio, la Coppa di Inghilterra. Da questa manifestazione ne seguirono altre con la creazione di campionati ufficiali diffusi in tutto il mondo.

¹ Treccani, "Calcio - La storia del calcio" 2002". Adalberto Bortolotti, "Il calcio dalle origini ad oggi"

In Italia il calcio sbarca nel 1887 a Genova grazie ad un commerciante che aveva vissuto a Londra e tornando in patria organizzò una squadra tra i dipendenti di una ditta. Il calcio si diffuse rapidamente e nel 1898 fu fondata la Federazione Italiana Football che organizzò il primo campionato italiano di calcio, successivamente nel 1909 la federazione cambiò nome in Federazione Italiana Giuoco Calcio (FIGC).

Inizialmente il gioco si basava più sull'individualità che sul gioco di squadra, possesso palla, dribbling e azioni personali servivano per arrivare a rete, ma con l'introduzione di nuove regole venne mutato il gioco con serie veloci di scambi di passaggi tra giocatori. Ovviamente in ogni nazione il modo di giocare tatticamente e tecnicamente si sviluppò in maniera differente in base alle caratteristiche fisiche, di temperamento e sociali.²

2.2 Il gioco, le regole e le caratteristiche degli atleti

Lo scopo di questo sport è segnare più reti possibile nella porta avversaria, cercando di non subirne nella propria. Una rete risulta segnata quando il pallone oltrepassa interamente la linea di porta compresa fra i due pali e sottostante alla traversa.

La competizione viene svolta in un campo di gioco rettangolare, con una lunghezza massima di 120m e minima di 90m ed una larghezza massima di 90m e minima di 45m; al suo interno vi saranno 11 giocatori per ciascuna squadra e solo uno del team potrà toccare la palla con le mani all'interno della propria area, il resto dei giocatori invece potrà colpire con i piedi o di testa. Possono essere sostituiti un numero di giocatori che cambia in base alle manifestazioni, il regolamento di tale competizione deve designare il numero di riserve che varierà da 3 a 7.

Una partita ha la durata di 90 minuti divisi in due tempi da 45 minuti, l'arbitro può prolungare i minuti di gioco se durante la gara si sarà perso tempo per sostituzioni, infortuni o comportamenti di ostruzionismo. Tra i due periodi è presente un intervallo di massimo 15 minuti.

² Wikipedia, "Storia del calcio"

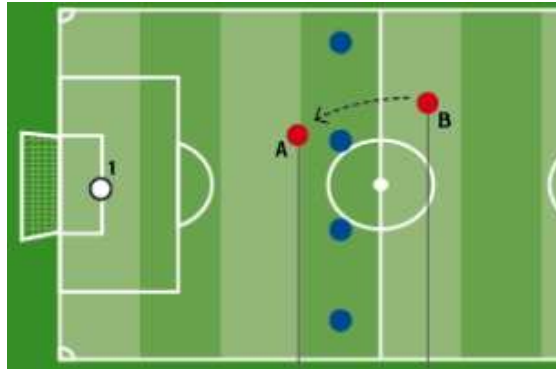
A dirigere la partita è designato un arbitro che ha il potere decisionale nelle questioni di gioco e comportamentali durante tutto l'arco della gara, in più ad aiutarlo vi sono due assistenti di linea che collaborano e segnalano le irregolarità. Quando la palla esce dalla linea laterale viene assegnata alla squadra opposta al giocatore che per ultimo ha toccato il pallone: una rimessa laterale viene battuta con le mani nel punto in cui è uscita la palla. Quando invece la palla va oltre la linea di porta in aria o a terra, senza che venga assegnata una rete, venendo toccata per ultima da un giocatore difendente, verrà assegnato un calcio d'angolo per la squadra attaccante. In questo caso verrà battuto nell'angolo più vicino al punto in cui è uscito il pallone.

Se il pallone uscirà dalla linea di fondo campo, verrà rimesso in gioco da un giocatore della squadra difendente, posizionandolo in qualsiasi punto dell'area del portiere. Per essere valido il calcio di rinvio dev'essere ricevuto da un compagno, anche dentro l'area di rigore.

Le irregolarità possono essere punite con un calcio di punizione se avvenute al di fuori dell'area del proprio portiere per fallo, tocco di mano o fuorigioco, se avvengono all'interno, il fallo o il tocco di mano sarà punito con un calcio di rigore. I calci di punizione possono essere diretti, quando chi batte può calciare direttamente in porta e indiretti quando il giocatore designato può passare la palla ad un proprio compagno ma non può calciare direttamente in porta. L'arbitro può sanzionare il giocatore che ha commesso l'irregolarità con un cartellino giallo che comporta l'ammonizione o cartellino rosso che comporta l'espulsione e il conseguente abbandono del campo di gioco da parte del giocatore. L'espulsione può avvenire anche con il sommarsi di due cartellini gialli allo stesso giocatore nello stesso match.

Il fuorigioco può essere attuato solo in possesso di palla, consiste nella condizione in cui un giocatore si trova nella metà campo avversaria e nel momento in cui il suo compagno effettua il passaggio, si trova senza avere davanti a sé almeno un giocatore avversario che non sia il portiere. Un giocatore in fuorigioco deve essere punito solo se interviene al gioco direttamente.³

³ Figg, "Regolamento 2021"



Esempio di fuorigioco (<https://www.ilcalcioillustrato.it/langolo-del-fischietto-5>)

Rispetto ad anni fa il calciatore moderno deve avere determinate caratteristiche tecnico-tattiche e prestazionali. Tatticamente la caratteristica più importante è quella dell'intercambiabilità dei ruoli, riuscendo nelle fasi di gioco a coprire un ruolo di un proprio compagno in una posizione diversa. Mentre tecnicamente il gioco si è evoluto molto nella velocità dei giocatori e delle giocate, limitando molto il tempo di possesso di palla portando la padronanza dei gesti tecnici ad un livello superiore rispetto ad il calcio di una volta. Le caratteristiche prestazionali invece sono relative a buone resistenze allo sprint, al cambiare in modo rapido la velocità e la direzione del movimento, alla resistenza specifica ed a una buona forza esplosiva.⁴

Il calcio è uno sport di contatto a metabolismo aerobico-anaerobico alternato, lo sforzo che compie un atleta durante un match viene indicato come intermittente perché la sua attività cambia ogni 4-6 secondi con l'utilizzo di circa 1300 patterns motori durante la gara. In uno studio di Wade nel 1962 si individua che la distanza percorsa in media dei giocatori è di 5484m, mentre in uno studio del 2007 di Rampinini et al. la distanza cresce a 11600m più del doppio dei metri che percorrevano i giocatori nel 1962 indicandoci quanto si è evoluto il gioco negli anni. Per un atleta è importante avere capacità di scatti e gesti massimali esplosivi con cambi di direzione compresi decelerazioni e arresti, passare poi a gestire situazioni di corsa lunga e lenta con picchi poi di sprint pari al massimale realizzabile. L'evoluzione scientifica ha portato allo svolgimento di allenamenti atletici differenziati in base ai ruoli dei giocatori e alle caratteristiche mirate,

⁴ CalcoScouting, Roberto Nencini, "Le caratteristiche del calciatore moderno"

infatti si è visto che i difensori centrali compiono meno distanza di corsa e svolgono meno corse ad alta intensità rispetto ad altri ruoli⁵, mentre i terzini sprintano molto di più su distanze elevate. I centrocampisti compiono molti scatti, corrono una distanza complessiva e con la stessa intensità di attaccanti e terzini, ma sprintano di meno⁶. Gli attaccanti a differenza degli altri ruoli sprintano per più tempo e spazio, questo soprattutto dall'esigenza di attaccare l'area per fare gol o per svolgere un cambio di campo rapido.

Negli ultimi anni si è passato a valutare soglie di accelerazione e decelerazione, fasce di potenza metabolica, il prodotto del costo energetico per la velocità oltre alla distanza e le relative velocità. Il modello prestativo viene diviso in varie fasi nella gara:

- Sosta
- Cammino (4 km/h)
- Jogging (8 km/h)
- Corsa a bassa velocità (12 km/h)
- Corsa a moderata velocità (16 km/h)
- Corsa ad alta velocità (21 km/h)
- Sprint (30 km/h)
- Corsa all'indietro (12 km/h).

L'attività media di squadra si compone del 35% di camminata, 42% di jogging, 17% di corsa a moderata velocità, 5% ad alta velocità e solo 1% di sprint.

L'attività invece solo degli attaccanti si distribuisce diversamente come composizione in quanto il 40% è svolto in camminata, il 37% in jogging, il 15% in corsa di moderata velocità, il 6% di alta velocità e il 2% di sprint.

Anche il VO₂max cambia in base ai ruoli dei giocatori in campo, la media è di 60.5 senza considerare i portieri. I dati dei difensori esterni corrispondono a 61.9 mentre dei difensori centrali a 56,4. A centrocampo il valore dei giocatori analizzato era di 62.4 mentre negli attaccanti il valore cala leggermente a 60,2⁷.

⁵ Mohr et al, Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue, 2003

⁶ Bangsbo J. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. 1994

⁷ Bangsbo, 1998

I dati che vengono analizzati dalle gare ci danno oggi molte informazioni, infatti un giocatore professionista compie tra i 750-800 cambi di direzione a partita cambiando di velocità tra le 1000 e le 4000 volte. Corre ad una velocità media di circa 14,5 km/h con l'esecuzione di 30 sprint a partita, con una frequenza cardiaca che va tra l'85 e i 95% di quella massima per tutta la gara. Nel totale dei 90 minuti di gioco solo 2-3 minuti complessivi sta completamente fermo.

Nonostante l'energia durante la partita venga dal metabolismo aerobico, le azioni più importanti come sprint brevi, salti, contrasti sono svolte dal metabolismo anaerobico, azioni spesso determinanti per la gara.⁸

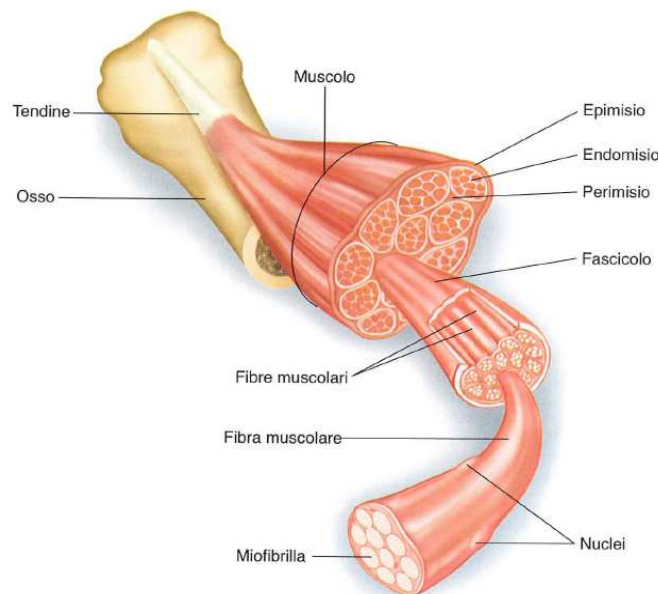
⁸ Claudio Damiani, "Tesi d'esame Corso Uefa A" Coverciano 2016

CAPITOLO 3 Fisiologia Muscolare

3.1 Fisiologia dei muscoli scheletrici

“Il muscolo è ... un motore, capace di convertire energia chimica in energia meccanica. È qualcosa di unico, perché non esistono motori artificiali caratterizzati dalla grande versatilità di un muscolo costituito da cellule viventi”.
(Ralph W. Stacy e John A. Santolucito, in *Modern College Physiology*, 1996).

I muscoli scheletrici sono formati da tessuto muscolare striato e si attaccano alle ossa dello scheletro per mezzo di tendini formati principalmente da collagene, ne controllano quindi i movimenti e sono responsabili della nostra postura, sono definiti volontari anche se possono contrarsi in alcuni casi senza controllo cosciente⁹. Sono provvisti di origine cioè l'estremità dove il muscolo si attacca al tronco o all'osso più stabile e di inserzione quindi il punto più mobile o più distale, ma possono essere composti da più origini o più inserzioni.



(<https://www.cliccascienze.it/fisiologia/muscolo/>)

Sono detti muscoli monoarticolari quando mobilizzano una sola articolazione, mentre vengono detti poliarticolari quando mobilizzano due o più articolazioni riuscendo a muovere articolazioni in cui non si inseriscono direttamente. Vengono divisi poi in base alla responsabilità nel movimento in agonisti, quando sono i

⁹ Sadava et al. *La nuova biologia blu* Zanichelli 2016

diretti responsabili di una postura o di una determinata azione e antagonisti i muscoli che sullo stesso piano compiono il movimento in senso opposto. Queste coppie di muscoli sono presenti su ogni piano di movimento e quando si contraggono simultaneamente, l'articolazione corrispondente viene stabilizzata. In condizioni fisiologiche, il muscolo antagonista con contrazioni eccentriche partecipa all'azione dell'agonista per poter ottimizzare il movimento.

I muscoli in base alla funzione con le articolazioni si possono suddividere in quattro classi:

1. Motori, quando alla contrazione muscolare corrisponde un determinato movimento. Nei movimenti spesso agiscono più muscoli motori infatti si dividono in: motore principale, muscolo che fornisce la parte maggiore del movimento; motori secondari che aiutano a velocizzare o a completare il movimento; muscoli ausiliari che collaborano con il movimento solo in alcune circostanze e muscoli di emergenza che intervengono solo in condizioni di movimenti molto rapidi, ampi e contro resistenza.
2. Stabilizzatori, con la funzione di fissare un segmento scheletrico o una specifica articolazione in modo da fluidificare e rafforzare il movimento dei muscoli motori. In più mantengono ferma un'estremità del segmento osseo in modo da consentire il massimo accorciamento all'estremità opposta, indispensabile per la contrazione di muscoli bi o pluriarticolari.
3. Sostenitori, si attivano in contrazione statica, sia contro la forza di gravità che contro i muscoli antagonisti. Servono a sostenere una determinata posizione delle articolazioni prossimali quando avviene un movimento nelle articolazioni distali.
4. Neutralizzatori, sono muscoli che rendono più pulito il movimento andando ad eliminare l'azione secondaria non utile del muscolo causando un'azione muscolare più concentrata sul piano di movimento principale¹⁰. C'è bisogno di questi muscoli perché l'inserzione decorre quasi sempre obliquamente rispetto all'articolazione, producendo un movimento combinato in due piani di movimento. Due muscoli possono, nell'azione secondaria neutralizzarsi e

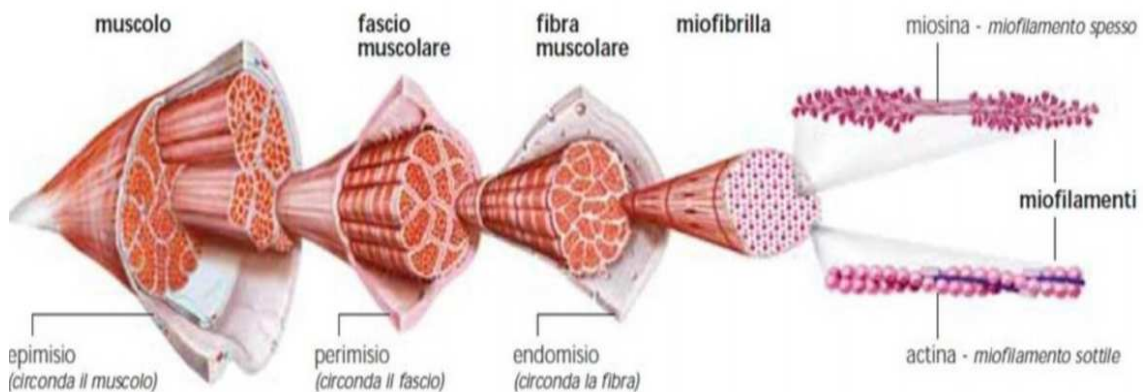
¹⁰ Fisiokinesiterapia, "muscoli scheletrici"

nell'azione principale potenziarsi. Hanno funzione anche di antagonista rispetto al muscolo motore, ma solo in modo parziale.

La muscolatura si contrae solo in risposta a stimoli provenienti dai motoneuroni quindi non possono autonomamente iniziare una contrazione. Essi compongono la maggior parte della massa muscolare, circa il 40% del peso corporeo.

I muscoli scheletrici sono composti da fibre muscolari che sono elementi cellulari perenni, polinucleate non si possono moltiplicare ma possono ripararsi o rigenerarsi grazie alla presenza di cellule satelliti, queste fibre sono le cellule più grandi del nostro organismo composte dall'unione di cellule muscolari embrionali. È possibile individuare le fibre disposte in due modi diversi all'interno del muscolo, in parallelo, il muscolo in questo caso viene chiamato fusiforme e la sezione anatomica combacia con la sezione fisiologica, mentre è detto muscolo pennato quando le fibre hanno tutte lo stesso orientamento angolare, in questo caso la sezione anatomica è minore rispetto a quella fisiologica.

Esternamente alla membrana di queste fibre muscolari si trovano le cellule satelliti, l'attivazione avviene in caso di riparazione muscolare o di crescita e in base allo scopo che devono raggiungere vi è una differenziazione. La terminologia corretta è specifica per le cellule muscolari infatti, la membrana della cellula muscolare è detta sarcolemma, mentre il citoplasma è nominato sarcoplasma. Le miofibrille invece sono fasci di proteine che consentono la contrazione, sono altamente organizzate ed elastiche, vanno ad occupare la maggior parte del volume intracellulare.

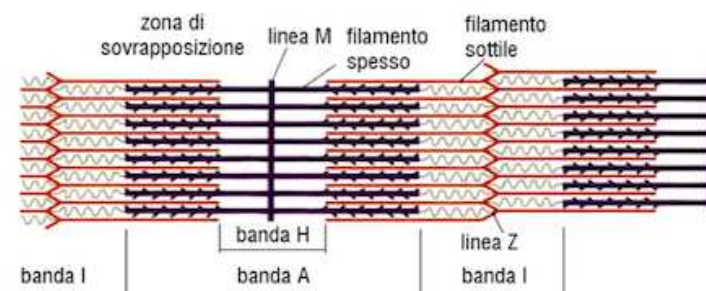


Interno muscolare. (http://ranazzurra.it/wp-content/uploads/2018/02/FIN_20180204_APPARATO_MUSCOLARE.pdf)

Una fibra muscolare è composta da migliaia di miofibrille, le ultime sono composte da sarcomeri ovvero vari tipi di proteine organizzate in strutture contrattili, di questi fanno parte il disco Z, bande I, banda A, zona H e linea M. Sono comprese nelle miofibrille anche la proteina miosina che forma filamenti spessi ed actina che compone i microfilamenti in più vi sono le proteine protettive quali tropomiosina e troponina.

La miosina funge da motore per l'attivazione muscolare essendo capace di creare movimento, questa è formata da due catene proteiche che creano una treccia per formare una lunga coda rigida e due teste globulari composte da una regione mobile che crea connessione con il punto di unione con la coda, permettendo la rotazione delle teste intorno al loro punto di aggancio.

I ponti trasversali creano connessione tra i filamenti spessi e sottili, tra le teste delle catene di miosina e i filamenti dell'actina. Tali ponti possono avere due energie di legame diverse in base alla situazione in cui si trovano, più elevata durante la contrazione e minore invece durante il rilascio muscolare.



Organizzazione dei filamenti di actina e miosina nel sarcomero.

(<https://www.chimica-online.it/biologia/tessuto-muscolare-striato.htm>)

La forza di un muscolo che viene generata è detta tensione muscolare, il carico invece è la forza opposta a quella muscolare come ad esempio un peso. La contrazione nonché la tensione muscolare essendo un processo attivo richiede energia, che viene prodotta dall'idrolisi dell'ATP, con la diminuzione di tensione si ha il rilasciamento fino al livello di riposo.¹¹

¹¹ Fisiologia umana. Un approccio integrato by Dee U. Silverthorn, B. Colombini (editor), C. Perego (editor), S. Rufini (editor)

Quando avviene la contrazione i due tipi di filamenti, spessi e sottili scorrono tra di loro e i dischi Z contenuti nel sarcomero si avvicinano.

Il power stroke o colpo di forza è un segnale mediato da una molecola di calcio, nel quale avviene un movimento dove il ponte di miosina porta verso il centro del sarcomero il filamento di actina. Quando questo colpo di forza finisce le teste di miosina si staccano dall'actina, tornano alla posizione di partenza e si riattaccano ad altre molecole per poter iniziare una nuova fase di contrazione; in questo caso le molecole non si slegano dai legami tutte nello stesso momento altrimenti la fibra muscolare tornerebbe a rilassarsi nella sua lunghezza iniziale.

L'accoppiamento eccitazione-contrazione cioè l'insieme di eventi elettrici e meccanici all'interno delle fibre muscolari è composta principalmente da quattro fasi:

1. L'acetilcolina è rilasciata dal motoneurone somatico.
2. Provoca l'insorgenza di un potenziale d'azione nella fibra muscolare.
3. Il potenziale d'azione rilascia il calcio nel reticolo sarcoplasmatico.
4. Il calcio legandosi alla troponina permette la contrazione.¹²

Ogni singolo ciclo composto dagli eventi elettrici e meccanici nel muscolo è detto scossa semplice, evocato da un potenziale d'azione, ogni fibra muscolare darà un contributo di forza diverso in velocità di contrazione, tensione massima e durata della scossa. Perché avvenga questa scossa semplice c'è bisogno di energia, l'ATP presente in ogni singola fibra è in grado di generare soltanto otto scosse, non essendo sufficiente il muscolo utilizza delle fonti di energia di riserva come la fosfocreatina formata tra ATP e creatina da legami fosfato ad alta energia che avviene quando il muscolo è a riposo. Durante l'attivazione del muscolo il gruppo fosfato della fosfocreatina si lega all'ADP per formare nuove molecole di ATP necessarie alla contrazione. Tuttavia, questa fonte di energia è molto limitata e quindi le fibre muscolari per la sintesi di nuove molecole di ATP utilizzano il metabolismo delle biomolecole. Il glucosio è la fonte più veloce per la produzione di ATP attraverso la glicolisi dando origine a circa 30 molecole di ATP per ogni

¹² Dee U. Silverthorn, Fisiologia umana. Un approccio integrato, B. Colombini, C. Perego, S. Rufini, 2020.

molecola metabolizzata, con la presenza di ossigeno e durante esercizio di leggera intensità vengono metabolizzati ed usati anche gli acidi grassi. Quando non è presente a sufficienza ossigeno si attiva la glicolisi anaerobica dove il glucosio viene metabolizzato in acido lattico, tale trasformazione rilascia solo due molecole di ATP per ogni molecola di glucosio¹³.

Ogni muscolo è distinto in base alla velocità di contrazione data dall'isoforma della miosina ATPasi del filamento spesso, quanto sono resistenti nel tempo sotto sforzo le fibre che lo compongono e dalla tipologia di metabolismo. Sono classificate in tre tipologie distinte di fibre:

- fibre rosse di tipo 1: sono lente ma resistenti, ricche di mitocondri e di mioglobina che permette una costante riserva d'ossigeno sempre disponibile. Lavorano per lunghi periodi ma riescono a generare poca forza. Nel tessuto connettivo che circonda le fibre hanno un maggior numero di vasi sanguigni che forniscono più ossigeno, che viene distribuito ai mitocondri in breve tempo grazie anche al piccolo diametro delle fibre. Utilizzano la fosforilazione ossidativa per la produzione di ATP.
- fibre bianche intermedie 2a: come caratteristiche sono una via di mezzo tra le tipo 1 e le tipo 2x, vengono chiamate anche fibre ossidative glicolitiche.
- Fibre bianche 2x: forti ma poco resistenti alla fatica, il loro metabolismo per produrre ATP è principalmente di glicolisi anaerobica. Queste fibre si attivano prevalentemente per sforzi importanti, visto che la loro soglia d'attivazione è elevata¹⁴.

La durata della contrazione varia a seconda della tipologia di fibra, questo è influenzato anche dalla durata della scossa che dipende dalla velocità in cui il Ca^{2+} viene rimosso dal citoplasma attraverso il reticolo sarcoplasmatico.

Il Ca^{2+} viene introdotto nel reticolo sarcoplasmatico più velocemente nelle fibre bianche, comportandone scosse più veloci e di conseguenza contrazioni rapide fino ad un massimo di 7,5 ms. Le contrazioni delle fibre lente invece possono durare anche 10 volte di più.

¹³ Wikipedia, "Sistemi energetici"

¹⁴ Project Invictus, "Le fibre muscolari" 2017

L'uomo compone i propri muscoli di queste tre tipologie di fibre in proporzioni diverse in base ai propri stili di vita ed alla tipologia di attivazione dei muscoli, le fibre muscolari si adattano molto in risposta alla tipologia di richiesta che le sollecita.¹⁵

Caratteristica	TIPO		
	I (S)	Ila (FR)	Ilb (FF)
Colore	Rosse	Rosse e bianche	Bianche
Dimensioni	Piccole	Intermedie	Grandi
ATPasi miosinica	Lenta	Rapida	Rapida
Velocità di contrazione	Lenta	Rapida	Molto rapida
Massima tensione tetanica	Bassa	Intermedia	Alta
Resistenza alla fatica	Alta	Intermedia	Bassa
Metabolismo	Ossidativo	Ossidativo + glicolitico	Glicolitico
Contenuto di mioglobina	Alto	Intermedio	Basso
Contenuto di glicogeno	Alto	Alto	Basso
Densità di capillari	Alta	Alta	Bassa
Densità di mitocondri	Alta	Alta	Bassa
Ca-ATPasi	Bassa	Alta	Alta

Principi di fisiologia, Luciano Zocchi

Durante una contrazione, la tensione che viene sviluppata da una fibra muscolare dipende da quanto sono lunghi i sarcomeri al momento della contrazione. Un sarcomero sviluppa la sua forza massima quando si trova in una lunghezza di contrazione ottimale, quindi né troppo allungato né troppo accorciato, solitamente questa posizione corrisponde alla posizione a riposo del muscolo.

La teoria dello scorrimento dei filamenti descrive che “la tensione generata da una fibra muscolare è direttamente proporzionale al numero di legami che si formano tra i filamenti spessi e i filamenti sottili”¹⁶ pertanto se le fibre iniziassero a contrarsi nel momento in cui la lunghezza dei sarcomeri è elevata, i filamenti spessi e sottili formerebbero pochi ponti trasversali a causa della poca sovrapposizione e di conseguenza nella parte di inizio contrazione si genererebbe poca forza poiché i filamenti possono interagire solo in minima parte. Nel caso

¹⁵ Fondamenti di fisiologia umana, Lauralee Sherwood

¹⁶ Dee U. Silverthorn, Fisiologia umana. Un approccio integrato, B. Colombini, C. Perego, S. Rufini, 2020.

contrario, in cui il sarcomero è accorciato rispetto alla lunghezza ottimale i filamenti sono troppo sovrapposti e non permettono un corretto scorrimento facendo spostare i filamenti sottili solo per un breve tratto prima che arrivino a sovrapporsi fra loro impedendo la formazione di ponti trasversali. Nel caso in cui la lunghezza sia ottimale invece si avrà la massima formazione di ponti trasversali tra le fibre spesse e sottili con la generazione della forza massima.

Per provocare la contrazione del muscolo scheletrico è fondamentale l'unità motoria, composta da un motoneurone somatico e dalle fibre muscolari da esso innervate. Ogni fibra muscolare viene innervata da un solo motoneurone ma ognuno di essi innerva più fibre muscolari comportando una contrazione simultanea delle fibre innervate dallo stesso in risposta ad un potenziale d'azione.¹⁷

La quantità di fibre che va a comporre un'unità motoria dipende dai gesti che deve compiere e dalla finezza dei movimenti, infatti più aumenta il bisogno di controllo di movimento più diminuiscono le fibre per unità motoria, minori saranno le fibre nell'unità motoria e maggiore sarà la delicatezza e la precisione del gesto. Le unità motorie si contraggono in maniera asincrona in modo da prevenire l'affaticamento e assicurare la contrazione nel tempo richiesto.¹⁸

Ogni unità motoria è composta dallo stesso tipo di fibre, per questo si dividono in unità motorie lente e unità motorie rapide. Questa distinzione dipende sia dall'ereditarietà ma anche dall'esercizio fisico, infatti anche l'esercizio entro certi limiti può modificare la tipologia di unità motorie, si pensa che un neuromodulatore chimico sia coinvolto in questo processo.

La variazione di tipologie di unità motorie all'interno del muscolo fa sì che sia permesso controllare la durata e la forza della contrazione variando il numero di unità motorie attivate nello stesso momento e variando la tipologia di esse durante la contrazione.

La forza muscolare può aumentare con il reclutamento di nuove unità motorie, che avviene dal sistema nervoso centrale. Uno stimolo non troppo intenso porta all'attivazione di motoneuroni con soglia di eccitazione bassa, cioè quelli che

¹⁷ Altrimondi, "i muscoli - l'unità motoria"

¹⁸ Kinesiopatia, "unità motoria" 2017

controllano le fibre resistenti e generano poca forza. Con l'aumentare dell'intensità di questo segnale vengono attivati altri motoneuroni, a soglia più alta che attivano unità motorie di fibre ossidative glicolitiche, con il sommarsi delle fibre che partecipano alla contrazione il muscolo riesce a generare una forza maggiore. Se lo stimolo aumenta ancora, si attiveranno anche i motoneuroni con soglia più alta che porterà all'attivazione anche delle fibre veloci insieme a quelle glicolitiche generando la forza massima sviluppabile dal muscolo.

Il sistema nervoso gestisce il reclutamento dei motoneuroni in modo che diverse unità tengano a turno la contrazione muscolare, questo meccanismo detto reclutamento asincrono previene l'affaticamento e la perdita di forza del muscolo. Quando le unità motorie si affaticano la tensione cala e la forza di contrazione decresce gradatamente.

3.2 Tipologie di contrazione

Come annuncia la legge della plasticità muscolare, un muscolo ha la capacità di adattarsi a stimoli come la contrazione e i carichi esterni. Tipologie di attività muscolare diverse possono modificare sia la composizione del muscolo che le dimensioni:

- con allenamenti di alta intensità, non vi sono miglioramenti a livello di sistemi biochimici ma si ha aumento delle dimensioni delle fibre, aumento delle proteine contrattili e un miglioramento nella velocità di espressione della forza.
- Con allenamenti di endurance, migliora la capacità di produrre ATP attraverso la migliore ossidazione di ossigeno. In questo caso però non vi sono modificazioni alle dimensioni delle fibre.
- Quando i muscoli non sono sottoposti ad alcun sforzo prolungato nel tempo, si avrà atrofia cioè perdita di volume del muscolo, debolezza e perdita di funzionalità.
- Anche con l'invecchiamento si va in contro ad atrofia, in questo caso però il processo colpisce più le fibre di tipo 2 mantenendo quelle di tipo 1, con un conseguente diminuzione di forza e potenza. L'esercizio fisico potrebbe

ovviare a questo decadimento preservando una buona proporzione tra le tipologie fibre.

Sappiamo che i muscoli possono contrarsi in modo dinamico cioè con la produzione di movimento oppure in modo statico senza uno spostamento.

Esistono vari tipi di contrazioni muscolari dinamiche:

- **Contrazione Isotonica:** tipologia di contrazione che indica lo spostamento di un carico che resta costante per tutto il periodo di accorciamento del muscolo. Si divide in due fasi, la fase concentrica e positiva dove il muscolo accorciandosi vince una forza a cui è sottoposto portando ad avvicinarsi i due capi articolari di inserzione muscolare, nella fase eccentrica e negativa invece avviene il contrario cioè il muscolo si allunga poiché non in grado di vincere la forza a cui è sottoposto, descrivibile come l'allontanarsi dei due capi di inserzione muscolare.
- **Contrazione Isocinetica:** questa tipologia di contrazione è possibile solo grazie a particolari macchinari che permettono al muscolo di esprimere forza massima per tutta l'ampiezza di movimento con un accorciamento a velocità costante. Crea alti adattamenti nello sviluppo di forza, resistenza, e ipertrofia muscolare rendendo basso il dispendio energetico¹⁹.
- **Contrazioni Auxotoniche:** la Federazione italiana fitness la definisce “una contrazione concentrica, in cui la tensione muscolare cresce progressivamente man mano che il muscolo si accorcia. Ciò avviene quando la resistenza esterna aumenta durante la contrazione”. Weinek la esprime come “tensione muscolare utile allo sviluppo della forza” ed afferma che sia una combinazione tra tensioni isometriche e isotoniche²⁰.
- **Contrazione Pliometriche:** tipologia di contrazione che sviluppa principalmente potenza, caratterizzata da un ciclo di allungamento-accorciamento. Viene suddiviso in tre fasi, “Pre-stretch eccentrico” fase in cui si allungano i fusi muscolari dell'unità muscolo-tendinea, diversi studi hanno dimostrato che questa fase migliora la contrazione concentrica

¹⁹ Shoulder injurie in sport - Evaluation, Treatment and Rehabilitation, Medical Director, Sport medicine of Metro Detroit Troy, Michigan, 2000

²⁰ Weineck J., L'ALLENAMENTO OTTIMALE, Calzetti&Mariucci, 2009

successiva. La seconda fase definita “fase di ammortamento” è il momento che trascorre tra la fase di pre-stretch eccentrico e la fase concentrica; fase importante poiché più è breve l’ammortamento più è efficace e potente è il movimento pliometrico. La terza fase “accorciamento concentrico” è la risultante della prestazione di potenza, soprattutto dalla risposta meccanica delle proprietà elastiche nella fase di pre-stretch. Un obiettivo di questa contrazione è di passare dalla fase eccentrica dove si accumula forza elastica a quella concentrica nel minor tempo possibile.²¹

La contrazione statica invece è detta contrazione isometrica, cioè non vi è variazione di lunghezza del muscolo, ovvero le estremità dei muscoli restano alla stessa distanza anche se le fibre si accorciano per contrarsi, comportando la produzione di tensione ma non movimento esterno. Si eseguono nel tentativo di spostare un carico inamovibile oppure mantenendo per un certo periodo una posizione opponendo resistenza al carico. Questi due tipi di lavoro isometrico prendono il nome di “contrazioni isometriche massimali” e “contrazioni isometriche di mantenimento”. Il lavoro isometrico ha funzionalità di aumentare velocemente l’incremento di forza muscolare poiché vi è un alto reclutamento di unità motorie e fibre muscolari migliorando l’efficienza del sistema nervoso centrale, di migliorare la salute dei tendini e delle articolazioni e comporta un basso costo energetico

²¹ Stefano Agrusti, “Allenare la pliometria: basi meccaniche, linee guida cliniche ed evidenze scientifiche” 2020

CAPITOLO 4

4.0 La Forza

Non esiste una concreta descrizione di forza muscolare ma alcuni ricercatori hanno espresso la loro definizione, “la forza muscolare si può definire come la capacità che i componenti intimi della materia muscolare hanno di contrarsi, in pratica accorciarsi”. (C. Vittori) “La forza muscolare è la capacità dell’uomo che permette di vincere una resistenza od opporvisi con un impegno tensivo della muscolatura” (R. Manno) “Si può definire forza dell’uomo come la sua capacità di vincere una resistenza esterna o di opporvisi con un impegno muscolare” (V. Zaciorsky). Da queste più altre citazioni di altri ricercatori si è arrivati a dire che ogni volta che il muscolo si contrae e quindi genera tensione, esso manifesta forza.²²

La forza è l’insieme di due fattori: quelli strutturali, i quali, come visto nel capitolo precedente, corrispondono alla sezione trasversa del muscolo ed alla tipologia di composizione delle fibre. I fattori nervosi, invece, si occupano di spedire i comandi dalla corteccia motoria ai motoneuroni spinali, i quali garantiscono il reclutamento, la coordinazione intramuscolare ed intermuscolare e la coordinazione della unità motorie. La coordinazione intramuscolare consiste nella capacità delle unità motorie di essere reclutate tutte nello stesso istante per generare il picco massimo di tensione. Quest’ultima permette ai muscoli motori di contrarsi tutti assieme ed ai muscoli che non partecipano di rilassarsi in modo da non frenare l’azione.

4.1 Tipologie di forza

Nell’esprimere forza è importante anche la frequenza di scarica che viene misurata in Hertz (Hz), nonché il numero di segnali che vengono inviati dal cervello alle unità motorie reclutate, maggiori sono gli impulsi e più aumenterà la tensione generata della ogni unità motoria reclutata. Secondo il principio di Hennmann inoltre maggiore sarà la frequenza di scarica e maggiore saranno le unità motorie che verranno reclutate. Per reclutare le fibre Slow basterà una

²² Coni marche, “la forza muscolare”.

frequenza di scarica bassa, attorno ai 5-25 Hz, mentre nelle fibre Fast la frequenza di impulsi arriva attorno ai 60-100 Hz.²³

La forza è l'unica capacità condizionale da considerare in questo caso, poiché velocità e resistenza sono solo capacità che derivano dalle modalità di esternarla.

La forza varia in base alle tensioni che il muscolo esprime, quindi, si possono differenziare diverse espressioni di essa:

- **Forza Massima:** Forza più elevata che in una contrazione volontaria da parte del sistema neuromuscolare si riesce ad esprimere. Questa tipologia dipende principalmente da tre fattori che riguardano la sezione trasversa fisiologica del muscolo, la coordinazione intramuscolare e intermuscolare. Il miglioramento di queste due coordinazioni fa sì che vi sia un aumento di forza, senza una crescita notevole della sezione trasversa del muscolo, poiché nelle unità motorie la forza contrattile migliora limitatamente. I valori di forza nella contrazione concentrica sono tra il 5 e il 20% in meno rispetto ad una contrazione isometrica. La forza massima in contrazione eccentrica (quando il muscolo si allunga) sono invece del 45% superiori rispetto ai valori di una contrazione isometrica.
- **Forza Esplosiva:** è l'abilità del sistema neuromuscolare di spostare oggetti o il corpo e le sue parti più velocemente possibile, partendo da una posizione statica. È possibile riscontrare delle differenze tra arti inferiori e superiori nell'esprimere forza rapida, poiché i valori sono influenzati dalla tipologia di fibre muscolari che vengono attivate, dal tempo richiesto affinché il movimento avvenga e dalla forza contrattile che possiedono le fibre muscolari reclutate durante il movimento.
- **Forza reattiva:** viene espressa quando si vuole muovere un carico velocemente ma a differenza della forza esplosiva il movimento parte da una fase eccentrica seguita da una fase concentrica. Questo avviene grazie alla capacità dell'organismo di esprimere un elevato picco di forza, sfruttando il ciclo di allungamento-accorciamento. È fondamentale negli

²³ Carmelo Bosco, La forza muscolare. Aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche, 2002

sport in quanto rappresenta i salti, gli sprint e lanci. Un buon risultato di questa forza dipende da fattori morfologici-fisiologici come la massa muscolare, la stiffness tendinea e la contrazione volontaria, fattori che richiedono la coordinazione intra ed intermuscolare e, per ultimi, fattori motivazionali come il livello di concentrazione e disponibilità allo sforzo.

- Forza esplosivo-elastica-riflessa: come nella forza reattiva, avviene un doppio ciclo di stiramento-accorciamento, in questo caso di ampiezza limitata e di velocità molto elevata. Questi due fattori sono condizioni fondamentali poiché vengano stimolati i fusi neuromuscolari, producendo in via riflessa un'espressione di forza maggiore.
- Resistenza alla forza: è la capacità del sistema neuromuscolare di creare una quantità di impulsi di forza elevata per il tempo richiesto. Si definisce anche in base al carico, in quanto, se superiore al 75% della forza massima, denota la “resistenza massimale alla forza”, mentre se di media intensità, tra il 50% e il 75% del carico massimo, impone la “resistenza alla forza sub-massimale”. Infine, se la forza da esprimere è di bassa intensità, tra il 30% e il 50%, viene chiamata “resistenza alla forza aerobica”. Di conseguenza la resistenza alla forza si ha quando nel tempo si esprimono forze che corrispondono ad almeno il 30% del massimale di forza isometrica, opponendosi alla fatica.

Ciò che fisiologicamente ci farà migliorare l'espressione di forza sarà la capacità di reclutamento spaziale, cioè la capacità del sistema nervoso di reclutare maggiori unità motorie nel tempo, utili alla contrazione del muscolo. Nei fattori neurogeni che aumentano la forza questo è il primo a subire adattamenti. In un secondo momento migliorerà l'abilità di attivare nello stesso tempo un maggior numero di unità motorie. Dopo di che, si passa alla sincronizzazione delle unità motorie e l'influenza del biofeedback delle cellule del Renshaw.²⁴ Con la sincronizzazione viene intesa la capacità di reclutare nello stesso momento tutte le

²⁴ Carmelo Bosco, La forza muscolare. Aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche, 2002

fibre muscolari, da parte del sistema nervoso che deve emanare alte frequenze di stimolazione in tempi sempre minori, importante soprattutto per esprimere forza veloce. Il biofeedback del Renshaw è un'organizzazione protettiva che impedisce la sincronizzazione dei motoneuroni quando le frequenze di scarica sono forti, impedendo alla muscolatura di produrre tensioni molto alte, tali da produrre danni all'apparato locomotore. L'allenamento ha lo scopo di abbassare la sensibilità del circuito protettivo del Renshaw, facendo sì che il muscolo possa emettere contrazioni più forti in minor tempo.

Il riflesso miotattico si attiva all'interno di movimenti balistici, diminuendo il tempo di reazione e aumentando l'espressione di forza. Questo riflesso è controllato dai fusi neuromuscolari, che hanno la funzione di prevenire stiramenti eccessivi della muscolatura. Questi organelli si attivano quando un muscolo si stira tutto d'un tratto, oltre la sua lunghezza naturale, trasmettendo un segnale eccitatorio alla muscolatura stirata, che in risposta si contrae. L'aumento di forza dato dal riflesso da stiramento avviene nei 40-70 millisecondi da quando il muscolo si stira, di conseguenza, in un movimento molto ampio il riflesso si attua nella fase eccentrica dell'azione²⁵.

Un altro adattamento avviene a livello dei corpuscoli tendinei del Golgi, i quali sono dei recettori collocati nei tendini. Questi percepiscono la tensione su di essi e nel caso in cui questa sia troppo elevata a causa di un carico eccessivo, i recettori attivano un segnale inibitorio con conseguente diminuzione della tensione muscolare. Questo processo può essere minimizzato attraverso l'allenamento della forza, con effetto di inibizione dei segnali a parità di tensione tendinea e muscolare, potendo esprimere al meglio la forza²⁶

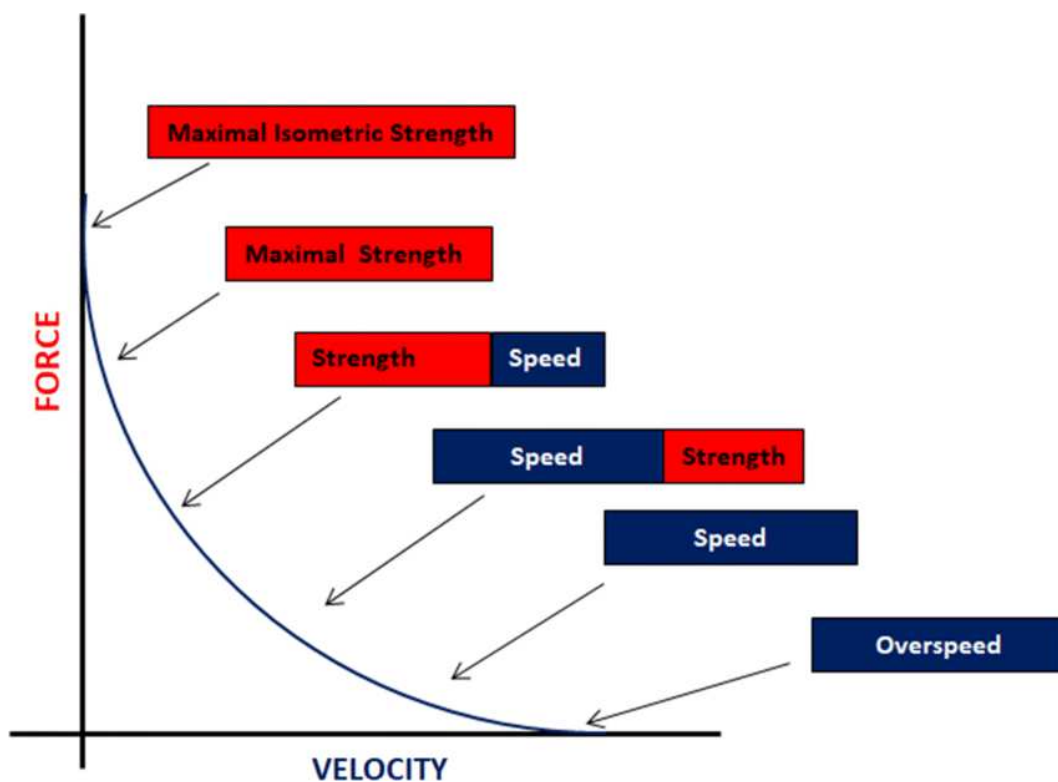
²⁵ Iles 1977; Gottlieb e Agarwal 1979; Chan 1978

²⁶ Vitali Fabrizio, "la forza e le sue espressioni" 2015

4.2 Curva di Hill forza-velocità

“la forza esercitata è tanto maggiore quanto minore è la velocità di movimento, e viceversa” (Hill 1922).

Forza e velocità sono due parametri che analizzano la capacità del muscolo di sincronizzare le fibre sviluppando tensione nel tempo. La curva di Hill mette in relazione questi due parametri in quanto possono essere definite come grandezze fisiche che moltiplicate tra di loro esprimono la potenza, infatti $P=F \times v$. Da questa formula si può definire che il muscolo generi potenza.



https://www.researchgate.net/publication/335987941_Strength_and_Power_Training_in_Rehabilitation_Underpinning_Principles_and_Practical_Strategies_to_Return_Athletes_to_High_Performance

Tale grafico può essere descritto matematicamente da un'equazione iperbolica introdotta da Hill $(F+a)(V+b)=c$ dove F e V sono forza e velocità mentre a , b e c sono costanti anche se in seguito scoprì che a non era una costante, ma

dipendeva dalle due variabili.²⁷ Viene spesso utilizzata per ottenere il valore della potenza massima. Hill suggerì anche che la meccanica della contrazione muscolare è strettamente legata al metabolismo energetico del muscolo. Attraverso lo studio di Bàràny nel 1967 viene rilevato che la velocità massima è correlata all'attività dell'ATPasi della miosina, attivata dal calcio e dall'actina del muscolo e che a sua volta è in gran parte determinata dalla proprietà enzimatiche delle isoforme della miosina. Quello che implica la massima velocità di accorciamento è l'idrolisi dell'ATP e il rilascio di Pi e ADP dalla testa della miosina. Le isoforme della miosina veloce e lenta, oltre a determinare la velocità massima, modellano anche la curva forza velocità. Questo indica che un muscolo veloce, rispetto ad uno lento, non solo si accorcia più velocemente, ma ha anche una potenza maggiore a causa della minore curvatura del suo grafico forza-velocità. Anche l'affaticamento muscolare è associato ad una riduzione delle prestazioni muscolari, specialmente nelle produzioni di potenza, determinata dalla forza, dalla velocità muscolare e della curva data dal rapporto di queste due componenti. Il risultato dell'affaticamento è dato da un ambiente chimico alterato a causa del rapido uso di ATP e della riduzione del Ca^{2+} intracellulare²⁸. I cambiamenti intracellulari associati alla fatica sono probabili modificatori diretti della cinetica dei ponti trasversali.

Il risultato forza-velocità è solitamente ottenuto dall'adattamento della curva ai dati, ottenuti con un protocollo che prevede rilasci rapidi isotonici. Una descrizione completa della curva dovrebbe includere carichi negativi e positivi maggiori della forza isometrica massima.

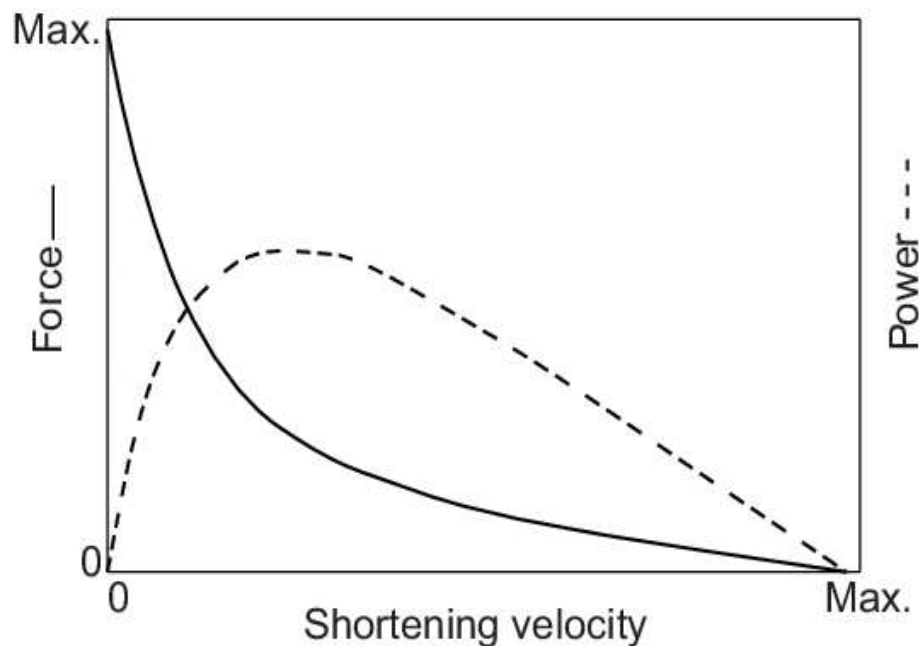
Analizzando la curva si può vedere che il parametro di forza è inversamente proporzionale alla velocità, in quanto più le fibre muscolari si accorciano, minore è la capacità di produrre forza da parte del muscolo durante la contrazione. Di conseguenza, la massima velocità si avrà quando il carico da spostare è pari a zero, mentre la forza isometrica è massima quando la velocità è appunto zero.

²⁷ Hill AV 1964. the effect of load on the rate of shortening of muscle

²⁸ Jones DA. Changes in the force-velocity relationship of fatigued muscle: implications for power production and possible causes. J Physiol. 2010

Nella curva vengono indicate le capacità condizionali in rapporto alla velocità con cui il muscolo si contrae. È importante soprattutto per individuare le percentuali di carico ed i volumi di allenamento ottimali ²⁹.

Poiché la potenza è un fattore determinante per gli atleti di molti sport, l'ottimizzazione di essa è di grande importanza. Essendo la potenza la risultante della forza moltiplicata per la velocità, il miglioramento di una di queste due variabili può portare ad una maggiore produzione di potenza.



Lindstedt, Stan. (2016). Skeletal muscle tissue in movement and health: Positives and negatives. *Journal of Experimental Biology*. 219. 183-188.
10.1242/jeb.124297.

L'obiettivo principale è quello di spostare la curva Forza-Velocità verso destra, con il risultato di uno spostamento di carichi maggiori a velocità più elevate. Se la curva si sposta verso destra rappresenterà un miglioramento del tasso di sviluppo della forza.

Comprendere al meglio la curva forza velocità è importante per lavorare sulla preparazione ed il condizionamento degli atleti, in quanto, se si punta solo ad una parte del grafico è probabile che il giocatore migliori solo su quella, mentre andrà a peggiorare le prestazioni negli altri punti. Infatti, se ci si concentrerà solo su

²⁹ Giuseppe Murri, "La curva forza velocità"

allenamenti di forza massima, questi porteranno a miglioramenti nella produzione della forza ma a riduzioni della velocità contrattile muscolare. Come risultato, quindi, è importante allenare tutte le parti per massimizzare l'esplosività dell'atleta.

CAPITOLO 5

5.0 Allenamento della forza

Con un programma di allenamento adeguato il corpo tende a rispondere allo stress provocato dall'allenamento tramite un aumento di forza. Questo fenomeno segue il modello di supercompensazione, che non corrisponde solo al cambiamento fisiologico, ma anche ad un modello di contestualizzazione dell'allenamento.

Viene diviso in quattro fasi:

1. **Allenamento:** viene imposto un carico maggiore nell'allenamento rispetto a quello cui il corpo era abituato negli allenamenti precedenti. Questo incremento di stimoli provoca un affaticamento con conseguente calo delle prestazioni.
2. **Recupero:** di conseguenza a quello che avviene nella prima fase, l'unica scelta è quella di far recuperare il corpo attraverso sessioni di riposo attivo o con giornate di recupero completo senza allenamento. Una buona programmazione di recupero ed un'alimentazione adeguata porteranno riserve energetiche e prestazioni allo stato iniziale.
3. **Supercompensazione:** dopo aver somministrato stimoli maggiori cui il corpo non era pronto ed un giusto recupero, l'organismo mette in atto una strategia di compensazione in modo da poter rendere sostenibile lo sforzo avvenuto nella fase uno.
4. **Calo della forma fisica (preparazione):** quando un nuovo stimolo viene apportato al corpo tramite l'allenamento, questo dovrebbe avvenire nel momento in cui l'organismo è in fase di supercompensazione per ottimizzare i benefici.³⁰

Con il ripetersi di questo ciclo presente in qualsiasi tipo di attività fisica, si punterà a spostare la linea di andamento sempre più in alto, apportando dei miglioramenti prestazionali nell'atleta.

La forma fisica non è mai statica, infatti o è in supercompensazione o avviene il detraining. Per questo bisogna programmare gli allenamenti in modo da sfruttare al massimo la supercompensazione.

³⁰ Vern Gambetta, *Athletich Development*, 2007

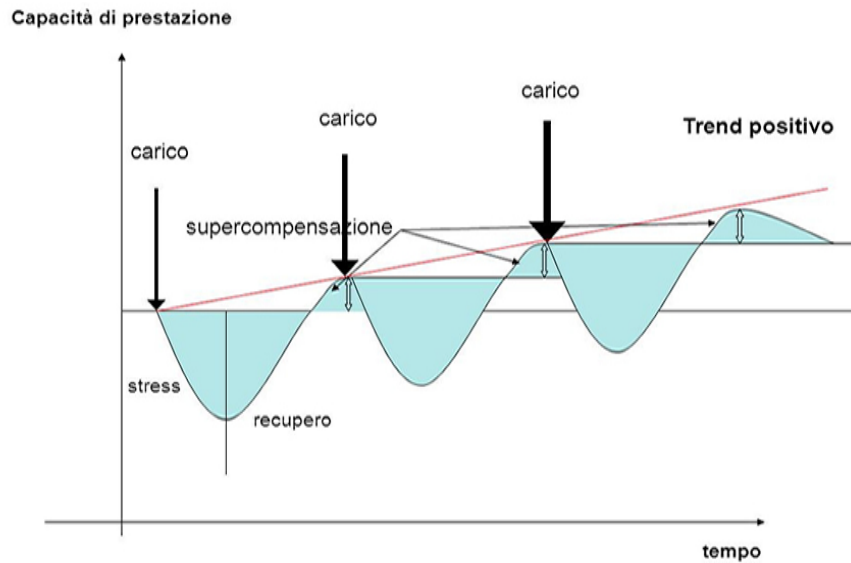


Grafico supercompensazione (<https://www.projectinvictus.it/programmare-fase-scarico/>)

Il detraining è una fase in cui si perdono adattamenti fisiologici, anatomici e prestativi a causa di un volume, una frequenza o intensità errate e molto spesso troppo basse³¹, o per uno stop prolungato dovuto ad un infortunio o a causa di un'immobilizzazione.

Per sfruttare al meglio la supercompensazione è importante programmare il piano di allenamenti dell'intera stagione attraverso microcicli, mesocicli e macrocicli.

Un fattore importante viene espresso dal fatto che obiettivi, metodi e contenuti dei cicli di dimensione maggiore vanno a definire i contenuti dei cicli minori, i quali costituiscono a loro volta quelli maggiori. L'importanza di dividere in sezioni assicura un maggior controllo nell'individuare, programmare e controllare la quantità di carico in rapporto ai recuperi.

- Il Microciclo: ha una durata di una settimana ed è composto da vari allenamenti al suo interno, tenendo conto di fattori come la condizione fisica degli atleti, eventuali infortuni o problemi muscolari, match importanti, ma anche delle condizioni climatiche. Dev'essere impostato in modo che le unità di allenamento siano in sequenza fra loro e vadano a

³¹ Kraemer, Fleck, Deschenes. Exercise Physiology: Integrating Theory and Applications. Lippincott Williams & Wilkins, 2011. pp. 375.

stimolare una capacità condizionale specifica, tenendo conto dei fattori utili a massimizzare il risultato dell'esercitazione.

- **Mesociclo:** è composto da più microcicli che ricercano la specificità nello sviluppo della prestazione, concentrandosi su determinate caratteristiche. Può andare dalle 2 alle 8 settimane e solitamente dopo una fase di carico fa seguito una fase di tapering, che può durare dai 4 ai 28 giorni, in cui vengono abbassati i parametri di allenamento, concedendo un periodo di scarico all'atleta in modo tale da non causargli un overtraining.

I mesocicli hanno caratteristiche diverse:

1. **Mesociclo introduttivo:** prevede mezzi di allenamento generali con intensità basse e un esteso volume, al fine di aumentare le capacità di carico dell'atleta.
 2. **Mesociclo di base:** verte a migliorare parametri di carico quali intensità e volume, accentuando il lavoro su alcune capacità e abilità importanti per la prestazione.
 3. **Mesociclo di preparazione e controllo:** mira alla trasformazione delle capacità prestazionali, per essere adattate al modello gara. Gli atleti vengono anche esaminati con dei test per individuare i miglioramenti ottenuti. Vengono ottimizzati i tempi di recupero.
 4. **Mesociclo di perfezionamento:** errori e punti deboli vengono corretti ed eliminati consolidando le nuove capacità acquisite attraverso parametri ottimali di carico.
 5. **Mesociclo di gara:** gli allenamenti vengono impostati in modo tale da replicare i volumi e l'intensità di gara, anche tramite azioni tecnico-tattiche. Il suo scopo è quello di migliorare le capacità prestazionali.
 6. **Mesociclo intermedio:** i carichi di lavoro diminuiscono per permettere il recupero e la stabilizzazione dopo un periodo di gara intenso. Solo successivamente i carichi vengono aumentati e si utilizzano esercizi di gara.
- **Macro ciclo:** è composto da più mesocicli e può durare da qualche mese fino ad un anno. Solitamente viene diviso in tre fasi, la prima detta periodo

di preparazione, dove avviene la formazione delle prestazioni da gara; il secondo, detto periodo di gara, dove il lavoro consiste nel mantenere i ritmi; infine, il periodo di transizione, dove avviene una fase decrescente del lavoro atta a far perdere momentaneamente la forma sportiva.³²

Durante un macrociclo basato sull'allenamento della forza si svolgono in media tra le 8500 e le 11000 ripetizioni totali. Di queste, tra le 5000 e le 7700 ripetizioni vengono utilizzate per l'incremento di forza massima. Per la forza esplosiva vengono utilizzate dalle 2500 alle 4400 ripetizioni, che corrisponde al 30-40% del volume totale, divise a metà tra esercizi esplosivi ad alto carico ed esercizi esplosivi a basso carico.³³

Per programmare e strutturare al meglio ogni allenamento è necessario poi chiarire il concetto di carico esterno ed interno. Il carico esterno designa il lavoro completato dall'atleta durante un allenamento od una competizione, misurato indipendentemente dalle sue caratteristiche interne.³⁴ È possibile stabilire il carico esterno valutando differenti variabili tra cui:

- La velocità.
- La durata.
- La distanza percorsa.
- Il peso corporeo.
- L'accelerazione.
- Movimenti sport-specifici come lanci o tackle completati

L'abilità nel quantificare oggettivamente il carico esterno è essenziale nel monitoraggio dell'atleta in quanto permette agli addetti ai lavori di:

- Valutare l'efficacia di un programma di allenamento o recupero.
- Minimizzare il rischio di infortunio di un atleta.

³² Weineck J., L'ALLENAMENTO OTTIMALE, Calzetti&Mariucci 2009

³³ Antonio Squillante, Allenamento della forza per la preparazione fisica, Giacomo Cataldi editore

³⁴ Soligard T. et al.: HOW MUCH IS TOO MUCH? (PART 1) INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE CONSENSUS STATEMENT ON LOAD IN SPORT AND RISK OF INJURY (2016); British Journal of Sports Medicine.

- Stilare programmi di allenamento individualizzati che riflettano le richieste della competizione e permettano all'atleta di mantenere ed ottimizzare la performance.

Qualsiasi carico esterno applicato al corpo risulterà in una serie di risposte fisiologiche e psicologiche, nonché in una variazione di parecchi altri fattori biologici ed ambientali. Questa risposta individuale è anche nota come carico interno³⁵ e può essere monitorata valutando l'andamento di variabili come:

- Frequenza cardiaca (FC).
- Concentrazione ematica di lattato.
- Consumo d'ossigeno.
- Scala RPE durante un allenamento od una competizione.

Scala RPE	(Rate of Perceived Exertion) Scala dello Sforzo Percepito
10	Massimo Sforzo
9	Attività Molto Intensa
7-8	Attività Vigorosa
4-6	Attività Moderata
2-3	Attività Leggera
1	Attività Molto leggera

Scala RPE (<https://strenghtendurance.com/2020/11/28/rpe/>)

Qualsiasi carico può essere oggettivato da chi lo stila in base a diversi parametri che nel mondo del training prendono il nome di componenti del carico di allenamento, distinte in quantitative e qualitative.³⁶

Tra le componenti quantitative figurano:

- La durata dello stimolo, che corrisponde al cosiddetto Time Under Tension (TUT), ovvero il tempo per il quale la contrazione viene mantenuta, considerando tanto la fase eccentrica, quanto la pausa in allungamento, la fase concentrica e la pausa in accorciamento.

³⁵ *ivi*

³⁶ *ivi*

- Il volume dello stimolo, che descrive invece la mole di lavoro svolta in un determinato esercizio o serie di esercizi che interessano lo stesso gruppo muscolare. Si può calcolare moltiplicando il quantitativo di serie, per le ripetizioni, per i kilogrammi di peso sollevati.³⁷
- La frequenza dello stimolo, che stabilisce il numero delle unità di allenamento quotidiane e/o settimanali.
- Complessità dello stimolo, che definisce la difficoltà in termini di concatenazione e/o coordinazione di più movimenti.

Alla classe delle componenti qualitative invece appartengono:

- Intensità dello stimolo, ovvero l'impegno profuso dall'atleta di un lavoro rispetto alla sua capacità massima (%1RM).

In realtà, l'intensità risente moltissimo, oltre che della %1RM, anche della velocità di spostamento di un carico, nonché della durata del recupero tra le serie. Infatti, mentre spostare un carico del 70% di 1RM a velocità controllata predispone ad un lavoro maggiormente metabolico, lo spostamento dello stesso carico o di carichi superiori alla massima velocità rappresenta più un lavoro di potenza, per cui di maggior intensità. Per quanto riguarda il recupero tra le serie, la riduzione dell'intervallo tra una serie e la successiva è capace di aumentare l'intensità di una seduta.

Conoscere anche la velocità massima di spostamento di un carico, oltre alla percentuale del carico stesso, consente di costruire la curva forza-velocità, già menzionata nei capitoli precedenti, la quale permette di comprendere le proprietà esplosive degli atleti con carichi submassimali.³⁸

- Densità dello stimolo, che si differenzia in locale e sistemica. La prima si ottiene moltiplicando il TUT di una ripetizione per il quantitativo di ripetizioni eseguite, mentre per valutare la densità sistemica dell'intero allenamento è sufficiente moltiplicare il valore della densità locale di una

³⁷ McBride J. M. et al.: COMPARISON OF METHODS TO QUANTIFY VOLUME DURING RESISTANCE EXERCISE (2009); Journal of Strength and Conditioning Research.

³⁸ Fisher J. et al.: EVIDENCE-BASED RESISTANCE TRAINING RECOMMENDATIONS, 2011.

singola serie per le serie totali di allenamento e dividere il tutto per la durata della seduta. Diversamente dalla densità locale, dunque, la densità sistemica tiene conto anche dei tempi di recupero tra le serie.³⁹

5.1 Metodologie di allenamento della forza

Esistono varie metodologie per poter allenare la forza, la prime che vedremo si differenzieranno per la quantità di carico utilizzata.

Il primo metodo consiste nell'impegno massimale, cioè sollevamento di un carico oltre il 90% dell'1RM, lavorando a basso volume e con basse ripetizioni (tra 1 e 3) al fine di apportare ottimi miglioramenti nella coordinazione intra ed intermuscolare. Sovraccarichi elevati sono basilari per ottenere ottimi risultati nei nostri allenamenti di forza, poiché secondo il principio del SAID (specific Adaptation to Imposed Demands) gli adattamenti del nostro corpo sono relativi al carico utilizzato. È limitante in quanto non crea ipertrofia a livello muscolare, esige di un'elevata tecnica di esecuzione e un'elevata motivazione e concentrazione.

Il secondo metodo consiste nell'impegno submassimale. Rispetto alla prima metodologia, il carico si sposta in un range tra l'80 e 90% dell'1RM, con un aumento delle ripetizioni tendenzialmente tra 3 e 5. Questo metodo viene utilizzato da molti per l'incremento della forza. La tabella di Prilepin può essere utile per individuare le percentuali di carico in base alle ripetizioni da svolgere

Percent 1RM	Approximate Number of Repetitions	Optimal Total Reps per Workout (with range)	Training Effect
95-100	3 to 1	7 (4-10)	Max Strength
85-95	6 to 3	10 (6-14)	Strength
75-85	10 to 6	15 (10-20)	Hypertrophy and Endurance
65-75	20 to 10	18 (12-24)	Explosive Power, Endurance, Some Hypertrophy
55-65	35 to 20	24 (18-30)	Endurance
45-55	50+ to 35	100 (50-150)	Endurance

Tabella di Prilepin (<https://powerathlethq.com/prilepins-chart/>)

³⁹ Workouts zone, "Basi dell'allenamento: volume, intensità e densità"

Il terzo metodo consiste nell'impegno dinamico per aumentare la forza esplosiva in atleti che vogliono implementare l'altezza e lunghezza nel salto, l'accelerazione, la velocità e la performance fisica. Questa metodica prevede di utilizzare medio-basse percentuali di carico rispetto al massimale, ricercando la massima accelerazione del bilanciere. Generalmente si possono eseguire molte serie, tra le 9-12 con un basso quantitativo di ripetizioni (1-3) fino ad un massimo di 5. Questa tipologia di allenamento è in grado di generare massima tensione, ma non aumentare in maniera diretta la forza massima.⁴⁰

Il quarto metodo detto degli sforzi ripetuti si basa sul principio dell'esaurimento muscolare. Utilizzando carichi di allenamento compresi tra il 65 e l'80% del massimale, si ricerca enfasi sulla fase eccentrica del movimento, a scapito di quella concentrica. In questo modo è possibile sviluppare ipertrofia muscolare, eseguendo un numero alto di ripetizioni (12-15) e tempi di recupero incompleti. La componente ipertrofica è comunque importante per atleti che necessitano di sviluppare alti livelli di forza dinamica. Un esempio di allenamento a sforzi ripetuti è quello eccentrico sottomassimale, mentre nel caso in cui viene sfruttato un allenamento eccentrico sovramassimale è bene combinarlo al metodo degli sforzi dinamici per aumentare la stiffness muscolare e l'espressione di potenza. L'utilizzo alternato di questi metodi consente di dare importanza tanto allo sviluppo della potenza quanto a quello della forza.⁴¹

Altri metodi classici per allenare la forza sono le super set per gli agonisti e per gli antagonisti, nelle quali si eseguono rispettivamente due esercizi in successione per lo stesso gruppo muscolare, nel primo caso, due esercizi in successione dapprima per l'agonista e subito dopo per l'antagonista, nel secondo caso. La vera e propria pausa della super set interviene solo quando ambedue le serie sono concluse.

Le serie "brucianti", invece, prevedono di portare un esercizio ad esaurimento (scegliendo un sovraccarico che permetta di eseguire almeno 10 ripetizioni) e di eseguire circa 5 movimenti parziali dello stesso esercizio a fine serie.

⁴⁰ Louie Simmons, Il libro dei metodi Westside Barrell.

⁴¹ Antonio Squillante, Allenamento della forza per la preparazione fisica, Giacomo Cataldi editore

Importante per lo sviluppo della forza esplosiva è anche il metodo del contrasto, secondo il quale, all'interno di un'unità di allenamento o di una singola serie, bisogna alternare l'utilizzo di carichi pesanti a pesi leggeri, con un'esecuzione esplosiva del movimento. Oltre all'alternanza pesante-leggero è possibile combinare impegni di forza massimali con impegni di resistenza alla forza o esplosivi di forza rapida, utilizzando tanto i sovraccarichi, quanto esercizi a carico naturale.

Tra i metodi più comuni per aumentare la massa muscolare e migliorare la coordinazione intramuscolare esiste il metodo piramidale crescente, decrescente e doppio, il quale prevede di salire con il carico e diminuire nelle ripetizioni, nel primo caso, scendere con il carico e salire con le ripetizioni, nel secondo e combinare entrambi i metodi nel terzo.

Nel pre/post affaticamento poi, si richiede enfasi sullo stress di un determinato distretto muscolare, con esercizi multiarticolari preceduti o seguiti rispettivamente da un complementare atto a stancare la muscolatura.

Il metodo concentrico nella sua forma pura allena la capacità di massima attivazione nell'atleta ed è particolarmente adatto alla preparazione alle gare. Questa metodologia prevede di sollevare un carico in maniera esplosiva enfatizzando la fase concentrica, mentre quella eccentrica non viene eseguita o non viene controllata nella velocità esecutiva.⁴²

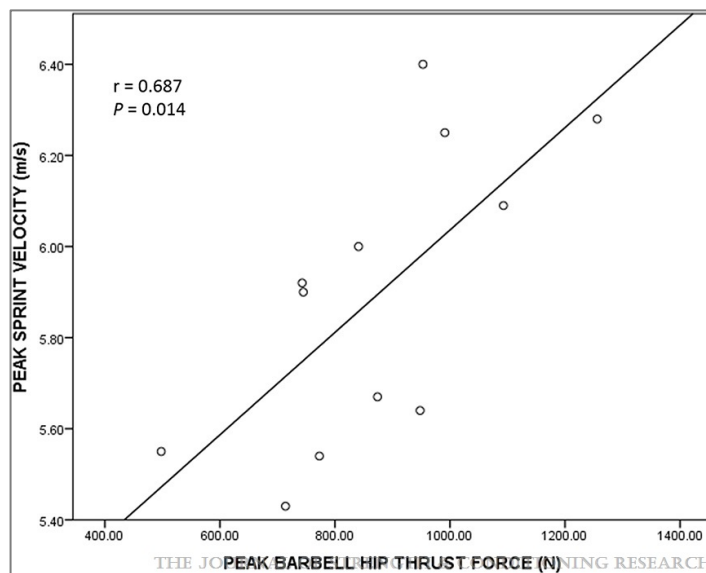
5.2 Ricerche scientifiche e miglioramenti prestazionali degli atleti

In questa parte del capitolo si prendono in considerazione studi scientifici che pongono il loro interesse sull'incremento delle prestazioni attraverso esercitazioni di forza nei calciatori e nelle calciatrici. I movimenti che vengono presi in causa maggiormente saranno squat, hip thrust e molti movimenti pliometrici come squat jump o simili, poiché hanno dato il maggior numero di risultati positivi nelle prestazioni come salto e sprint.

Uno studio di Williams et. coll. del 2021 ha notato che la velocità massima dello sprint era correlata alla produzione di forza orizzontale, ma non di quella verticale, affermando che l'utilizzo di esercizi che aumentano la forza sul piano

⁴² Weineck J., L'ALLENAMENTO OTTIMALE, Calzetti&Mariucci 2009

orizzontale crea un transfert diretto sulle prestazioni dello sprint. Nello studio viene dimostrato che esiste una correlazione tra la velocità massima dello sprint ed il picco di produzione della forza durante l'hip thrust con bilanciere, mentre non vi è correlazione con gli esercizi di squat verticale.⁴³



<https://journals.lww.com/nsca->

[jscr/Fulltext/2021/01000/Activation_of_the_Gluteus_Maximus_During.3.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2021/01000/Activation_of_the_Gluteus_Maximus_During.3.aspx)

Inserire quindi hip thrust nelle programmazioni è, secondo Williams et coll., corretto, poiché si attiva maggiormente il grande gluteo e fa seguito un aumento di produzione della forza orizzontale. Viene proposto, infatti, alla base di queste informazioni, di inserire hip thrust con esercizi e metodi di allenamento che aumentino la forza orizzontale, poiché durante lo sprint massimale la punta del piede tocca terra quando l'anca è leggermente iperestesa.⁴⁴ A supporto di questo studio, Contreras et al., riportano che un programma di allenamento con hip thrust

⁴³ Williams, Michael J.; Gibson, Neil V.; Sorbie, Graeme G.; Ugbole, Ukadike C.; Brouner, James; Easton, Chris Activation of the Gluteus Maximus During Performance of the Back Squat, Split Squat, and Barbell Hip Thrust and the Relationship With Maximal Sprinting, Journal of Strength and Conditioning Research: January 2021

⁴⁴ Williams, Michael J.; Gibson, Neil V.; Sorbie, Graeme G.; Ugbole, Ukadike C.; Brouner, James; Easton, Chris Activation of the Gluteus Maximus During Performance of the Back Squat, Split Squat, and Barbell Hip Thrust and the Relationship With Maximal Sprinting, Journal of Strength and Conditioning Research: January 2021

di sei settimane, conduce a miglioramenti nei tempi di sprint nei 20 metri. L'importanza dell'orientamento delle forze è fondamentale per il potenziamento di movimenti specifici.⁴⁵

In una ricerca di Sili et al del 2016, vengono poi messi in relazione la forza massima nel back squat e la velocità nello sprint in un gruppo di calciatori professionisti. A tal proposito è stato visto che un miglioramento nelle prestazioni di back squat in 1RM si può associare ad una diminuzione di tempo negli sprint brevi nei 5, 10 e 20 metri, in un programma di allenamento della forza di 6 settimane, diviso in 12 sessioni. Durante questo programma i miglioramenti di forza assoluta sono stati del 19% e di quella relativa il 16%. Nello sprint, invece, si sono avuti miglioramenti nei 5 metri con una diminuzione di circa il 5%, nei 10 circa del 3% e nei 20 metri circa dell'1%.

Performance variable	Before	After	Effect size, <i>d</i>
5-m sprint (s)	1.11 ± 0.04 (1.09–1.13)	1.05 ± 0.03* (1.04–1.06)	0.55
10-m sprint (s)	1.83 ± 0.05 (1.81–1.85)	1.78 ± 0.05* (1.76–1.80)	0.45
20-m sprint (s)	3.09 ± 0.07 (3.06–3.12)	3.05 ± 0.05* (3.03–3.07)	0.31
Absolute (kg)	125.4 ± 13.78 (119.9–130.9)	149.3 ± 16.62* (142.7–155.9)	0.62
Relative (kg·kg ⁻¹)	1.66 ± 0.24 (1.56–1.76)	1.96 ± 0.29* (1.84–2.08)	0.45

**p* ≤ 0.001. THE JOURNAL OF STRENGTH & CONDITIONING RESEARCH

(https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2016/06000/Effects_of_Strength_Training_on_Squat_and_Sprint.5.aspx)

Dopo di ciò, è stato visto che valutare la forza di picco o la potenza di picco durante squat jump o countermovement jump potrebbe avere una correlazione ancora migliore con le prestazioni di sprint su distanze specifiche del calcio. In particolare, il countermovement jump con prestazioni del ciclo allungamento-accorciamento lento, mentre il drop jump come misura del ciclo veloce. Cronin e Hansen hanno dimostrato che le performance del ciclo lento corrispondono alla fase iniziale dello sprint, dove il tempo a contatto con il terreno è più elevato,

⁴⁵ Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Beardsley C, Cronin J. A Comparison of Gluteus Maximus, Biceps Femoris, and Vastus Lateralis Electromyographic Activity in the Back Squat and Barbell Hip Thrust Exercises. *J Appl Biomech.* 2015 Dec

mentre le misure dei cicli veloci sono più importanti nelle fasi di velocità massima. Non a caso, la relazione tra la rapidità del primo passo e la velocità massima è più debole rispetto a quella tra rapidità del primo passo e accelerazione. L'analisi del salto, quindi, può ampliare la comprensione dei parametri determinanti della velocità specifica per il calcio, consentendo una maggiore individualizzazione in termini di valutazione e programmazione degli esercizi.⁴⁶

In uno studio di Chelly et al. del 2009 viene somministrato un programma di allenamento con half back squat per due mesi ad un gruppo di calciatori. Le sessioni di allenamento della forza vengono svolte due volte a settimana e consistono in 7 ripetizioni al 70%RM, 4 ripetizioni all'80%RM, 3 ripetizioni all'85%RM e 2 ripetizioni al 90%RM. Questo protocollo ha indotto miglioramenti nelle prestazioni di salto: nello squat jump è avvenuto un miglioramento del 10%, mentre nel test dei cinque salti consecutivi i giocatori sono migliorati del 4%. In più, sono avvenuti miglioramenti sulla potenza di picco, nella forza dinamica e nelle prestazioni di sprint dei calciatori. Questo tipo di protocollo può essere inserito all'interno dell'allenamento prima delle sessioni tecnico tattiche⁴⁷.

Secondo una ricerca di Hammani et al., con un programma di otto settimane di back squat, svolto due volte a settimana, con 3x8 al 70%1RM come riscaldamento, 5x4 all'80%1RM, 4x3 all'85%1RM e, per finire, 3x3 al 90%1RM, gli atleti sono in grado di migliorare nel salto verticale, potenza di picco, sprint, agilità, ma anche nella velocità nei cambi di direzione.

⁴⁶ Styles, William J.; Matthews, Martyn J.; Comfort, Paul Effects of Strength Training on Squat and Sprint Performance in Soccer Players, *Journal of Strength and Conditioning Research*: June 2016 - Volume 30 - Issue 6 - p 1534-1539

⁴⁷ Chelly MS, Fathloun M, Cherif N, Ben Amar M, Tabka Z, Van Praagh E. Effects of back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 2241–2249, 2009.

	Experimental group (n = 19)		Control group (n = 12)		ANOVA	
	Pre	Post	Pre	Post	p	ES
Sprint						
5 m (time, s)	1.13 ± 0.06	1.00 ± 0.03†	1.03 ± 0.06	1.08 ± 0.04	0.000	0.393
10 m (time, s)	1.92 ± 0.09	1.73 ± 0.01†	1.84 ± 0.09	1.86 ± 0.09	0.000	0.315
20 m (time, s)	3.24 ± 0.03	3.06 ± 0.02†	3.16 ± 0.14	3.22 ± 0.15	0.000	0.279
30 m (time, s)	4.56 ± 0.13	4.30 ± 0.05†	4.45 ± 0.23	4.50 ± 0.24	0.001	0.179
40 m (time, s)	5.93 ± 0.17	5.52 ± 0.06‡	5.85 ± 0.32	5.75 ± 0.33	0.015	0.097
Agility tests						
S180° (s)	8.39 ± 0.07	8.16 ± 0.13‡	8.33 ± 0.29	8.38 ± 0.35	0.016	0.096
SBF (s)	8.54 ± 0.14	8.26 ± 0.09§	8.50 ± 0.28	8.62 ± 0.41	0.002	0.153
S4 × 5 m (s)	6.23 ± 0.12	5.59 ± 0.07§	6.15 ± 0.25	6.21 ± 0.24	0.001	0.187

*S180° = sprint time over 9-3-6-3-9 m with 180° turns; SBF = sprint time over 9-3-6-3-9 m with backward and forward running; S4 × 5 = sprint time over 4 × 5 m; ES = effect size.
A 2-way analysis of variance (group × time) assessed the statistical significance of training-related effects: †p ≤ 0.001; ‡p ≤ 0.05; §p ≤ 0.01.

	Experimental group (n = 19)		Control group (n = 12)		ANOVA	
	Pre	Post	Pre	Post	p	ES
Squat Jump						
Height (m)	0.36 ± 0.03	0.43 ± 0.02†	0.36 ± 0.04	0.37 ± 0.04	0.001	0.168
Force (N)	1,177 ± 240	1,350 ± 185	1,222 ± 192	1,191 ± 209	0.067	0.057
Velocity (m · s ⁻¹)	2.33 ± 0.20	2.61 ± 0.12†	2.40 ± 0.16	2.34 ± 0.18	0.000	0.204
Power (W · kg ⁻¹)	18.2 ± 3.8	22.4 ± 2.1‡	19.0 ± 3.6	18.2 ± 3.4	0.005	0.130
Power (W)	1,057 ± 265	1,339 ± 211‡	1,111 ± 245	1,062 ± 226	0.010	0.110
Counter Movement Jump						
Height (m)	0.37 ± 0.05	0.42 ± 0.04§	0.38 ± 0.05	0.37 ± 0.05	0.015	0.097
Force (N)	1,173 ± 221	1,325 ± 126	1,149 ± 169	1,158 ± 196	0.134	0.038
Velocity (m · s ⁻¹)	2.43 ± 0.18	2.67 ± 0.13‡	2.48 ± 0.20	2.45 ± 0.19	0.003	0.139
Power (W · kg ⁻¹)	22.2 ± 2.4	24.2 ± 2.0	22.9 ± 3.7	22.7 ± 3.5	0.124	0.040
Power (W)	1,289 ± 230	1,445 ± 216	1,338 ± 255	1,320 ± 245	0.159	0.034

*ES = effect size.
†p ≤ 0.001.
‡p ≤ 0.01.
§p ≤ 0.05.

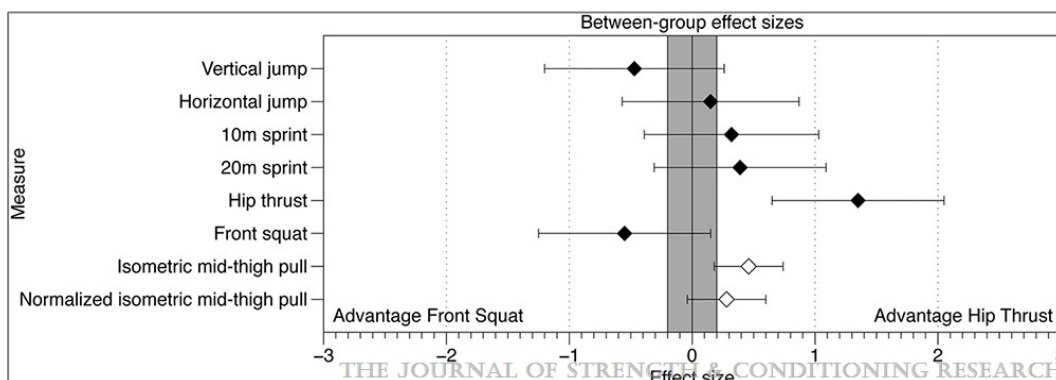
(https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2018/01000/Effects_of_Lower_Limb_Strength_Training_on.6.aspx)

Questo perché l'allenamento con carichi elevati aumenta forza e potenza con effetti minimi sul volume muscolare, conservando così l'agilità. Per i guadagni in agilità e nei cambi di direzione potrebbe essere fondamentale l'adattamento neurale, una maggiore coordinazione intramuscolare e un'elevata propriocezione⁴⁸, inoltre, Kyrolainen nel 2005 scrive che il miglioramento della capacità di salto, dopo un programma di allenamento a carichi elevati, viene

⁴⁸ Hammami, Mehréz; Negra, Yassine; Billaut, François; Hermassi, Souhail; Shephard, Roy J.; Chelly, Mohamed Souhail, Effects of Lower-Limb Strength Training on Agility, Repeated Sprinting With Changes of Direction, Leg Peak Power, and Neuromuscular Adaptations of Soccer Players, Journal of Strength and Conditioning Research: January 2018 - Volume 32 - Issue 1 - p 37-47

associato all'aumento di espressione della forza nei primi 5 metri, come conseguenza della modificazione della strategia di controllo congiunto⁴⁹.

Un ulteriore supporto a questa tesi arriva da un altro studio pubblicato nel 2017, dove però questa volta viene preso in causa come esercizio il front squat. Due gruppi di 11 ragazzi, uno allenato per 6 settimane con 4 serie di front squat, mentre l'altro con 4 serie di hip thrust, per due volte a settimana, rileva il gruppo di front squat come quello migliorato maggiormente nel salto verticale e nella prova di squat a 3RM. Dall'altro lato, il gruppo di hip thrust è migliorato nei tempi dei 10 e 20 metri e nella prova di forza nel movimento allenato.⁵⁰



(https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2017/04000/Effects_of_a_Six_Week_Hip_Thrust_vs__Front_Squat.16.aspx)

In letteratura sono state trovate correlazioni tra la forza massima eccentrica e quella dinamica, con possibilità che un livello di resistenza massima più elevata sia un fattore importante per diminuire i tempi nei cambi di direzione e nelle decelerazioni⁵¹.

⁴⁹ Kyröläinen H, Avela J, McBride JM, Koskinen S, Andersen JL, Sipilä S, Takala TE, Komi PV. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2005 Feb

⁵⁰ Contreras, Bret; Vigotsky, Andrew D.; Schoenfeld, Brad J.; Beardsley, Chris; McMaster, Daniel T.; Reyneke, Jan H.T.; Cronin, John B. Effects of a Six-Week Hip Thrust vs. Front Squat Resistance Training Program on Performance in Adolescent Males: A Randomized Controlled Trial, *Journal of Strength and Conditioning Research*: April 2017 - Volume 31 - Issue 4 - p 999-1008

⁵¹ Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Fisiologia del calcio: un aggiornamento. *J Sports Med* 35: 501–536, 2005.

Attraverso uno studio di Tillin et coll. del 2012, viene dimostrato che un programma di quattro settimane di allenamento incentrato nello sviluppo della forza esplosiva, attiva degli adattamenti nel reclutamento neuromuscolare dei muscoli agonisti, migliorando la velocità di produzione di forza massima esplosiva.⁵²

In un'ulteriore ricerca di Millar et al., è emerso come in un gruppo di calciatrici delle scuole superiori, l'hip thrust abbia prodotto notevoli miglioramenti nella distanza massima raggiunta dal pallone con un calcio, circa del 5% in più rispetto allo squat.⁵³

	HT LSM ± SE	Modificare	% Modifica	SQ LSM ± SE	Modificare	% Modifica
3RM HT (kg)	90,59 ± 3,63	22.96	33,96%	83,65 ± 2,87	16.02	23,68%
Squat 3RM (kg)	56,38 ± 1,99	13.92	32,88%	55,56 ± 1,61	13.13	30,94%
Salto verticale (cm)	37.56 ± 2.34	1.13	3,12%	37.39 ± 2.02	0,96	2,64%
Salto largo (cm)	204,1 ± 5,31	19.72	10,69%	199,66 ± 4,62	15.28	8,29%
Scatto da 36,6 m (sec)	6,07 ± 0,078	0,158	2,67%	6,03 ± 0,055	0,105	1,77%
Pro-Agilità (sec)	5,25 ± 0,078	-0,094	-1,75%	5,27 ± 0,069	-0,082	-1,54%
Calci (m)	23.59 ± 1.49	2.59	12,37%	22.55 ± 1.35	1.550	7,38%

(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7039497/>)

In una ricerca scientifica di Fraitas et al., condotta su giocatori di calcio e rugby d'élite, è emerso come la loro efficienza in test di salto, salto in contromovimento, sprint lineare, ripetizione massimale di half-squat e picco di potenza nel jump squat, fosse superiore rispetto ai risultati ottenuti nei test relativi ai cambi di direzione. Non a caso, a livelli più elevati di forza e potenza massime sono associate prestazioni superiori nelle attività di sprint e salto. D'altro lato si registrano maggiori deficit nei cambi di direzione.

La capacità di cambiare direzione è influenzata tanto dalle caratteristiche antropometriche del soggetto, quanto dalla sua capacità di forza reattiva e dalle

⁵² Tillin NA, Pain MT, Folland JP. Short-term training for explosive strength causes neural and mechanical adaptations. *Exp Physiol.* 2012

⁵³ Millar NA, Colenso-Semple LM, Lockie RG, Martinen RHJ, Galpin AJ. In-season Hip Thrust vs. Back Squat Training nelle giocatrici di calcio delle scuole superiori. *Int J Exerc Sci.* 2020;13(4):49-61. Pubblicato 1 febbraio 2020.

capacità tecniche: per decelerare ed accelerare con successo, un atleta deve applicare rapidamente forze sostanziali al suolo, sia in direzione orizzontale che verticale. Dunque, per massimizzare il rapporto forza-potenza alle prestazioni, le pratiche di allenamento devono riflettere le caratteristiche neuromeccaniche del compito specifico dello sport (schemi di movimento, carichi, velocità) per cui è necessario introdurre metodologie di allenamento diversificate, incentrate sull'ottimizzazione dell'applicazione di forze orientate verticalmente ed orizzontalmente durante i cambi di direzione, sia attraverso azioni concentriche propulsive, che eccentriche frenanti. In quest'ottica, utilizzare attrezzature alternative come giubbotti zavorrati, potrebbe consentire un sovraccarico più adeguato ai distretti muscolari inferiori del corpo durante manovre specifiche di cambio di direzione ed enfatizzare la fase eccentrica del movimento. Inoltre, questa strategia potrebbe migliorare la capacità di tollerare velocità d'ingresso più elevate in diversi compiti di cambio di direzione.⁵⁴

Ulteriori effetti sulle abilità di forza, sprint, agilità e precisione di tiro sono derivati dal confronto tra l'allenamento isoinerziale da sovraccarico eccentrico, rispetto all'allenamento pliometrico nei giovani calciatori. In uno studio di Fiorilli et al., è stato adoperato il sovraccarico eccentrico del volano per migliorare l'ipertrofia, le funzioni neuromuscolari, la potenza ed il tempo di sprint.

L'intervento di resistenza si basa sull'applicazione di sovraccarichi eccentrici generati da un dispositivo isoinerziale, che sfrutta l'inerzia dei volani rotanti durante i movimenti dell'atleta.

La tecnologia del volano consente carichi di resistenza lineari illimitati durante le azioni muscolari concentriche ed eccentriche, con la possibilità di regolare i sovraccarichi di resistenza ad ogni ripetizione. Questo dispositivo fornisce una resistenza in fase eccentrica proporzionale a quella generata dallo sforzo dell'atleta in fase concentrica. Oltre a ciò, questo meccanismo consente all'atleta di muoversi liberamente all'interno delle tre dimensioni spaziali ed il suo carico può essere regolato aumentando la velocità di movimento o aggiungendo pesi al

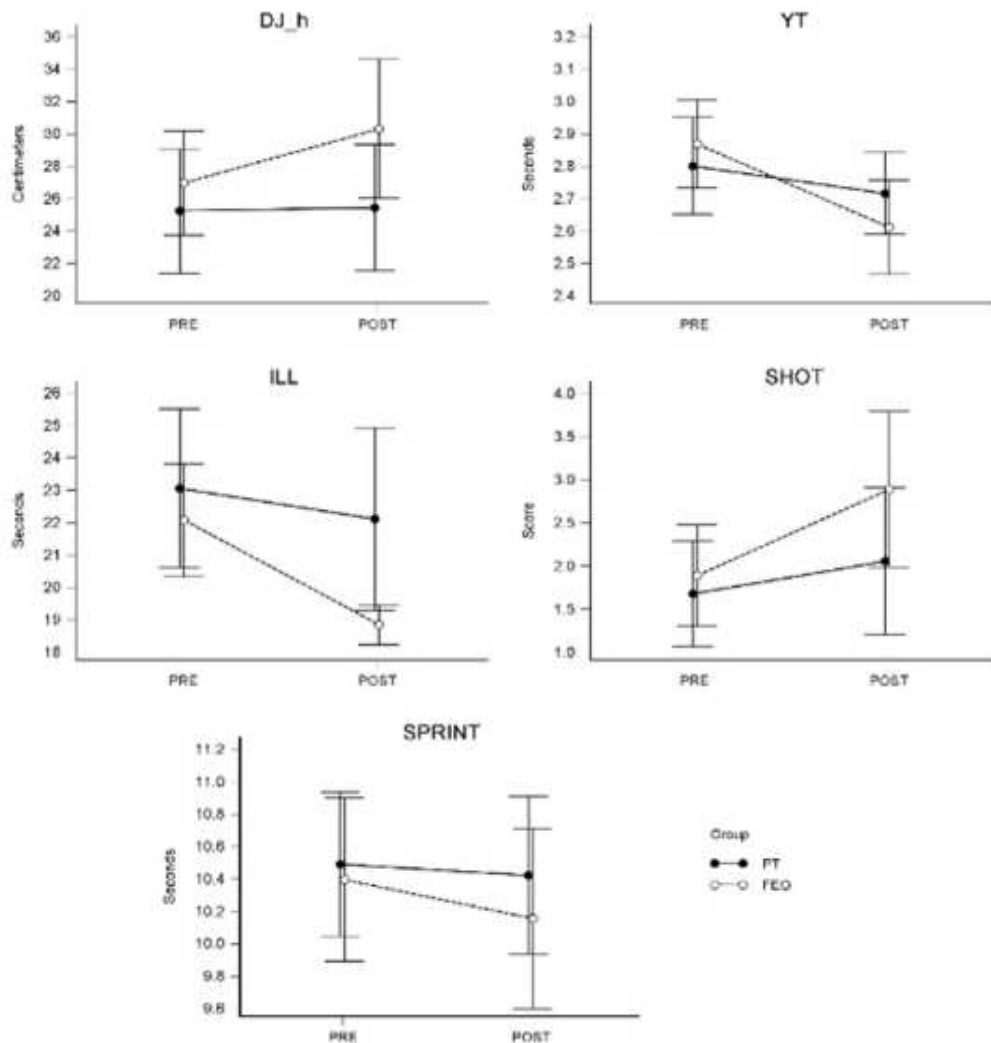
⁵⁴ Freitas, Tomás T., Pereira, Lucas A., Alcaraz, Pedro E., Arruda, Ademir F. S., Guerriero, Aristide, Azevedo, Paulo H. S. M. and Loturco, Irineu. "Influence of Strength and Power Capacity on Change of Direction Speed and Deficit in Elite Team-Sport Athletes" *Journal of Human Kinetics*, vol.68, no.1, 2019, pp.167-176.

volano. Per l'assenza di forza attrito, l'energia delle fasi concentrica ed eccentrica è identica, consentendo un grande sforzo eccentrico con un costo metabolico molto basso. Inoltre, poiché l'energia necessaria per compiere azioni eccentriche è circa un quinto di quella necessaria per eseguire azioni concentriche dello stesso ciclo, diversi studi hanno evidenziato che protocolli di allenamento in cui la fase eccentrica del movimento viene sovraccaricata, producono miglioramenti di forza maggiori rispetto a quelli in cui il carico è costante durante la fase eccentrica e concentrica. L'esposizione eccentrica prolungata può migliorare le prestazioni sportive di forza e velocità, migliora l'immagazzinamento e utilizzo di energia elastica e prevenire gli infortuni. Allo stesso tempo, la forza eccentrica è particolarmente necessaria negli sport che richiedono cambi di direzione, in cui l'atleta deve decelerare e stabilizzare il corpo nel più breve tempo possibile, per poi accelerare nuovamente in un'altra direzione. Poiché le fasi di una partita di calcio richiedono appunto azioni di decelerazione e accelerazione tridimensionali con cambi di direzione, l'allenamento isoinerziale può fornire un ulteriore vantaggio nel migliorare i movimenti multidirezionali su più piani, la coordinazione e la precisione di tiro. È stata inoltre trovata una forte correlazione tra l'allenamento isoinerziale e le prestazioni atletiche con carichi sconosciuti, poiché l'allenamento eccentrico con volano è in grado di fornire carichi sconosciuti ed imprevedibili capaci di stimolare adattamenti neuromuscolari continui e diversi ad ogni ripetizione.

Queste sue caratteristiche lo differenziano notevolmente dai tradizionali allenamenti di resistenza, come quello pliometrico, utilizzati per sovraccaricare il movimento della fase eccentrica e consentire cambiamenti nel modello di attivazione neurale durante il ciclo di allungamento-accorciamento muscolare e influenzare positivamente la forza e l'inizio della fase concentrica.

Allenamenti pliometrici basati su salti, esercizi di footwork e sprint, tuttavia, sfruttano sovraccarichi gravitazionali non in grado di fornire una fonte di resistenza lineare, come nel caso del volano. Nel medesimo articolo vengono menzionati i risultati conseguiti da due gruppi sottoposti a sei settimane di allenamento pliometrico piuttosto che isoinerziale. Entrambi hanno migliorato significativamente l'altezza del salto, mentre il solo gruppo sottoposto ad

allenamento isoinerziale (FEO) ha mostrato risultati migliori nel test del cambio di direzione dell'Illinois (ILL), nel test di agilità Y(YT), nel test di sprint lineare e nel Loughborough Soccer Shooting test (SHOT).



(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7039027/>)

D'altra parte, l'allenamento pliometrico facilita i miglioramenti nello squat jump, drop jump e nel test dei salti ripetuti. Poiché però il calcio è uno sport in cui l'incertezza sia dei carichi che dell'ambiente di lavoro caratterizza le prestazioni, gli atleti potrebbero trarre vantaggio all'adesione ad un programma di allenamento isoinerziale, in grado di applicare fattori di stress simili. Sembra infatti che l'esposizione eccentrica prolungata a brevi episodi di attività molto elevata nel ciclo di allungamento-accorciamento, migliorino l'azione eccentrica, come quella

del drop jump (DJ_h) e della prima fase del cambio di direzione. È interessante notare che migliora anche la successiva fase concentrica di forza, come quella valutata nello squat jump, nella seconda fase dei cambi di direzione e nello sprint, più che negli allenamenti con tradizionali protocolli di esercizi pliometrici. In termini di prestazioni, questa modalità di allenamento provoca un maggiore sviluppo di rigidità tendinea, la quale gioca un ruolo fondamentale nel trasmettere rapidamente la forza dai muscoli al sistema scheletrico, aumentando l'attività del riflesso da stiramento.

Una migliore resistenza muscolo tendinea e forza reattiva sono state ottenute successivamente l'allenamento isoinerziale, come dimostrato dal significativo miglioramento dei valori nell'altezza media raggiunta nei test dei salti ripetuti e nel drop jump.

Tuttavia, nel drop jump con minimo tempo di contatto con il suolo, il tempo è aumentato significativamente nel post allenamento isoinerziale, ma non successivamente al protocollo di allenamento pliometrico. I risultati non hanno dimostrato miglioramenti sostanziali nel tempo medio impiegato per compiere il test dei salti ripetuti.

Ad ogni modo, l'allenamento isoinerziale si rivela efficace al fine di migliorare la maggior parte delle abilità richieste nel calcio, così come la fondamentale competenza della precisione di tiro, probabilmente dovuta ad un miglioramento della propriocezione favorito dal protocollo allenante, sia ad un tipo di potenziamento post attivazione che migliora le successive prestazioni neuromotorie⁵⁵.

5.3 Proposta dall'allenamento personale

Dopo l'analisi di diversi studi, la mia proposta personale di allenamento della forza nel calcio, si basa sulle ricerche scientifiche prese in esame. Questa verrebbe suddivisa in 5 mesocicli: Luglio e Agosto a comporre il primo mesociclo in fase

⁵⁵ Fiorilli G, Mariano I, Iuliano E, et al. Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *J Sports Sci Med.* 2020;19(1):213-223. Published 2020 Feb 24.

di carico e preparazione, da Settembre a metà Dicembre come secondo mesociclo nella fase di mantenimento dei risultati precedenti, da metà Dicembre a metà Gennaio come terzo mesociclo in fase di recupero nelle prime due settimane e di carico nelle due successive. La programmazione prevede poi di tornare alla fase di mantenimento della forza nel quarto mesociclo da metà Gennaio a fine Maggio, il quinto ed ultimo di off season, procede infine da giugno a luglio e viene utilizzato per far recuperare fisicamente e mentalmente gli atleti.

1. Nel primo mesociclo, in cui si va a “caricare” l’atleta per avere degli adattamenti e dei miglioramenti, si svolge due volte a settimana un allenamento in palestra formato da quattro esercizi: back squat 4x4 all’80% 1RM, 3x3 all’85% 1RM e un 3x2 al 90% 1RM, successivamente, hip thrust 2x4 all’80%1RM, 2x3 all’85%1RM e un 2x2 al 90%1RM. Un terzo esercizio di cambio di direzione viene proposto con giubbotto zavorrato, variando il percorso ad ogni seduta, da svolgere 5x1 alla massima velocità e potenza. Come ultimo esercizio, si propone una simulazione di calcio a rete isoinerziale, con il cavo del volano legato ad una cavigliera, composto da 3 serie e 5 ripetizioni per gamba.
2. Nel secondo mesociclo, il periodo di mantenimento prevede inizino le competizioni settimanali, motivo per cui l’allenamento verrà eseguito sempre due volte a settimana, in palestra e sul campo. I volumi saranno qui più bassi, per stressare l’atleta in modo minore e assicurargli un recupero più rapido in vista delle competizioni. Partendo sempre dal back squat si andranno a compiere solamente 4 serie. La prima composta da 7 ripetizioni al 70% 1RM, la seconda da 4 ripetizioni con l’80% 1RM, la terza con tre ripetizioni all’85% 1RM e come ultima serie, due ripetizioni al 90% 1RM. Ogni serie verrà seguita da 2 squat jump, utilizzando la metodologia di allenamento del contrasto. Come secondo esercizio, verrà proposto ancora hip thrust, 1x4 all’80% 1RM, 1x3 all’85% 1RM ed un 1x2 al 90% 1RM. Infine, per terminare la seduta, verrà svolto un esercizio variabile di cambi di direzione isoinerziali, da svolgere 5 volte.
3. Nel terzo mesociclo le prime due settimane serviranno agli atleti per recuperare dallo stress del campionato, quindi, si andranno a diminuire sia

le sedute in palestra, che il volume e l'intensità di ciascun allenamento. Verrà svolto un solo allenamento a settimana con i pesi, composto da un 5x5 di squat isoinerziale, un 5x5 di hip thrust all'80% 1RM e, per finire, un esercizio di pliometria come ad esempio box jump, drop jump o countermovement jump.

Nelle successive due settimane, gli atleti torneranno a caricare con due allenamenti in sala pesi utilizzando il seguente protocollo: hip thrust 4x4 all'80% 1RM, 3x3 all'85% e per ultimo un 2x1 al 90%; back squat con una sequenza di 2x4 all'80% 1RM, 2x3 all'85% e come ultimo un 2x2 al 95% 1RM. Terzo ed ultimo esercizio, andranno a simulare nuovamente il tiro del pallone con la modalità isoinerziale, vista già nel primo mesociclo, eseguendo un 3x4 per ogni gamba.

4. Il quarto mesociclo servirà a mantenere gli atleti stabili nelle espressioni di forza e potenza, con le stesse funzioni del secondo mesociclo, per cui il protocollo di allenamento in sala pesi rimarrà lo stesso.
5. L'ultimo, invece, sarà composto da uno scarico passivo per recuperare le energie al termine del campionato e per ricaricarsi per la stagione successiva.

CAPITOLO 6

CONCLUSIONI

La performance di un giocatore di calcio è fortemente legata all'efficienza di diversi sistemi energetici. Durante la stagione i giocatori eseguono programmi con molteplici obiettivi come aumentare la forza, la potenza, la velocità, l'agilità, la capacità aerobica e le abilità di gioco.

Rispetto a quanto visto precedentemente, si nota un miglioramento atletico e prestazionale nel campo da calcio, con adattamenti che comportano un aumento delle relazioni nella curva forza-velocità, già con poche settimane di allenamento della forza, sarebbe importante quindi integrarlo agli allenamenti sul campo da calcio per ottenere le massime prestazioni da ogni atleta.

Un livello elevato di prestazioni richiede una funzione neuromuscolare ben sviluppata. Può essere importante per mantenere o aumentare le prestazioni nel breve e nel lungo termine dei giocatori durante una partita e per tutta la stagione. Gli esercizi principali usati dagli studi scientifici sono stati back squat, front squat, hip thrust e l'allenamento isoinerziale tramite il volano e tutti quanti hanno dato risultati nell'aumento della performance sportiva poiché relativi anche all'orientamento delle forze espresse durante il gioco. È risultato che due sedute di forza in palestra sono sufficienti come frequenza per poter sviluppare forza e aumentare la potenza muscolare, mentre con una sessione si previene il detraining.

L'efficacia di un programma di forza viene valutata dai miglioramenti specifici nello sport praticato. Sebbene le attività predominanti durante l'allenamento o la partita sono a bassa o media intensità, le azioni fondamentali sono caratterizzate invece da alta intensità come sprint, salti e calci, abilità fondamentali, dipendenti dalla forza massima e dalla potenza anaerobica del sistema neuromuscolare con elevato stress meccanico e metabolico. Solitamente la potenza e la velocità supportano le azioni decisive nel calcio, come uno sprint in linea retta in una situazione di gol, per attaccare la porta. Grazie anche alle nuove tecnologie di analisi delle partite, vengono fornite un insieme di prove a sostegno del fatto che le richieste neuromuscolari dell'allenamento e della competizione siano

consistenti, dando ulteriore supporto al punto di vista in cui qualità legate alla forza e potenza sono cruciali per le prestazioni di alto livello.

La letteratura analizza che l'allenamento della funzione neuromuscolare combinata con resistenze specifiche del calcio porta a miglioramenti in parametri neuromuscolari e di resistenza non specifici come forza relativa e VO₂max e specifici del calcio come sprint e nel repeated sprint ability.

Da questo l'evoluzione del gioco e delle performance è nelle mani della ricerca in quanto l'allenamento della forza diventa sempre più importante per un giocatore.

Concludo con una citazione di Jens Bangsbo "Il calcio non è una scienza ma la scienza può migliorare il calcio".

BIBLIOGRAFIA

Alessio Ferlito, Paolo evangelista, Project strenght. Per essere padroni della forza e non schiavi dei metodi, Project edition, 2016.

Antonio Squillante, Allenamento della forza per la preparazione fisica Giacomo Cataldi editore, 2020.

Carmelo Bosco, La forza muscolare. Aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche, 2002.

Chelly MS, Fathloun M, Cherif N, Ben Amar M, Tabka Z, Van Praagh E. Effects of back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 2241–2249, 2009.

Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Beardsley C, Cronin J. A Comparison of Gluteus Maximus, Biceps Femoris, and Vastus Lateralis Electromyographic Activity in the Back Squat and Barbell Hip Thrust Exercises. *J Appl Biomech.* 2015 Dec.

Contreras, Bret; Vigotsky, Andrew D.; Schoenfeld, Brad J.; Beardsley, Chris; McMaster, Daniel T.; Reyneke, Jan H.T.; Cronin, John B. Effects of a Six-Week Hip Thrust vs. Front Squat Resistance Training Program on Performance in Adolescent Males: A Randomized Controlled Trial, *Journal of Strength and Conditioning Research*: April 2017 - Volume 31 - Issue 4 - p 999-1008.

Dee U. Silverthorn, Fisiologia umana. Un approccio integrato, B. Colombini, C. Perego, S. Rufini, 2020.

Fiorilli G, Mariano I, Iuliano E, et al. Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *J Sports Sci Med.* 2020;19(1):213-223. Published 2020 Feb 24.

Fisher J. et al.: EVIDENCE-BASED RESISTANCE TRAINING RECOMMENDATIONS, 2011.

Freitas, Tomás T., Pereira, Lucas A., Alcaraz, Pedro E., Arruda, Ademir F. S., Guerriero, Aristide, Azevedo, Paulo H. S. M. and Loturco, Irineu. "Influence of Strength and Power Capacity on Change of Direction Speed and Deficit in Elite Team-Sport Athletes" *Journal of Human Kinetics*, vol.68, no.1, 2019, pp.167-176.

Hammami, Mehréz; Negra, Yassine; Billaut, François; Hermassi, Souhail; Shephard,

Hill AV 1964. the effect of load on the rate of shortening of muscle

Il libro dei metodi Westside Barrell, Louie Simmons. 2013.

Jones DA. Changes in the force-velocity relationship of fatigued muscle: implications for power production and possible causes. *J Physiol*. 2010

Kraemer, Fleck, Deschenes. *Exercise Physiology: Integrating Theory and Applications*.

Kyröläinen H, Avela J, McBride JM, Koskinen S, Andersen JL, Sipilä S, Takala TE, Komi PV. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2005 Feb.

Lauralee Sherwood, *Fondamenti di fisiologia umana*, 2012

Lindstedt, Stan. (2016). Skeletal muscle tissue in movement and health: Positives and negatives. *Journal of Experimental Biology*. 219. 183-188. Lippincott Williams & Wilkins, 2011. pp. 375.

Luciano Zocchi, *Principi di Fisiologia*, 2020.

McBride J. M. et al.: COMPARISON OF METHODS TO QUANTIFY VOLUME DURING RESISTANCE EXERCISE (2009); Journal of Strength and Conditioning Research.

Millar NA, Colenso-Semple LM, Lockie RG, Marttinen RHJ, Galpin AJ. In-Season Hip Thrust vs. Back Squat Training in Female High School Soccer Players. *Int J Exerc Sci.* 2020 Feb 1.

Roy J.; Chelly, Mohamed Souhail, Effects of Lower-Limb Strength Training on Agility, Repeated Sprinting With Changes of Direction, Leg Peak Power, and Neuromuscular Adaptations of Soccer Players, *Journal of Strength and Conditioning Research*: January 2018 - Volume 32 - Issue 1 - p 37-47.

Sadava et al. *La nuova biologia blu*, Zanichelli, 2016.

Seow CY. Hill's equation of muscle performance and its hidden insight on molecular mechanisms. *J Gen Physiol.* 2013.

Soligard T. et al.: HOW MUCH IS TOO MUCH? (PART 1) INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE CONSENSUS STATEMENT ON LOAD IN SPORT AND RISK OF INJURY (2016); *British Journal of Sports Medicine.*

Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 2005.

Styles, William J.; Matthews, Martyn J.; Comfort, Paul Effects of Strength Training on Squat and Sprint Performance in Soccer Players, *Journal of Strength and Conditioning Research*: June 2016 - Volume 30 - Issue 6 - p 1534-1539.

Tillin NA, Pain MT, Folland JP. Short-term training for explosive strength causes neural and mechanical adaptations. *Exp Physiol.* 2012.

Vern Gambetta, *Athletich Development*, 2007.

Weineck J., L'allenamento ottimale, Calzetti&Mariucci, 2009

Williams, Michael J.; Gibson, Neil V.; Sorbie, Graeme G.; Ugbolue, Ukadike C.; Brouner, James; Easton, Chris Activation of the Gluteus Maximus During Performance of the Back Squat, Split Squat, and Barbell Hip Thrust and the Relationship With Maximal Sprinting, Journal of Strength and Conditioning Research: January 2021.

SITOGRAFIA

Altrimodi, “i musoli – L'unità motoria”.

CalcioScouting, Roberto Nencini “Le caratteristiche del calciatore moderno”.

Chimica online, “tessuto muscolare striato”.

Claudio Damiani, “Tesi d'esame Corso Uefa A” Coverciano 2016.

Cliccascienze, “muscolo”.

Coni Marche, “la forza muscolare”.

Figc, “Regolamento 2021”.

Fisiokinesiterapia, “muscoli scheletrici”.

Giuseppe Murri, “La curva forza velocità”.

Kinesiopatia, “Unità motoria” 2017.

Performance lab, Andrea Licciardi 2019 “il modello di prestazione nel calcio: che cos'è?”.

Power Athlete, “Strenght 101. Reverse engineering whit Prilepin’s chart”.

Project Invictus, “Le fibre muscolari” 2017.

Project Invictus, “Programmare la fase di scarico” 2017.

Science for sport, “Force-Velocity curve”.

Spacewheel, “Evidenza scientifica, allenamento auxotonico”.

Strenght Condition Endurance, “RPE”.

Training lab italia, “Allenare la pliometria: basi meccaniche, linee guida ed evidenze scientifiche” 2020.

Treccani, “Calcio - La storia del calcio” 2002”. Adalberto Bortolotti, “Il calcio dalle origini ad oggi”.

Vitali Fabrizio, “la forza e le sue espressioni” 2015.

Wikipedia, “Sistemi energetici”.

Wikipedia, “Storia del calcio”.

Workouts zone, “Basi dell’allenamento: Volume, Intensità e Dens