

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**IL POTENZIAMENTO POST ATTIVAZIONE E LE SUE
APPLICAZIONI NEL CALCIO**

Relatore: Prof. Maurizio Sartori

Laureando: Giovanni Bortoli

N° di matricola: 2010883

Anno Accademico 2022/2023

*Ai miei nonni GIANFRANCO e LUCIA che mi hanno insegnato i veri
valori della vita e sempre incoraggiato a fare ciò che mi piace.
A mio nonno ANTONIO che non ho mai conosciuto ma che mi ha
sempre protetto dall'alto.
A mia nonna CLARA che mi ha cresciuto con amore fin dai primi
anni di vita aiutandomi a diventare ciò che sono oggi.*

INDICE

ABSTRACT	7
1. INTRODUZIONE.....	9
1.1 Il concetto di Potenziamiento Post-Attivazione	9
1.2 Il calcio e le espressioni della forza esplosiva	10
1.3 Potenziamiento Post-Attivazione e calcio	12
2. IL POTENZIAMENTO POST-ATTIVAZIONE E LE SUE CARATTERISTICHE.....	15
2.1 Allenamento pliometrico	15
2.2 Il “Complex training”	17
2.3 Tipologia di fibre muscolari	19
2.4 Tipo di contrazione	22
3. STUDI SUL POTENZIAMENTO POST ATTIVAZIONE NEL CALCIO	25
3.1 Salto e velocità di scatto	25
3.2 Tempo di Recupero	39
3.3 Cambi di direzione	46
3.4 Decelerazione	50
4. DISCUSSIONE.....	55
5. IPOTESI E PENSIERI PERSONALI.....	59
RINGRAZIAMENTI	62
BIBLIOGRAFIA.....	64
SITOGRAFIA	66

ABSTRACT

In questa tesi si cerca di studiare e spiegare le applicazioni del Potenziamento Post-Attivazione (PAP) in ambito calcistico. Quella del PAP è una teoria la quale sostiene che la capacità e la storia contrattile di un muscolo influenza le prestazioni meccaniche delle successive contrazioni muscolari. Sono state prese in considerazione diverse ricerche recenti che hanno studiato calciatori e calciatrici di livello professionistico e dilettantistico. Queste ricerche proponevano l'utilizzo del PAP in sessioni di allenamento settimanali (soprattutto sessioni di potenza e velocità) e nel riscaldamento pre-allenamento e pre-partita. L'obiettivo è capire se il PAP porta a dei miglioramenti per quanto riguarda velocità, altezza dei salti, reattività e esplosività dei giocatori. Importante poi è anche studiare il giusto tempo di recupero a seguito di una sessione di allenamento PAP e se questo può essere usato in combinazione con sessioni di stretching o di riabilitazione. I risultati degli studi sono vari e questo ci fa capire che saranno necessari altri studi in futuro su un argomento che, comunque, è di recente identificazione.

1. INTRODUZIONE

1.1 Il concetto di Potenzamento Post-Attivazione

Il Potenzamento Post Attivazione è stato definito per la prima volta da Robbins, il quale lo descrisse come un fenomeno secondo il quale la forza esercitata da un muscolo viene aumentata a causa di una sua precedente contrazione. È una teoria che sostiene che la capacità e la storia contrattile di un muscolo influenza le prestazioni meccaniche delle successive contrazioni muscolari.

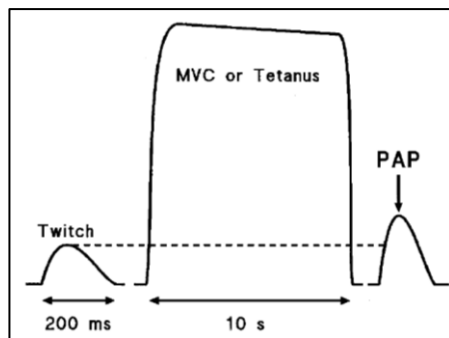


Figura 1. Un esempio di Potenzamento Post Attivazione. Inizialmente viene evocata una contrazione in un muscolo che è stato a riposo per un certo periodo di tempo. Successivamente viene eseguita una contrazione tetanica evocata elettricamente o una massima contrazione volontaria (MVC). Una contrazione eseguita successivamente mostra un aumento di forza e un tempo di durata abbreviato tipici del PAP.

Il massimo momento di una contrazione isometrica, generata da un muscolo scheletrico, aumenta dopo una breve massima contrazione volontaria. Pertanto, il PAP è l'aumento di forza e del tasso di sviluppo della forza (RFD: Rate of Force Development) che si verifica a seguito di una precedente attivazione del muscolo, così come la forza e la potenza evocati a seguito di una contrazione in accorciamento eseguita ad alte velocità, e la massima velocità raggiunta a seguito di contrazioni in accorciamento eseguite con carico.

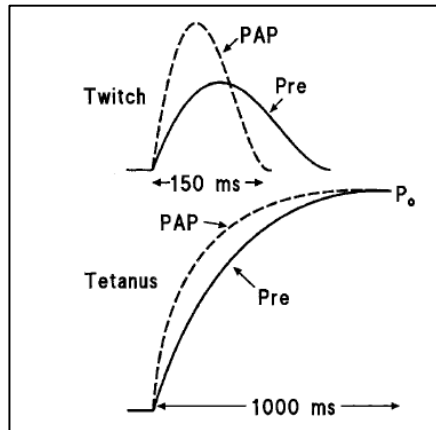


Figura 2. Confronto degli effetti del PAP sulla forza isometrica e sul tasso di sviluppo della forza delle contrazioni rapide (twitch) e tetaniche ad alta frequenza. Il PAP aumenta sia il tasso di sviluppo della forza che la forza massima delle contrazioni rapide e tetaniche a bassa frequenza (quest'ultima non mostrata), ma solo il tasso di sviluppo della forza della contrazione tetanica ad alta frequenza viene aumentata.

Principalmente vengono proposti due meccanismi di funzionamento del PAP:

- La fosforilazione della catena leggera della miosina, che rende il legame actina-miosina più sensibile al calcio rilasciato dal reticolo sarcoplasmatico a seguito di successive contrazioni muscolari. Come risultato, la forza di ogni successiva contrazione sarà incrementata.
- L'esercizio di forza prima di esercizi pliometrici causa un aumento dell'eccitazione sinaptica all'interno del midollo spinale che a sua volta si traduce in un aumento dei potenziali post-sinaptici e conseguente aumento della capacità di generazione di forza dei gruppi muscolari coinvolti.

La caratteristica muscolare più importante che influisce sul PAP è il tipo di fibra: più grande è la proporzione di fibre di tipo 2, più grande sarà l'effetto del PAP. Inoltre, il PAP è maggiore nei muscoli che presentano tempi di contrazione brevi.

1.2 Il calcio e le espressioni della forza esplosiva

Il calcio è uno sport ad alta intensità che chiede ai giocatori di correre, saltare, calciare e cambiare direzione in più occasioni in risposta a vari stimoli. Numerose analisi riguardanti il tempo e il movimento hanno mostrato che i calciatori d'élite coprono, in media, distanze di 10-11 km (Rampinini E. et al 2007) durante le partite. Inoltre, le partite possono anche includere fino a 168 azioni ad alta intensità (Taylor

J. et al 2017), 1200-1400 cambi di direzione (Bangsbo J. 1992) e fino a 15 salti per partita (Nedelac M. et al 2014).

Tralasciando la, comunque importantissima, preparazione tattica e mentale, capiamo quindi come l'allenamento dello scatto, del salto e, in generale, della forza esplosiva sia una componente chiave dell'allenamento del calciatore.

Velocità nel calcio

Il concetto di velocità nel calcio è un termine generico che si riferisce alla velocità di percezione, previsione, anticipazione, reazione, decisione e movimento. La velocità è essenziale per tutti i giocatori in qualsiasi posizione sul campo, senza eccezioni.

Durante una partita di calcio maschile, gli attaccanti effettuano circa 24 scatti a una velocità di 30 km/h e oltre, i centrocampisti circa 17 scatti, mentre i difensori ne effettuano 16. Inoltre, i centrocampisti effettuano la maggior parte delle corse a bassa e media intensità: 277 corse a una velocità di 12-16 km/h e 127 corse a una velocità di 16-21 km/h (Bangsbo 1994).

In confronto, gli attaccanti eseguono 231 corse a bassa intensità e 120 corse a media intensità, mentre i difensori ne eseguono rispettivamente 210 e 106 con intensità bassa e media (Bangsbo 1994). La percentuale di scatti durante una partita di calcio varia dal 10% al 18%.

Salto esplosivo nel calcio

La forza esplosiva di uno sportivo è spesso associata al salto verticale, il quale rappresenta un valido metro di giudizio del livello di performance fisica; non a caso, infatti, l'altezza raggiunta dal salto verticale è stata vista essere fortemente correlata alla velocità di scatto (Loturco et al., 2015) e al carico sollevato (Carlock et al., 2004).

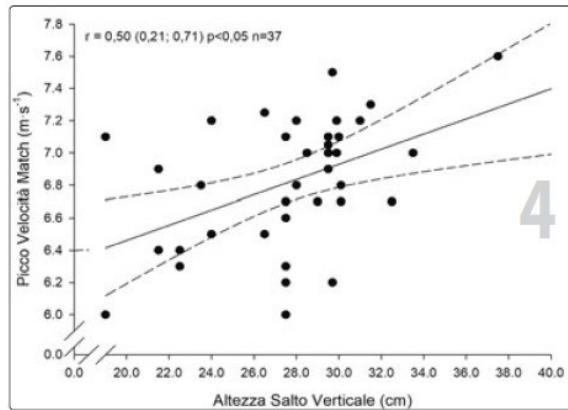


Figura 3. Correlazione tra picco di velocità e altezza raggiunta nel salto verticale misurate durante partite ufficiali di giocatrici di alto livello.

La capacità di saltare è estremamente preziosa nel calcio, soprattutto nei duelli nell'area di rigore. Questa abilità è significativa sia per i difensori che per gli attaccanti. Molti gol vengono, infatti, segnati colpendo la palla di testa in salto.

Nel calcio contemporaneo, la preparazione tattica delle squadre è comparabile; oltre ovviamente all'intelligenza e al livello tecnico dei giocatori, il fattore che offre un vantaggio rispetto ai concorrenti è la forza esplosiva (velocità di scatto, salto, velocità nei cambi di direzione, ecc.): una maggiore velocità e un salto più alto significano raggiungere il pallone più velocemente dell'avversario, e di conseguenza vincere più duelli 1 contro 1. Segnare un gol o fermare l'attacco dell'avversario è spesso determinato dalle capacità di forza esplosiva di attaccanti e difensori.

1.3 Potenziamiento Post-Attivazione e calcio

Riportando le parole fatte da Adriano Tifton et al in un suo studio del 2017 riguardante l'allenamento con utilizzo di PAP in calciatori giovani (media \pm dev. Std.: età 16.3 ± 0.6 anni), viene spiegato che: “[...] l'allenamento dei calciatori giovani ha subito notevoli cambiamenti nell'ultimo decennio. Lo sviluppo dell'allenamento fisico e dell'organizzazione tattica di questi calciatori porta a una forte richiesta energetica durante la competizione e a partite sempre più intense.

Lo stress fisico dei giocatori durante la partita riduce la capacità del ciclo allungamento-accorciamento muscolare, risultando in una diminuzione delle prestazioni in azioni intense e decisive come salti e sprint, specialmente alla fine della partita [...]”. Parole che, secondo me e secondo la mia esperienza calcistica, si possono sposare anche con il calcio praticato da adulti.

Dopodiché, soprattutto a livello dilettantistico, durante la preparazione atletica di inizio stagione e durante il corso della stagione, si ha veramente poco tempo a disposizione per preparare e svolgere programmi di allenamento per sviluppare la forza e la potenza; a questi vengono preferiti allenamenti con la palla.

Pertanto, si deve cercare di utilizzare programmi di allenamento che utilizzino in modo efficiente ed efficace il poco tempo a disposizione per l’allenamento di forza e potenza.

Negli ultimi anni sembra che sia stato individuato nel PAP con il “complex training” la soluzione e la metodica per garantire un allenamento adeguato e sicuro per migliorare le prestazioni fisiche nel calcio, e in altri sport. Il dubbio rimane sul fatto che questa metodica, forse, non è così efficace da sovrastare programmi di allenamento tradizionali che si eseguono da molti anni e che molti allenatori fanno fatica ad abbandonare perché ritenuti più “sicuri”.

Andremo a vedere nelle prossime pagine alcuni studi sull’argomento in modo tale da trarre una conclusione su questo interrogativo.

2. IL POTENZIAMENTO POST-ATTIVAZIONE E LE SUE CARATTERISTICHE

Nell'introduzione abbiamo visto che cos'è il PAP, abbiamo visto la sua definizione e abbiamo citato alcune metodologie di allenamento che possono favorire i protocolli PAP. Oltre a questo, abbiamo visto anche aspetti fisiologici che sono più o meno importanti per indurre il PAP.

In questo capitolo prenderemo queste caratteristiche e le approfondiremo in modo da avere una chiara visione su tutti i minimi particolari che vengono presi in discussione parlando di PAP.

2.1 Allenamento pliometrico

L'allenamento pliometrico, altrimenti chiamato "pliometria" o "allenamento dello shock", è una modalità di allenamento che spesso richiede agli atleti di saltare, rimbalzare e/o slanciarsi.

L'allenamento pliometrico sfrutta una rapida azione muscolare ciclica nota come il "ciclo di allungamento-accorciamento (SSC)", per cui il muscolo subisce una contrazione eccentrica, seguita da un periodo di transizione prima della contrazione concentrica. Esempio: la caviglia di un atleta che si muove attraverso la sequenza SSC (eccentrica, da ammortizzare, a concentrica) durante un salto.

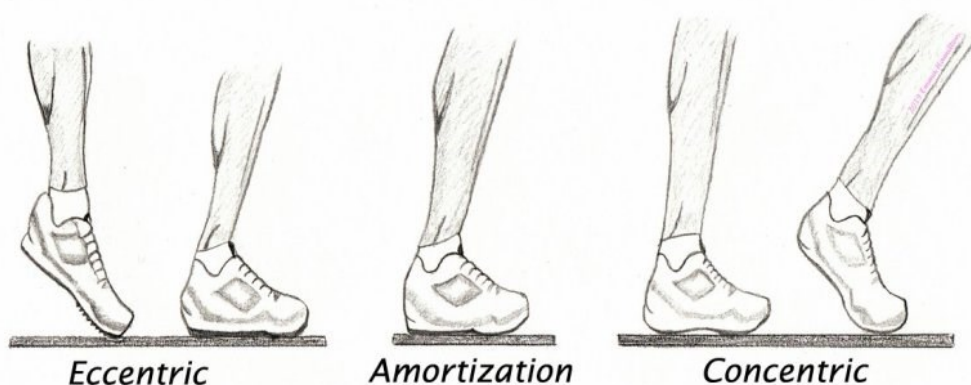


Figura 4. Sequenza SSC (eccentrica, ammortizzazione, concentrica)

Pertanto, questa azione muscolare (vale a dire SSC) viene spesso indicata come azione reversibile dei muscoli ed è presente in tutte le forme di movimento umano ogni volta che un segmento del corpo cambia direzione.

Con il crescente interesse per l'allenamento pliometrico, molti ricercatori hanno tentato di identificare la potenza di questa modalità di allenamento per migliorare le prestazioni atletiche. Ad oggi, l'allenamento pliometrico ha dimostrato di migliorare le seguenti qualità fisiche sia nelle popolazioni giovani che in quelle adulte:

- Forza;
- Velocità;
- Potenza;
- Cambio della velocità di direzione;
- Equilibrio;
- Salto;
- Lancio;
- Calcio;
- Densità ossea.

Inoltre, è stato dimostrato che anche la pliometria acquatica migliora:

- Velocità;
- Cambio della velocità di direzione;
- Equilibrio;
- Salto.

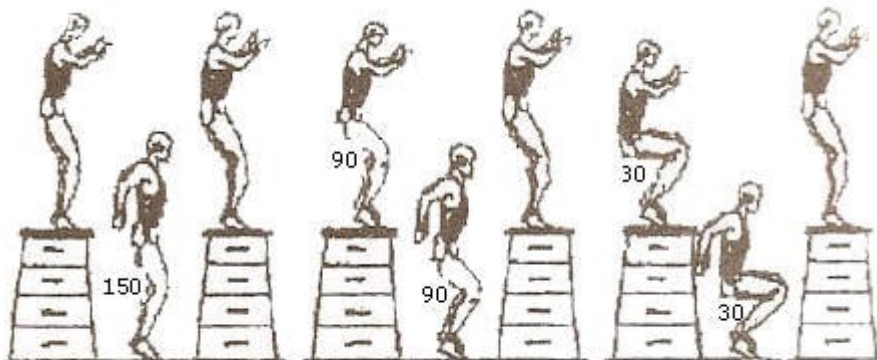


Figura 5. Esempio di allenamento pliometrico (le cifre sono i gradi di flessione dell'angolo al ginocchio).

Molti meccanismi neurofisiologici sono stati considerati per sostenere e spiegare l'impatto dell'allenamento pliometrico sul SSC. Molti dei quali includono:

- Migliore conservazione e utilizzo dell'energia di deformazione elastica;
- Intervallo di lavoro muscolare attivo aumentato;
- Rafforzamento dei riflessi nervosi involontari;
- Caratteristiche migliorate della tensione di lunghezza;
- Aumento della pre-attività muscolare;
- Miglioramento della coordinazione motoria.

Sebbene non vi sia ancora un consenso su quale di questi adattamenti neurofisiologici sia il principale responsabile del potenziamento del SSC, la ricerca sta iniziando a evidenziare l'importanza dei seguenti meccanismi:

- Migliore conservazione e utilizzo dell'energia di deformazione elastica;
- Aumento dello stato attivo a causa di un aumento del campo di lavoro attivo (scienzemotorie.com).

Capiamo quindi come l'allenamento pliometrico abbia un rapporto molto stretto con il PAP in quanto risponde alle esigenze di migliorare capacità quali la velocità, i cambi di direzione, il salto. Di conseguenza esercizi pliometrici saranno proposti molte volte in protocolli di allenamento PAP come poi andremo a vedere in diversi studi proposti nel capitolo 3 di questa tesi.

2.2 Il “Complex training”

Un metodo che il preparatore atletico può utilizzare per implementare il concetto di PAP è il “complex training”. È un metodo che alterna esercizi di forza ad alta intensità (70-90% del massimale dell'atleta) con esercizi pliometrici (eseguiti uno dopo l'altro), biomeccanicamente simili, all'interno dello stesso allenamento. Ad esempio: un *back squat* con sovraccarico seguito da un *box jump*; oppure una serie su panca piana con bilanciere seguito da piegamenti pliometrici con battito di mani. Il Complex training si ritiene permetta un adattamento neuromuscolare; infatti, un esercizio ad alta intensità consente un aumento dell'eccitabilità del motoneurone che può creare una condizione ottimale per l'esercizio pliometrico/balistico/potenza

che segue. Inoltre, la fatica provocata dal primo esercizio può far richiedere un reclutamento di maggiori unità motorie nel secondo esercizio, aumentando speculativamente l'effetto allenante (MatteoFortunati.it).

Ecco alcuni accorgimenti sui quali prestare attenzione quando si decide di praticare un Complex training:

- la frequenza consigliata di applicazione di un Complex training è di 2-4 sedute di allenamento a settimana per un minimo di 3 settimane (Cormier P. et al, 2022). Ad esempio, per lo sprint ed il salto verticale si ritiene ottimale un periodo minimo di 6 settimane con 12-18 sessioni totali (2-3 a settimana) (Freitas TT. et al, 2017).
- per avere un effetto sul Potenziamento Post-Attivazione (PAP) nel breve termine si consigliano circa 8 minuti per i principianti e 5-7 minuti per i più condizionati (MatteoFortunati.it).
- si consiglia di utilizzare movimenti simili nell'esecuzione e nel movimento. In particolare, se si vuole avere un transfer nella verticalità si consiglia, ad esempio, lo squat ed il salto (MatteoFortunati.it).

Metodo quindi che, in particolare, si concentra sull'allenamento di capacità fisiche come la forza esplosiva, la rapidità, lo scatto, il cambio di direzione improvviso, il salto esplosivo; tutte capacità importantissime che devono fare parte del bagaglio tecnico di un calciatore e che, se possibile, devono essere migliorate e allenate sempre per garantire prestazioni fisiche al massimo livello.





TERMINOLOGIA	DESCRIZIONE DELL'ALLENAMENTO	INTENSITA' DELL'ESERCIZIO	INTERVALLO DI RECUPERO	ESEMPI
COMPLEX	Un termine "ombrello" con quattro differenti implementazioni, generalmente utilizzato per indicare un metodo in cui la velocità di movimento o il carico è alternato tra le serie e/o gli esercizi all'interno della stessa seduta di allenamento con lo scopo di aumentare l'espressione di forza veloce e lenta			
 CONTRAST	Sequenza di esercizi in cui si alternano movimenti ad alto-carico e basso-carico tra le serie all'interno della stessa sessione (corrisponde al "contrast-pair" e "intra-contrast rest")	- Attività di condizionamento: 0-85% 1RM; - Esercizio seguente: peso corporeo fino al 60% 1RM	Intra-contrast rest: a) Atleti: 5-7 minuti (obiettivo individualizzazione) b) Principianti: >8 min Inter-set rest: 3-4 min	Back squat 85% 1RM CMJ Back squat 85% 1RM CMJ
 ASCENDENTE	Metodologia che prevede il completamento di alcune serie di un esercizio a basso carico (alta velocità) a cui seguono serie complete di un esercizio ad alto carico	- Basso carico: peso corporeo fino al 60% 1RM; - Alto carico: >85% 1RM	3-4 min tra le serie	CMJ CMJ Back squat 85% 1RM Back squat 85% 1RM
 DISCENDENTE	Metodologia che prevede il completamento di alcune serie di un esercizio ad alto carico (es. squat) a cui seguono serie complete di un esercizio a basso carico (es. salto verticale)	- Alto carico: >85% 1RM; - Basso carico: peso corporeo fino al 60% 1RM;	3-4 min tra le serie	Back squat 85% 1RM Back squat 85% 1RM CMJ CMJ
 FRENCH CONTRAST	Metodologia che prevede l'alternanza di quattro esercizi in una sequenza di serie in cui: 1) esercizio ad alto carico, 2) pliometrico, 3) carico medio-basso	- Alto carico: 80-90% 1RM; - Pliometrico: peso corporeo; - Medio-basso carico: 40% 1RM; - Pliometrico: assistito	Intra-contrast rest: 20 sec Tra le serie (o "giri"): 4-5 min	Back squat 85% 1RM CMJ Jump squat 30% peso corporeo CMJ assistito con

Figura 6. Vari tipi di complex training.

2.3 Tipologia di fibre muscolari

Per fibre muscolari o fibrocellule o miocellule o miociti si intendono le unità morfologiche che compongono i fascicoli (organizzazione di più cellule specifiche) del muscolo scheletrico.

Grazie a queste unità cilindriche, l'energia chimica liberata dalle reazioni metaboliche si trasforma in energia meccanica; inserendosi per mezzo dei tendini e agendo sulle leve ossee, il muscolo genera movimento. Le fibre muscolari crescono quando vengono stimulate e si rimpiccioliscono quando non vengono utilizzate. Ciò è dovuto al fatto che l'esercizio stimola l'aumento delle miofibrille, che di conseguenza aumenta la dimensione complessiva delle cellule muscolari.

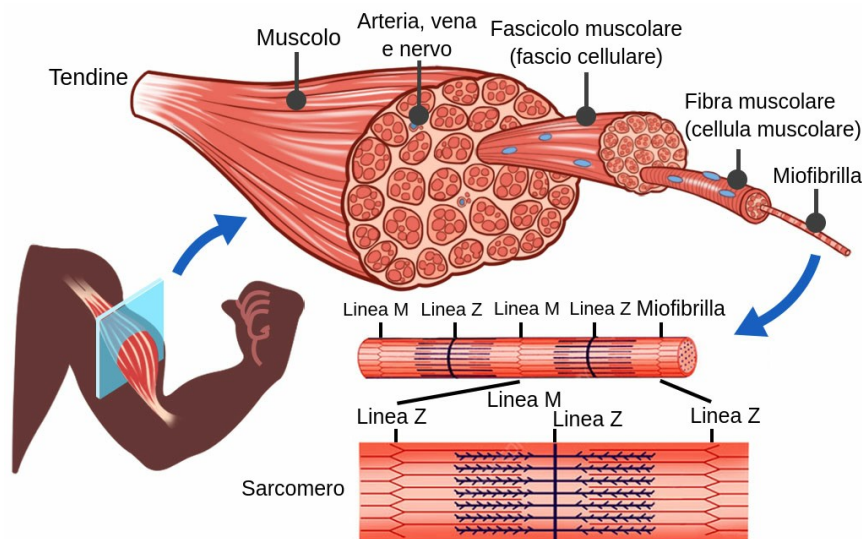


Figura 7. Struttura di un muscolo.

La classificazione delle fibre muscolari è tutt'altro che semplice.

In linea di massima possiamo distinguere due tipi di fibra muscolare: il tipo I, a contrazione lenta, e il tipo II, che invece è veloce.

Andiamo a descriverle singolarmente:

- Tipo 1: lente e ossidative, sono resistenti agli stati di fatica e sono reclutate nei movimenti di rilasciamento e nella fase lenta della locomozione. Possono sviluppare potenza aerobica, ovvero la forza nell'unità di tempo e hanno picchi di forza non molto alti. Per spiegare gli effetti di potenza aerobica a livelli massimali, basti pensare a un maratoneta.

- **Tipo 2 A:** rapide e ossidative, hanno la capacità di produrre picchi più alti di forza e anche un maggiore output di potenza rispetto alle precedenti. Inoltre, poiché si contraggono con il meccanismo anaerobico, creano scorie metaboliche.

L'esercizio anaerobico, che può variare da moderato a intenso, genera un debito di ossigeno relativo allo stato dell'allenamento del soggetto con relativo aumento della produzione di lattato ematico. Anche le capacità di recupero e smaltimento sono relative allo stato dell'allenamento del soggetto. Lo smaltimento del lattato prodotto durante lo sforzo può variare da pochi minuti ad alcune ore.

- **Tipo 2 B:** rapide e glicolitiche, si contraggono con un meccanismo anaerobico di breve durata, generando una resistenza ad alti carichi e risposte massimali. Altissima potenza nell'esercizio, rapide contrazioni e risposta motoria velocissima. Questa caratteristica strutturale è un'espressione che caratterizza la genetica muscolare: la costituzione anatomica è definita per una numerosità di proteine contrattili destinate a questa risposta.

La proporzione del numero di fibre cambia in relazione alla performance. Ad esempio, uno sprinter potrà avere una percentuale muscolare composta dal 75-80% di fibre rapide, mentre un corridore di lunghe distanze, avrà la stessa percentuale di fibre lente.

Classificazione delle fibre			
Sistema 1	Slow-twitch	Fast-twitch a	Fast-twitch b
Sistema 2	Tipo I	Tipo II a	Tipo II b
Sistema 3	S0	FOG	FG
Caratteristica			
Capacità ossidativa	Elevata	Moderatamente alta	Bassa
Capacità glicolitica	Bassa	Elevata	Molto elevata
Velocità di contrazione	Lenta	Rapida	Rapida
Resistenza alla fatica	Elevata	Moderata	Bassa
Forza dell'unità motoria	Bassa	Elevata	Elevata

Figura 8. Classificazione e caratteristiche delle fibre muscolari.

Le fibre rapide tendono a svilupparsi in particolari specialità: forza molto elevata e potenza nel tempo – la cosiddetta esplosività – e riescono a

reclutare una quantità di fibre molto elevata, giustificando il 70-75% di fibre che possiede un muscolo così costruito.

Uno studio che ci spiega che relazione c'è tra PAP e il tipo di fibra muscolare è quello di Taku Hamada et al (2004), i quali facendo un esperimento sui muscoli estensori del ginocchio arrivano alla conclusione che i soggetti che hanno fatto misurare un PAP alto avevano una percentuale di fibre di tipo 2 maggiore rispetto ai soggetti che hanno fatto misurare un PAP basso.

	LPAP (n=4)	HPAP (n=4)
Fiber area, μm^2		
Type I	4544 \pm 240	4923 \pm 266
Type II	5130 \pm 730	6964 \pm 749*
Type IIA	5495 \pm 734	7261 \pm 724*
Type IIB	4764 \pm 781	6666 \pm 823*
Mean (I + II)	4837 \pm 472	5943 \pm 264†
II/I ratio	1.13 \pm 0.13	1.42 \pm 0.21*
Distribution, %		
Type II	38.6 \pm 6.9	71.8 \pm 9.2†
Type IIA	28.6 \pm 2.7	45.6 \pm 8.8*
Type IIB	10.1 \pm 5.8	26.2 \pm 7.3*
Type II area	41.4 \pm 8.6	78.8 \pm 5.6‡

Figura 9. Caratteristiche delle fibre muscolari del vasto laterale nei soggetti che hanno registrato un PAP alto (HPAP) e basso (LPAP).

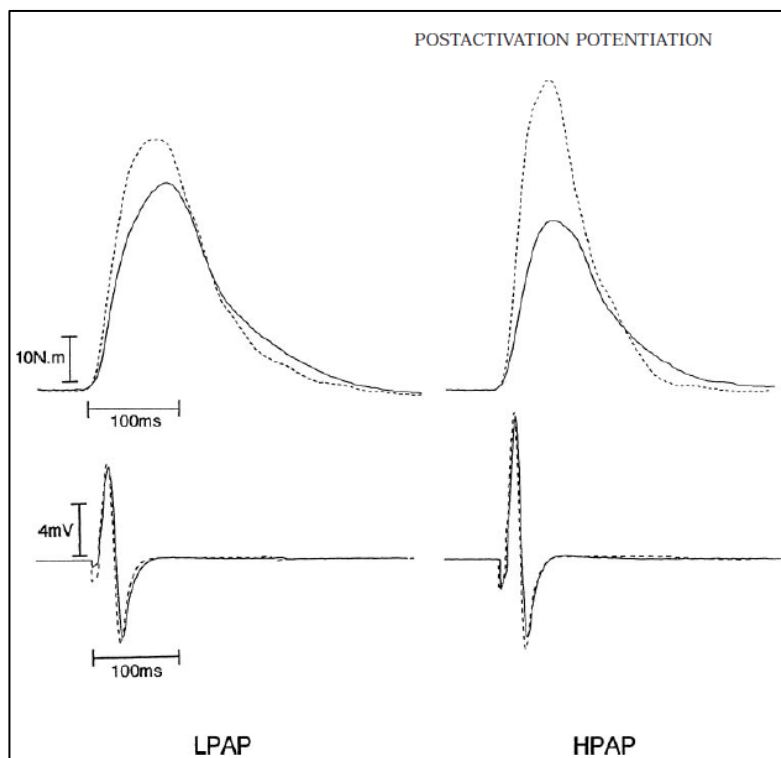


Figura 10. Pre (linea continua) e immediato (5s) post-MVC (linea tratteggiata) della contrazione (sopra) e del potenziale d'azione (sotto), di soggetti appartenenti ai gruppi HPAP e LPAP. Da notare che nei soggetti LPAP abbiamo pre-MVC più larghi e prolungati ma che il migliore PAP ce lo abbiamo nei soggetti HPAP.

2.4 Tipo di contrazione

Principalmente esistono due tipi di contrazione muscolare: le contrazioni dinamiche e le contrazioni statiche.

Le contrazioni dinamiche possono essere:

- Isotoniche;
- Isocinetiche;
- Auxotoniche;
- Pliometriche.

La contrazione comunemente chiamata isotonica (a tensione costante) si ha quando un muscolo si accorcia spostando un carico che rimane costante per l'intera durata del periodo di accorciamento; la contrazione isotonica si può dividere in due fasi:

- Fase concentrica (o positiva) quando il muscolo si accorcia sviluppando tensione (ad es. sollevando un peso).
- Fase eccentrica (o negativa) quando il muscolo si allunga sviluppando tensione (ad esempio riabbassando lentamente lo stesso peso).

La contrazione isocinetica si ha quando il muscolo sviluppa il massimo sforzo per tutta l'ampiezza del movimento, accorciandosi a velocità costante (tensione variabile); si ottiene solo con particolari macchine, definite isocinetiche.

La contrazione auxotonica aumenta progressivamente con l'accorciamento muscolare (es. elastici).

La contrazione pliometrica è una contrazione concentrica esplosiva, immediatamente preceduta da contrazione eccentrica; in tal modo si sfrutta l'energia accumulatasi nelle strutture elastiche del muscolo nella precedente fase eccentrica.

Le contrazioni statiche sono quelle isometriche, che avvengono a lunghezza muscolare costante e si ottengono quando l'accorciamento del muscolo è impedito da un carico uguale alla tensione muscolare, oppure quando un carico viene sostenuto in una posizione fissa dalla tensione del muscolo.

La contrazione isometrica si ha quando il muscolo si contrae senza modificare la sua lunghezza (senza quindi spostare il carico).

Joseph I. Esformes et al (2010), hanno condotto uno studio che si poneva come obiettivo quello di studiare gli effetti del PAP indotto da 4 tipi di contrazione differenti: isometrica, concentrica, eccentrica e eccentrica-concentrica. L'esperimento consisteva nel far eseguire a dei giocatori di rugby delle ripetizioni con il bilanciere su panca piana che cambiavano in base a quale tipo di contrazione si stava studiando.

In sintesi, i risultati suggeriscono che una contrazione isometrica massimale di 7 secondi induca un PAP che migliora le prestazioni di output di potenza dopo un riposo di 12 minuti, mentre le contrazioni concentriche, eccentriche e eccentriche-concentriche non hanno prodotto un risultato altrettanto importante.

Contraction Variables	ISO			CON			ECC			DYN		
	Pre-BBPT	Post-BBPT	%Δ	Pre-BBPT	Post-BBPT	%Δ	Pre-BBPT	Post-BBPT	%Δ	Pre-BBPT	Post-BBPT	%Δ
P_{peak} (W)	587 ± 116	605 ± 126‡	2.8	548 ± 102	564 ± 108	3.3	593 ± 124	601 ± 152	0.8	585 ± 126	579 ± 113	-0.5
F_{peak} (N)	611 ± 80	627 ± 94	2.8	558 ± 74	567 ± 85	1.7	605 ± 98	605 ± 99	0.6	592 ± 111	571 ± 104	0.9
D_{max} (m)	0.66 ± 0.05	0.66 ± 0.05	0.3	0.70 ± 0.26	0.66 ± 0.07	-4.6	0.64 ± 0.05	0.66 ± 0.05	1.4	0.65 ± 0.07	0.65 ± 0.09	1.2
RFD (N s ⁻¹)	13,229 ± 445	13,465 ± 512	0.2	13,159 ± 1,013	12,657 ± 1,573	-0.6	12,726 ± 1,219	13,287 ± 350	0.0	13,317 ± 418	13,164 ± 550	0.5

Figura 11. Performance dei giocatori prima e dopo l'esercizio di panca piana.

3. STUDI SUL POTENZIAMENTO POST ATTIVAZIONE NEL CALCIO

3.1 Salto e velocità di scatto

Gli studi riguardanti la velocità di scatto sono limitati e hanno risultati contrastanti, soprattutto quelli nei quali vengono studiati protocolli PAP. Al contrario, in letteratura esistono numerosissime ricerche che prendono come oggetto di studio il salto in tutte le sue differenti forme (CMJ, VJ, SJ). Questo perché è una componente presente nella maggior parte degli sport di squadra e non, ma anche perché ha notevole importanza dal punto di vista scientifico in quanto sappiamo come questa capacità sia direttamente collegata al livello di forza esplosiva di un soggetto.

In particolare, diversi studiosi hanno ipotizzato che inserendo protocolli PAP all'interno delle sessioni di allenamento, o all'interno anche del riscaldamento, delle squadre di calcio, si sarebbe arrivati ad ottenere un miglioramento nella performance di salto dei calciatori.

Uno dei più importanti studi sul miglioramento della velocità di scatto e del salto tramite l'utilizzo del Potenziamento Post Attivazione è quello di Kevin A. Till e Carlon Cooke.

In particolare, gli scopi di questo studio erano:

- determinare gli effetti del PAP sullo scatto e sul salto dei gruppi sperimentali;
- confrontare gli effetti del PAP di un esercizio con pesi, un esercizio pliometrico e una massima contrazione volontaria (MVC) isometrica sulle prestazioni negli sprint e nei salti;
- determinare gli effetti del PAP su prestazioni mediocri;
- valutare gli effetti dei livelli di forza sulla risposta alla PAP;
- esaminare le variazioni delle risposte individuali dopo la somministrazione di un protocollo PAP.

Dunque, si ipotizza che le prestazioni di sprint e salti miglioreranno in modo significativo dopo l'utilizzo del protocollo PAP rispetto al riscaldamento di controllo.

È stato utilizzato un disegno sperimentale a misure ripetute, cross-over e randomizzato che coinvolgeva 4 protocolli (controllo, esercizio di sollevamento pesi, esercizio pliometrico e MVC isometrica) per valutare gli effetti del PAP sulle prestazioni di sprint e salto. Il tempo nello sprint è stato misurato a 10 e 20 m, mentre le prestazioni di salto sono state valutate misurando l'altezza raggiunta nel VJ (Vertical Jump).

I soggetti che hanno partecipato allo studio erano dodici giocatori di calcio a tempo pieno e professionisti (età, 18.3 ± 0.72 anni; statura, 176.72 ± 5.03 cm; massa corporea, 72.1 ± 8.0 kg). Tutti i soggetti avevano almeno 12 mesi di esperienza nell'allenamento con pesi (media 25.7 ± 6.9 mesi), e tutti i giocatori eseguivano regolarmente allenamento con pesi presso il club. I test sono stati condotti mentre i giocatori erano all'interno della stagione calcistica. Tutti i partecipanti avevano familiarità con gli esercizi utilizzati (perché facevano parte del loro programma di allenamento) e con i test di sprint e di VJ (perché facevano parte della loro regolare routine di test di fitness).

I soggetti hanno svolto 4 sessioni di test durante un periodo di 4 settimane in ordine randomizzato ed equilibrato, coinvolgendo i 3 protocolli di potenziamento (esercizi con pesi, esercizi pliometrici, MVC) e il protocollo di controllo. I partecipanti hanno svolto i test alla stessa ora del giorno in un ambiente interno, con l'istruzione di non svolgere alcun allenamento il giorno precedente ai test. I giocatori hanno consumato una dieta normale durante lo studio e non hanno bevuto bevande contenenti caffeina nelle 3 ore precedenti ai test. Prima di qualsiasi test, i soggetti hanno svolto sia un test di forza, per determinare il loro 5RM per l'esercizio con i pesi, sia una sessione di familiarizzazione, degli esercizi che andranno a svolgere, sul dinamometro isocinetico.

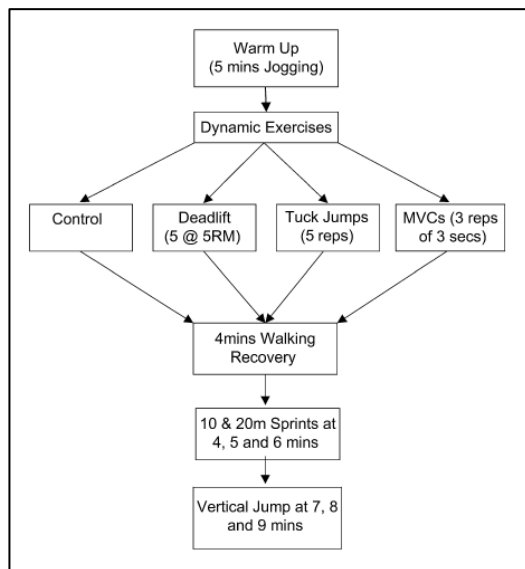


Figura 12. Design dell'intero studio.

I soggetti si sono riscaldati eseguendo 5 minuti di jogging, seguito da esercizi dinamici, prima di sottoporsi a uno dei 4 trattamenti. Dopo il protocollo PAP e prima della valutazione, i soggetti hanno effettuato un periodo di recupero con 4 minuti di camminata.

I 4 protocolli erano così impostati:

- Controllo: ai soggetti non è stato somministrato alcun trattamento PAP e dopo i 4 minuti di recupero sono subito stati valutati.
- Esercizio di sollevamento pesi: i soggetti hanno eseguito 5 ripetizioni di deadlift (stacco da terra) con un'intensità pari a 5RM.
- Esercizio pliometrico: i soggetti hanno eseguito 5 ripetizioni massimali di double-legged tuck jump (salto con contro-movimento e ginocchia che salgono verso il petto durante la fase di volo); esercizio che coinvolge muscoli simili al deadlift.
- MVC isometrica: sono state eseguite MVC (massime contrazioni volontarie) degli estensori del ginocchio utilizzando un dinamometro isocinetico. La gamba è stata posizionata a 90 gradi di flessione del ginocchio e sono state eseguite 3 ripetizioni di 3 secondi con 15 secondi di riposo tra le ripetizioni.

4, 5 e 6 minuti dopo il protocollo PAP sono stati eseguiti degli sprint di 20 metri, con il tempo che è stato misurato a 10 e a 20 metri. Dopo i test di sprint, i soggetti

hanno eseguito 3 CMJ (senza l'utilizzo delle braccia) 7, 8 e 9 minuti dopo il protocollo PAP.

Come risultato si è visto che le prestazioni nello sprint dopo 10 e 20 metri sono migliorate al $99,43\% \pm 2,93\%$ e al $99,79\% \pm 2,64\%$ rispetto ai gruppi di controllo, a seguito del protocollo di deadlift; mentre, per quanto riguarda il VJ, si è osservato un miglioramento a $101,01 \pm 4,70\%$ e $100,61 \pm 5,92\%$ rispetto al gruppo controllo nel deadlift e nel tuck jump. Questi sono dei risultati che scientificamente valgono poco, infatti, il principale risultato di questo studio è stato che le prestazioni di sprint e salto non migliorano in modo significativo dopo esercizi con pesi, pliometrici o con protocollo di riscaldamento isometrico se confrontato con un protocollo di riscaldamento di controllo senza l'utilizzo del metodo PAP.

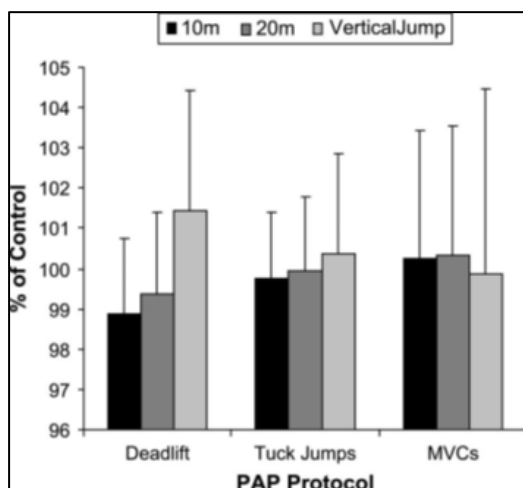


Figura 13. Effetti dei protocolli PAP nello sprint e nel salto.

Altro studio interessante è quello di J. Sanchez et al, incentrato sugli effetti del PAP sulla RSA (Repeated Sprint Ability) in calciatori di livello nazionale e regionale. In particolare, si mirava a confrontare gli effetti di un riscaldamento tradizionale e gli effetti di due strategie di riscaldamento eseguite con protocolli PAP. L'ipotesi dello studio era che queste ultime avrebbero indotto effetti maggiori sulla RSA dei calciatori rispetto al riscaldamento tradizionale, con effetti maggiori negli atleti di livello nazionale.

I soggetti dello studio sono giocatori di calcio di livello nazionale (NL, n = 8) e di livello regionale (RL, n = 8) con almeno 6 anni di esperienza di allenamento e

competizione. Gli atleti non presentavano infortuni negli ultimi 3 mesi e avevano regolarmente svolto allenamenti e gareggiato nei loro club negli ultimi 6 mesi.

L'esperimento è stato condotto durante l'ultimo mese della stagione sportiva. Gli atleti hanno completato 3 diversi protocolli di riscaldamento, separati da 48 ore di riposo. Tutti i protocolli sono stati eseguiti alla stessa ora del giorno. Ai partecipanti è stato chiesto di partecipare a ogni sessione in uno stato di alimentazione e idratazione adeguato.

I protocolli erano così strutturati:

- Controllo: 10 minuti di corsa al 60% della FCmax e 5 minuti di stretching dinamico;
- Protocollo PAP-1: si eseguono gli stessi esercizi del protocollo di controllo solo che, un minuto dopo la fine dello stretching dinamico, si esegue un set di squat esplosivi con un carico (circa 60% 1RM) e ad una velocità di 1 m/s.
- Protocollo PAP-0.5: si eseguono gli stessi esercizi del protocollo di controllo solo che, un minuto dopo la fine dello stretching dinamico, si esegue un set di squat esplosivi con un carico (circa 90% 1RM) e ad una velocità di 0.5 m/s.

Sia nel PAP-1 che nel PAP-0,5 gli atleti hanno completato ripetizioni fino a quando la velocità concentrica propulsiva media è diminuita di $\geq 10\%$ per ciascuna velocità corrispondente. Dopo il riscaldamento, gli atleti hanno riposato passivamente per 5 minuti e poi hanno eseguito il test RSA.

Il test RSA includeva 6 sprint di 20 m, con un periodo di recupero passivo di 20 s tra l'uno e l'altro.

I risultati mostrano che non ci sono state differenze tra i gruppi di controllo e PAP-0.5 o PAP-1 per RSA_b (sprint più veloce) e RSA_m (media di 6 sprint). Tuttavia, rispetto al controllo, è stata osservata una piccola riduzione di RSA_b dopo il protocollo PAP-0.5.

	CONTROL	PAP-1	PAP-0.5	CONTROL versus PAP-1		CONTROL versus PAP-0.5	
				Effect size	Difference ^a (%)	Effect size	Difference ^a (%)
RSAb (s)	3.19 ± 0.11	3.20 ± 0.14	3.14 ± 0.13	0.1	0.3	-0.4	-1.6
NL	3.15 ± 0.06	3.13 ± 0.13 ^b	3.05 ± 0.07 ^c	-0.2	-0.6	-1.5	-3.2
RL	3.24 ± 0.12	3.26 ± 0.14	3.22 ± 0.11	0.2	0.6	-0.2	-0.6
RSAm(s)	3.29 ± 0.13	3.31 ± 0.16	3.23 ± 0.14	0.1	0.6	-0.1	-1.8
NL	3.24 ± 0.08	3.21 ± 0.12 ^b	3.13 ± 0.09 ^c	0.2	-0.9	-1.3	-3.4
RL	3.34 ± 0.14	3.38 ± 0.15	3.32 ± 0.12	-0.3	1.2	-0.2	-0.6

Figura 14. Effetti di differenti protocolli PAP di riscaldamento nella RSA di giocatori di calcio di livello nazionale e regionale.

Il terzo studio che andremmo a vedere è quello di Olaf Prieske et al, il quale utilizza un metodo di allenamento molto interessante, ossia, quello di inserire nel protocollo PAP non solo un classico esercizio di forza ma anche un esercizio di equilibrio. Il suo studio, infatti, si concentra sui muscoli flessori plantari del piede; a mio avviso anche questo aspetto è interessante perché, fra tutti gli studi che ho trovato in rete e in letteratura, questo è l'unico che non si concentra sul quadricipite o sugli ischiocrurali.

Quindi, lo scopo del presente studio era quello di esaminare gli effetti dell'esercizio combinato di equilibrio e forza (B+S) rispetto all'esercizio di sola forza (S) sulle proprietà contrattili dei flessori plantari del piede.

I soggetti che hanno partecipato allo studio sono dodici giovani calciatrici d'élite, con età compresa tra i 14 e i 15 anni (altezza: 166,3 ± 4,3 cm; massa corporea: 55,1 ± 5,5 kg; percentuale di grasso corporeo: 17,9 ± 5,6%). Tutte le partecipanti erano membri di una squadra che ha concluso la stagione vincendo il campionato tedesco under-17. Nessuna delle partecipanti soffriva di disturbi muscolo-scheletrici, neurologici o ortopedici acuti che avrebbero potuto influire sulla loro capacità di eseguire il protocollo sperimentale.

I soggetti hanno dapprima eseguito un riscaldamento che consisteva 8-10 flessioni plantari del piede con una contrazione isometrica al 20-80% del massimale, poi hanno eseguito dei pre-test sulle proprietà contrattili dei flessori plantari del piede, sulla massima espressione di forza volontaria e sulle prestazioni esplosive nel salto (in particolare CMJ e DJ).

Nella parte centrale dell'esperimento sono state organizzate tre condizioni sperimentali: S, B+S, e controllo.

Dopodiché i soggetti riposano 7 minuti e, alla fine, ripetono gli stessi esercizi fatti nel pre-test.

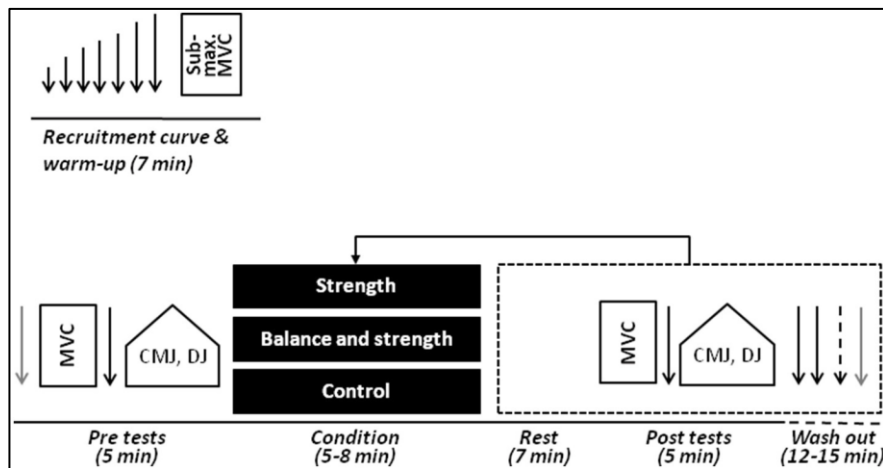


Figura 15. Struttura dell'esperimento.

Le tre condizioni sperimentali erano organizzate in questo modo:

- **S (forza)**: consisteva in tre serie di 8-10 ripetizioni con un carico corrispondente all'80% dell'1-RM (cioè, 101 ± 15 kg, range: 83-126 kg) eseguite su una leg press, con intervalli di riposo di 1-2 minuti tra le serie. Il TUT era di 1,5 secondi sia per la fase concentrica, sia per la fase eccentrica del movimento (1,5-0-1,5).
- **B+S (equilibrio+forza)**: consisteva in tre serie di esercizi di equilibrio in posizione eretta su una pedana ad instabilità regolabile per 40 secondi, con un intervallo di riposo di 20 secondi tra le serie. Il livello di instabilità veniva regolato in base alla capacità individuale. Dopo gli esercizi di equilibrio, veniva eseguito un esercizio su leg press simile a quello della condizione S.
- **Controllo**: riposo in posizione seduta per 8 minuti.

I risultati hanno mostrato che, per quanto riguarda le proprietà contrattili dei flessori plantari del piede si sono visti dei miglioramenti dopo la condizione S (55%) rispetto al pre-test (49%) e al controllo (43%) (Tabella 1).

Nel protocollo riguardante l'espressione della massima forza volontaria ci sono stati effetti di piccola o media entità, ma non significativi (Tabella 1).

Performance measure	Pre	S		B+S		Con		p value (d)
		(absolut)	(% Pre)	(absolut)	(%Pre)	(absolut)	(% Pre)	
STRENGTH PERFORMANCE								
MVC torque (Nm)	108.3 ± 40.5	121.1 ± 42.0	113.1	117.6 ± 41.3	109.4	122.1 ± 39.0	115.3	0.336 (0.64)
Voluntary RTD (Nm/s)	331.8 ± 187.7	394.7 ± 184.3	127.7	410.1 ± 185.0	135.3	379 ± 146.6	129.7	0.742 (0.33)
JUMP PERFORMANCE								
CMJ height (cm)	22.9 ± 2.6	23.3 ± 2.8	101.7	23.7 ± 2.6	103.8	23.1 ± 2.7	100.7	0.016 (1.36)
DJ height (cm)	17.8 ± 2.9	17.0 ± 3.4	95.5	17.9 ± 3.0	101.3	17.8 ± 2.7	101.0	0.257 (0.72)
DJ contact time (ms)	219.1 ± 28.7	224.4 ± 35.9	102.3	215.9 ± 29.6	99.0	239 ± 35.7	109.2	0.040 (1.17)
DJ performance index (m/s)	0.83 ± 0.20	0.78 ± 0.21	94.1	0.84 ± 0.16	103.6	0.77 ± 0.20	93.7	0.227 (0.76)

Tabella 1. Misure correlate alla prestazione nel pre-test e dopo l'esercizio di forza (S), di equilibrio e forza (B+S) e di controllo.

Per quanto riguarda la prestazione nel salto, l'altezza del salto nel CMJ era significativamente maggiore dopo B+S rispetto al gruppo di controllo. Inoltre, è stato riscontrato un effetto significativo e ampio sul tempo di contatto a terra del DJ. I test hanno indicato che il tempo di contatto era significativamente inferiore dopo B+S rispetto al gruppo di controllo (Figura 16).

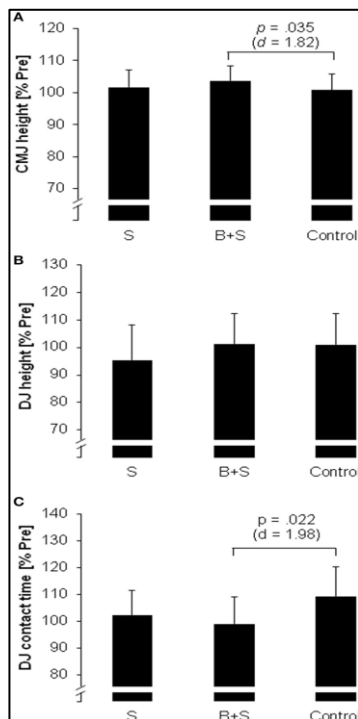


Figura 16. Prestazioni nel CMJ e nel DJ dopo le tre condizioni sperimentali (S, B+S e controllo). (A) altezza del CMJ, (B) altezza del DJ, (C) tempo di contatto a terra nel DJ.

Un altro studio è quello di S.K. Sharma et al, che si è impegnato con l'obiettivo di confrontare l'effetto dell'esercizio pliometrico (PLY) e dell'esercizio di resistenza con alto carico (RES) sul livello di lattato nel sangue (BLa) e sulle prestazioni fisiche; quest'ultime rappresentate da un salto con contro-movimento (CMJ) e da l'esecuzione di 20 metri di scatto.

I soggetti erano quattordici giocatori di calcio collegiali di sesso maschile (età = $18,57 \pm 0,94$ anni, altezza = $172,21 \pm 5,07$ cm e peso = $64,79 \pm 7,98$ kg). I criteri di inclusione erano: almeno 2 anni di esperienza nel gioco del calcio, almeno 2 allenamenti sport-specifici alla settimana e almeno una partita, di livello agonistico, alla settimana.

Ogni soggetto doveva presentarsi dopo almeno un giorno di riposo dall'allenamento o dalla partita. Tutti i test sono stati effettuati tra le 09:00 e le 11:00 del mattino. Inoltre, a tutti i soggetti è stato richiesto di evitare l'assunzione di caffeina il giorno del test e il giorno precedente. La procedura è stata eseguita in tre sessioni separate. Nella prima sessione, i soggetti si sono familiarizzati con le condizioni sperimentali e si è calcolato l'1RM. I soggetti sono poi stati divisi in modo casuale per eseguire prima il protocollo RES o PLY e poi hanno invertito l'ordine dopo un periodo di riposo di 48 ore.

La procedura è iniziata con il riscaldamento. Il protocollo di riscaldamento consisteva in 5 minuti di corsa a 9 km/h seguiti da 5 minuti di stretching leggero degli arti inferiori e un esercizio di mezzo squat con carico ridotto (due serie di cinque ripetizioni al 50% della massa corporea con 2 minuti di riposo tra le serie). Dopo 1 minuto di recupero, sono stati registrati i valori di altezza nel CMJ, il tempo nei 20 metri e il BLa. 3 minuti dopo, i soggetti hanno eseguito il protocollo RES o PLY.

L'altezza nel CMJ, il tempo nei 20 metri e il BLa sono stati registrati di nuovo 1 minuto e 10 minuti dopo i protocolli.

I giorni di test sono stati intervallati da un periodo di riposo minimo di 48 ore per limitare gli effetti della fatica sui test successivi.

Il protocollo PLY consisteva in due serie di dieci saltelli alla caviglia, tre serie di cinque salti ad ostacoli e cinque salti da uno spalto (spalto che ha un'altezza di 50

cm circa). Fra le serie di saltelli e di salto ad ostacoli venivano concessi 30 secondi di pausa, mentre, fra le serie di salti dallo spalto ne venivano concessi 15.

Il protocollo RES consisteva in dieci ripetizioni singole di back squat parziali al 90% dell'1 RM.

I risultati mostrano che l'altezza nel CMJ è significativamente migliore per il protocollo PLY dopo 1 minuto ($P = 0,004$) e dopo 10 minuti ($P = 0,001$) rispetto a quella per il protocollo RES.

Per quanto riguarda la velocità nello sprint, non c'è una differenza significativa tra il PLY e RES dopo 1 minuto ($P = 0,155$); dopo 10 minuti, invece, il tempo di sprint è stato significativamente ridotto per il protocollo PLY ($P = 0,003$) rispetto al RES.

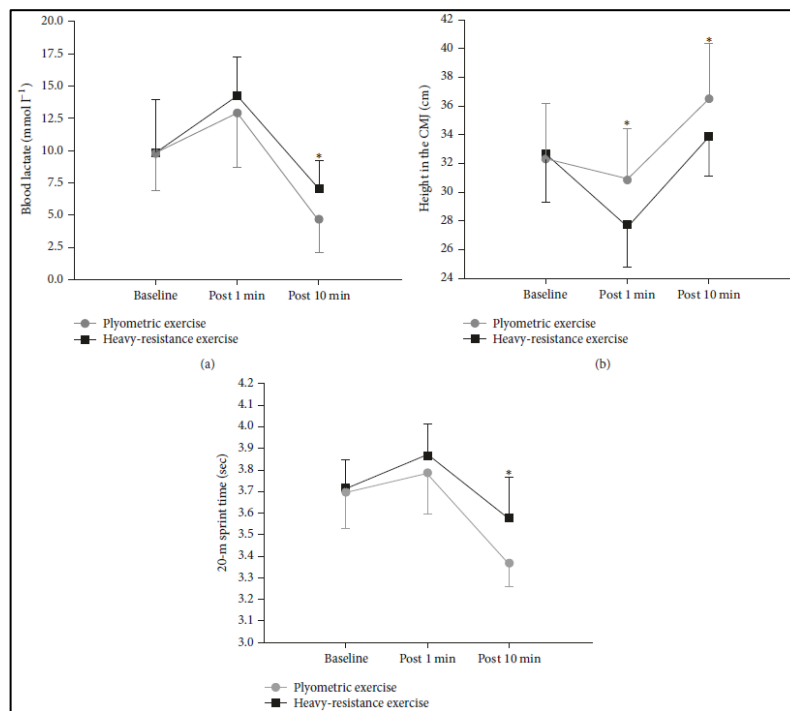


Figura 17. (a) Livello massimo di lattato nel sangue per i protocolli PLY e RES, ad intervalli di tempo specificati. (b) Altezza massima raggiunta nel CMJ per i protocolli PLY e RES, ad intervalli di tempo specificati. (c) Tempo massimo nello sprint di 20 metri per i protocolli PLY e RES ad intervalli di tempo specificati.

Bernardo Requena et al, nel loro studio si pongono come obiettivo di esaminare la relazione tra la contrazione da PAP nei quadricipiti e le prestazioni in sprint e salto verticale in giocatori professionisti di calcio maschile. In particolare, l'altezza del salto verticale e il tempo nei 15 metri di sprint sono stati considerati indicatori di prestazione nelle attività che richiedono potenza e velocità durante una partita di calcio.

La fase sperimentale si è svolta durante la parte finale del periodo pre-stagionale. I giocatori hanno partecipato a tre sessioni di test, e ogni sessione è stata separata da 7 giorni. Le prime due sessioni sono state designate come sessioni di familiarizzazione. Ai soggetti è stato istruito di evitare qualsiasi attività fisica intensa durante la durata dell'esperimento e di mantenere le proprie abitudini alimentari per tutta la durata dello studio.

I soggetti partecipanti allo studio erano quattordici calciatori professionisti di sesso maschile (età: $20,0 \pm 3,6$ anni; altezza: $177,9 \pm 6,9$ cm; massa corporea: $70,5 \pm 5,7$ kg). Avevano un'esperienza calcistica di 12-15 anni ed erano tutti professionisti a tempo pieno che si allenavano dalle 2 alle 4 ore al giorno.

Procedure di prova:

- Misurazione delle proprietà contrattili dei muscoli estensori del ginocchio: durante la misurazione, i soggetti sedevano su una sedia dinamometrica fatta su misura con l'angolo del ginocchio e dell'anca pari a 90° e 110° . La forza degli estensori del ginocchio è stata registrata da un trasduttore a resistenza fissato sulla sedia e collegato alla piastra tramite una barra rigida. I segnali provenienti dal trasduttore a resistenza andavano da 0 a 2500 N. Per valutarne le proprietà contrattili, sono state provocate contrazioni isometriche evocate elettricamente mediante una stimolazione elettrica percutanea.
- Prestazioni di salto e di sprint: l'altezza del salto verticale è stata determinata utilizzando una pedana di forza. In particolare, sono stati eseguiti due tipi di salti verticali: squat (SJ) e contro-movimento (CMJ). Il tempo nello sprint di 15 metri è stato misurato utilizzando fotocellule posizionate alle linee di partenza e arrivo.

Il protocollo sperimentale consisteva nell'indurre dapprima due stimolazioni elettriche dei muscoli in condizione di riposo con un intervallo di 10 s tra l'una e l'altra. Cinque minuti dopo è stato chiesto al soggetto di esercitare una massima contrazione volontaria isometrica di estensione del ginocchio contro il cuscinetto del trasduttore di misurazione della forza, nella maniera più vigorosa possibile per 10 s.

Dopodiché i soggetti hanno eseguito i test di salto verticale e sprint di 15 m, con un periodo di riposo (5 min) fra un test e l'altro.

I risultati mostrano che il valore medio dell'altezza del salto è stato di $37,3 \pm 5,6$ e $32,3 \pm 4,9$ rispettivamente per CMJ e SJ, mentre il valore medio del tempo nello sprint di 15 metri è stato di $2,28 \pm 0,16$ s. Comunque, tra tutti, il risultato più importante dello studio è stata la stretta relazione osservata tra il PAP della PT (Peak Torque) della contrazione e il RTD (Rate of Torque Development) nei muscoli estensori del ginocchio, e la performance nel salto verticale e nella corsa dei 15 metri.

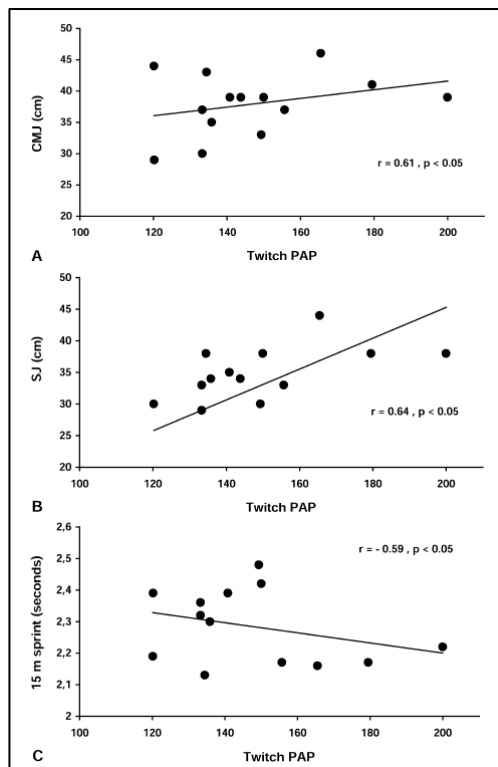


Figura 18. Relazione tra: il PAP del picco di forza della contrazione, l'altezza del salto nel CMJ (A) e nel SJ (B), e il tempo nello sprint di 15 metri (C).

L'ultimo studio sulle prestazioni di salto e velocità che andremo a vedere è quello di L.B. Seitz et al, il quale sceglie un topic molto interessante: determinare se individui più forti sono in grado di esprimere prima il potenziamento post-attivazione (PAP) rispetto a individui più deboli durante un test di VJ squat. Quindi, al contrario della maggior parte di studi che abbiamo visto in questo paragrafo, non esegue dei test per vedere quale protocollo PAP migliora maggiormente la capacità di salto di un calciatore, ma utilizza la capacità di salto come punto di partenza per vedere come cambia il PAP in soggetti con caratteristiche muscolari diverse.

In generale, si crede che gli individui più forti esprimano un grado di potenziamento più elevato. Tipicamente, gli individui più forti hanno una percentuale più alta di fibre di tipo 2, che sappiamo essere collegata a una maggiore espressione di PAP. Recentemente, Ruben et al. (2010) hanno suggerito che gli individui che riescono a fare squat con un carico corrispondente al doppio o al triplo della loro massa corporea, esprimono un grado maggiore di PAP rispetto a chi non ci riesce. Anche sulla base di questo si svolgerà questo studio.

I partecipanti hanno svolto 1 sessione di familiarizzazione e 1 sessione sperimentale. La sessione sperimentale consisteva in 3 SJ massimali (valore di base), poi 3 back squat al 90% dell'1RM e, SJ massimali singoli 15 secondi, 3, 6, 9 e 12 minuti dopo i back squat. In particolare, possiamo trovare il programma della sessione sperimentale descritto nella Figura 19.

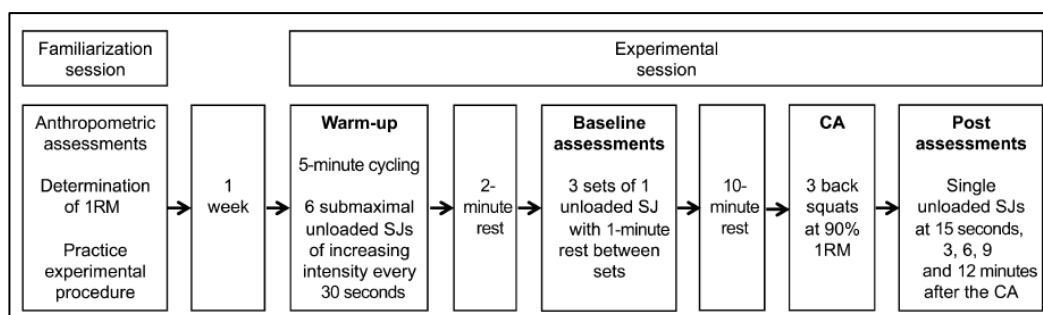


Figura 19. Programma della sessione sperimentale.

Esaminando il profilo temporale, il picco di potenza massima nel SJ è diminuita significativamente 15 secondi dopo i back squats sia nel gruppo forte che nel gruppo debole. Inoltre, il picco di potenza massima del gruppo forte è stato significativamente più alto rispetto al basale a 3, 6, 9 e 12 minuti dopo i back squats. Un modello simile è stato osservato anche nel gruppo debole, ma, al contrario del

gruppo forte, non ha mostrato un aumento significativo del picco di potenza 3 minuti dopo i back squats.

Il gruppo forte ha mostrato una diminuzione inferiore del picco di potenza relativa 15 secondi e un aumento maggiore a 3, 6 e 9 minuti dopo i back squats rispetto al gruppo debole. La differenza tra i gruppi non ha raggiunto significatività statistica 12 minuti dopo i back squats.

Il gruppo forte ha mostrato valori significativamente più alti del picco di potenza relativa nel SJ al basale e 15 secondi, 3, 6, 9 e 12 minuti ($p = 0,05$; $d = 0,94$) dopo i back squats rispetto al gruppo debole.

Per quanto riguarda l'altezza del salto raggiunta dopo lo SJ, abbiamo una diminuzione dopo 15 secondi dai back squat sia nel gruppo forte, sia in quello debole rispetto al baseline. Ma un aumento dell'altezza in entrambi i gruppi dopo 3, 6, 9 e 12 minuti. Infine, il gruppo forte ha fatto registrare altezze maggiori rispetto al gruppo debole sia al baseline, sia dopo qualsiasi altra misurazione presa durante l'esperimento.

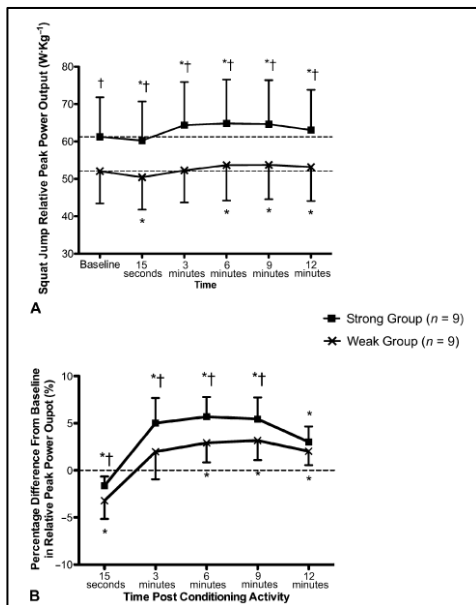


Figura 20. (A) Picco della potenza relativa nei gruppi forte e debole prima e dopo i back squats. (B) Andamento temporale del PAP nei gruppi forte e debole.

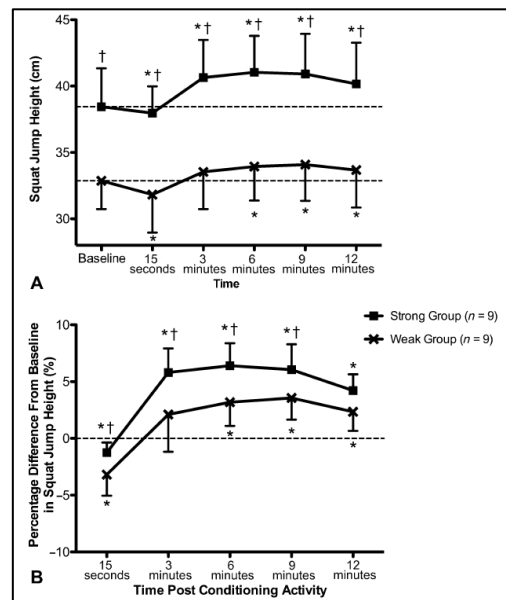


Figura 21. (A) Altezza raggiunte nel SJ a seguito dei back squats nei gruppi forte e debole. (B) Andamento temporale del PAP nei gruppi forte e debole.

3.2 Tempo di Recupero

Oltre alla velocità di scatto e al salto, un altro aspetto molto importante da considerare quando parliamo di PAP è anche il tempo di recupero.

Con tempo di recupero si intende l'intervallo di tempo da fare passare tra l'esecuzione dell'esercizio condizionante e quella della prestazione sport-specifica (scatto, CMJ, VJ, cambi di direzione, ecc.). Diversi studi indagano tempi di recupero che vanno da 15 secondi a 24 minuti. Da ciò si evince che il recupero ottimale dopo lo stimolo dato dall'esercizio condizionante potrebbe essere il fattore decisivo per realizzare il PAP.

Il primo studio che vediamo è quello di Jameson M. Mola, lo scopo di questo studio era determinare il tempo di recupero ottimale richiesto per suscitare un PAP dopo un intenso esercizio di resistenza in calciatori adulti professionisti.

La sessione sperimentale è stata divisa in due fasi:

- La prima fase aveva lo scopo di determinare il carico di squat corrispondente al 3RM per il gruppo sperimentale e di familiarizzare tutti i partecipanti con la procedura sperimentale.
- Durante la seconda fase, il gruppo sperimentale e quello di controllo hanno completato il protocollo di PAP. Il gruppo sperimentale ha eseguito un riscaldamento standardizzato e poi un salto con contro-movimento (CMJ) seguito da un recupero di 10 minuti. Successivamente, i partecipanti hanno eseguito uno squat al 3RM e CMJ a 15 secondi e a 4, 8, 12, 16 e 20 minuti dopo il completamento dello squat. Al contrario, il gruppo di controllo ha eseguito il CMJ, il recupero di 10 minuti e il protocollo successivo di CMJ per garantire che qualsiasi effetto fosse dovuto al CC (carico di controllo) dello squat al 3RM.

Tra la prima e la seconda fase è stata fatta una pausa di 30 minuti per ridurre l'impatto della stanchezza residua.

I soggetti di questo studio erano giocatori che partecipavano alla NPower Football League 1 inglese. I giocatori sono stati assegnati casualmente ai gruppi di controllo (n = 11) o sperimentali (n = 11). Non è stata osservata alcuna differenza (p <0,05) tra le masse corporee dei gruppi sperimentali o di controllo [76,6 ± 14 vs 74,3 ±

10,7 kg]. Il criterio di inclusione consisteva in un'esperienza di allenamento con resistenza di almeno 1 anno; mancanza di infortuni e astinenza da attività fisica intensa 72 ore prima dei test.

La procedura sperimentale è cominciata con un riscaldamento caratterizzato da 5 minuti su cicloergometro con intensità pari a 60 W e 2 minuti di stretching dinamico. Dopo il riscaldamento, sono state completate 3 serie di squat (ripetizioni x %3RM): 3 al 75%, 2 al 90% e 1 al 100%, con un recupero di 4 minuti tra le serie per garantire il ripristino dei sistemi energetici. Il salto verticale è stato eseguito con le mani in tasca per evitare che il movimento delle braccia aiutasse il soggetto a saltare più in alto.

I risultati mostrano che, per quanto riguarda il picco di potenza nel CMJ, abbiamo una diminuzione del picco di potenza dopo 15 secondi, 8 e 12 minuti; dopo 4 minuti di recupero si è visto un aumento non significativo del picco di potenza, e a 16 e 20 minuti il livello del picco di potenza è uguale a quello basale.

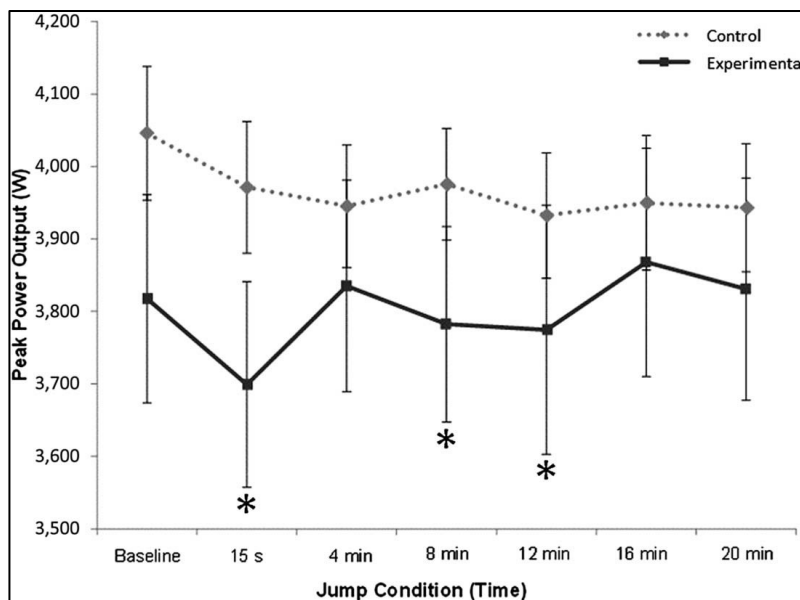


Figura 22. Picco di potenza nel CMJ prima e dopo il CC nel gruppo sperimentale e senza CC nel gruppo di controllo

Per quanto riguarda l'altezza raggiunta nel CMJ, abbiamo che dopo 15 secondi, 8 e 12 minuti si raggiunge un'altezza più bassa; mentre dopo 4, 16 e 20 minuti l'altezza raggiunta è uguale a quella basale.

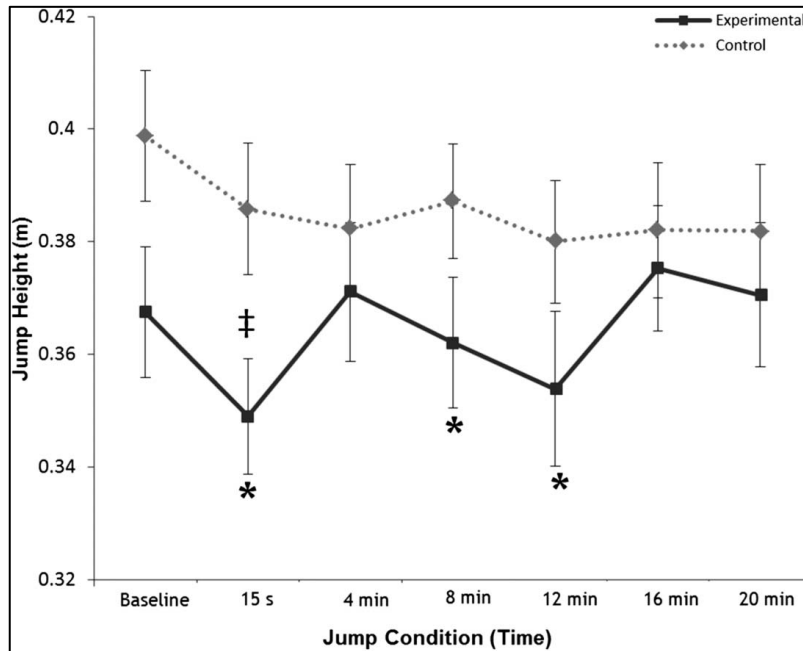


Figura 23. Altezza raggiunta nel CMJ prima e dopo il CC nel gruppo sperimentale e senza CC nel gruppo di controllo.

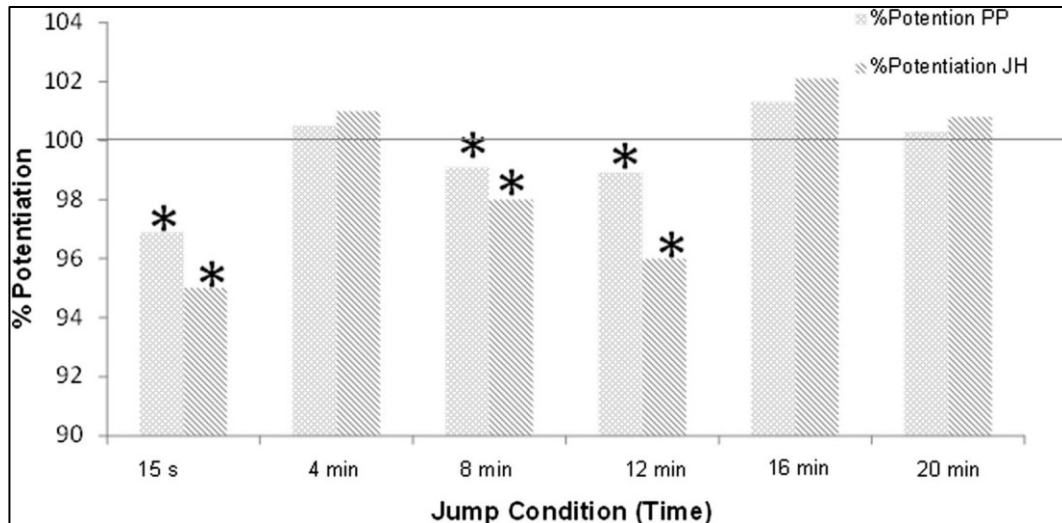


Figura 24. Percentuale di potenziamento per il picco di potenza (PP) e l'altezza nel salto (JH), nel gruppo sperimentale. La percentuale di potenziamento corrispondente al 100% corrisponde all'assenza di Potenziamento Post-Attivazione.

Il secondo studio che andiamo a vedere è quello di A. Titton ed E. Franchini, lo scopo del loro studio era quello di investigare gli effetti acuti di 16 diverse combinazioni di allenamento per causare un Potenzamento Post-attivazione in giovani calciatori di élite. Le 16 diverse combinazioni erano create con un esercizio di squat a 4 diverse intensità (40%, 60%, 80% e 100% della massima ripetizione [1RM]) e valutando i suoi effetti nella performance del salto con contro-movimento (CMJ), dopo 4 differenti tempi di recupero (1, 3, 5 e 10 minuti).

Il campione di soggetti era composto da venticinque atleti di calcio, membri delle categorie giovanili del São Paulo Football Club, di sesso maschile (età: $16,3 \pm 0,6$ anni; massa corporea: $70,7 \pm 7,4$ kg; altezza: $178,6 \pm 6,0$ cm; massimo 1-RM di mezza accosciata: 155 ± 23 kg).

Questi calciatori avevano accumulato almeno un anno di esperienza nell'allenamento della forza con l'esercizio di mezzo squat, che veniva svolto in due o tre sessioni settimanali. Dopo 30 giorni (periodo di transizione eseguito al di fuori stagione), gli atleti hanno affrontato sei settimane di adattamento, periodo dopo il quale è stato condotto il presente studio. In questa fase di adattamento, oltre all'allenamento abituale, sono state incluse tre sessioni di familiarizzazione per il test di 1RM. Nella settimana successiva all'adattamento, è stato effettuato il test di 1RM e, nelle 4 settimane successive, sono state svolte le sessioni sperimentali per la raccolta di dati sulla PAP.

La combinazione dei carichi di allenamento con i tempi di recupero ha generato 16 sessioni sperimentali che sono state raggruppate casualmente in blocchi di quattro combinazioni per sessione di valutazione, con un intervallo di riposo di 30 minuti tra le sessioni nello stesso giorno. I calciatori hanno eseguito l'esercizio del mezzo squat alle seguenti percentuali di 1RM: 40%, 60%, 80% e 100%. In ciascuna percentuale, sono state eseguite diverse ripetizioni, come segue: al 40% di 1RM, sei ripetizioni; al 60% di 1RM, quattro ripetizioni; all'80% di 1RM, tre o quattro ripetizioni; al 100% di 1RM, una ripetizione. Ad ogni percentuale di carico, sono stati eseguiti diversi tempi di recupero: 1, 3, 5 e 10 minuti.

Prima dell'inizio del test, i soggetti hanno eseguito un riscaldamento che consisteva in un esercizio continuo aerobico su cicloergometro per 5 minuti, 10 ripetizioni di mezzi-squat senza carico, cinque ripetizioni al 50% del 1RM stimato e tre

ripetizioni al 70% del 1RM stimato, con intervalli di recupero di 3 minuti tra di loro. Successivamente, dopo 3 minuti di recupero, gli atleti hanno eseguito l'esercizio di mezzo-squat fino a raggiungere il carico massimo (1RM).

Per la prova di CMJ, gli atleti sono stati posizionati su un piccolo tappetino sensibile alla pressione (Axon Jump). Dopo i comandi "preparati" e "via", i soggetti flettevano l'anca, caviglia e ginocchio a 90° e poi li estendevano alla massima velocità possibile per eseguire il salto. Il contromovimento eseguito aveva lo scopo di sfruttare l'energia elastica accumulata nel quadricipite femorale. Sono state eseguite tre prove, con un intervallo di 15 secondi, per ciascun soggetto e i valori considerati sono stati il massimo raggiunto e la media delle tre prove.

I risultati mostrano che l'altezza del salto dopo 3 minuti di recupero erano superiori a quelli ottenuti dopo 10 minuti. I valori dopo 5 minuti erano superiori a quelli osservati dopo un intervallo di 10 minuti. Risultati simili sono stati osservati anche per l'altezza media del CMJ (Tabella 2) riguardo all'effetto del tempo, con valori più alti dopo un intervallo di 1 minuto rispetto a tutti gli altri periodi di intervallo. Inoltre, i valori dopo 10 minuti erano inferiori a quelli misurati a 3 e 5 minuti.

Intensity of 1RM	Recovery time (min)	Maximum height (cm)	Mean height (cm)
40%	1 ^{abc}	41.2±4.0	40.0±3.7
	3 ^{cd}	40.4±4.6	39.2±4.4
	5 ^{df}	40.2±4.3	39.1±4.3
	10	39.1±4.8	38.0±4.4
60%	1 ^{abc}	41.9±5.4	40.7±5.1
	3 ^{cd}	40.2±3.8	39.0±4.0
	5 ^{df}	39.9±4.5	38.9±4.5
	10	39.2±4.8	38.0±4.7
80%	1 ^{abc}	41.5±4.8	40.4±4.8
	3 ^{cd}	41.1±4.9	39.6±4.7
	5 ^{df}	40.5±4.2	39.6±4.3
	10	39.5±4.5	38.4±4.4
100%	1 ^{abc}	42.4±4.6	41.1±4.8
	3 ^{cd}	41.1±5.2	39.9±5.1
	5 ^{df}	39.8±5.3	38.7±5.2
	10	39.1±4.3	38.2±4.2

Tabella 2. Valore massimo e medio del CMJ per ogni intensità di 1RM e per ogni tempo di recupero.

I principali risultati dello studio attuale sono: le prestazioni di mezzo-squat con diverse intensità (40%, 60%, 80%, e 100% di 1RM) non hanno fornito differenze significative nell'altezza del CMJ, ma è stato osservato che tra i diversi tempi di recupero (1, 2, 3, 4, 5 e 10 minuti), quelli più brevi sono stati più appropriati. I risultati suggeriscono che, indipendentemente dall'intensità utilizzata come attività

di condizionamento nell'esercizio dello squat, le condizioni PAP vengono raggiunte con un intervallo di un minuto rispetto a intervalli più lunghi nei giovani calciatori.

L'ultimo studio sul tempo di recupero che porto è quello di Austyn L. Nealer et al che si sono posti come obiettivo quello di determinare gli effetti acuti di differenti tempi di recupero dopo un esercizio di sprint. In particolare, sono stati confrontati vari intervalli di recupero di 30 secondi, 1, 2 e 4 minuti.

I partecipanti dello studio erano 24 giocatrici di calcio femminile che sono state divise in 2 gruppi: ricreative (n: 11, età: 20 ± 1.67 anni, 19-24 anni, altezza: 162.30 ± 4.35 cm, peso: 61.02 ± 8.78 kg) e atlete di Division I del college (n: 13, età: 19.76 ± 0.83 anni, altezza: 166.85 ± 5.98 cm, peso: 61.23 ± 3.77 kg). Hanno preso parte a 5 sessioni, separate l'una dall'altra da 24-48 ore. L'orario del test è stato controllato per ogni singolo soggetto. È stato chiesto alle atlete di astenersi da qualsiasi attività fisica aggiuntiva diversa dalla loro routine ordinaria. Al momento della raccolta dei dati, le atlete erano nell'ultima parte della stagione giocata e facevano 5 allenamenti a settimana di cui 3 di resistenza.

I tempi di sprint sono stati misurati in frazioni di 5 m (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 m).

Vediamo come era strutturato l'esperimento:

- Sessione 1: i soggetti hanno eseguito un riscaldamento dinamico caratterizzato da una corsa leggera di 300 m seguita da 2 ripetizioni di 20 m di A-skips, ginocchia alte, butt kickers, affondi, carioca e corsa all'indietro. Successivamente, hanno eseguito 2 sprint submassimali, a circa il 75-90% della loro velocità massima; quindi, hanno riposato per 5 minuti. Per determinare il tempo di sprint di base, ogni partecipante ha completato 2 sprint massimali di 20 m.
- Sessione 2-5: in ognuna delle seguenti 4 sessioni, i soggetti hanno completato lo stesso riscaldamento dinamico come nella Sessione 1, poi hanno riposato per 5 minuti prima del test. Ogni sessione consisteva di una corsa di 20 m con il 30% del peso corporeo aggiunto, seguita da un periodo di riposo casuale di 30 secondi, 1, 2 o 4 minuti. Sono stati portati indietro alla linea di partenza in un carrello da golf e sono rimasti seduti fino a poco

prima che il riposo fosse terminato. Dopo il riposo, hanno completato una successiva corsa di 20 m senza assistenza del peso corporeo.

I risultati mostrano che: per le misurazioni da 0 a 5 metri c'è stato un importante effetto in cui, con il recupero di 1 minuto, il tempo di sprint è stato inferiore rispetto al valore di riferimento, ai 30 secondi e ai 4 minuti, mentre con 2 minuti di recupero è stato inferiore rispetto al valore di riferimento e ai 30 secondi. Nessun altro intervallo di tempo ha mostrato differenze significative (Tabella 3).

	BL	30 s	1 min	2 min	4 min
0-5 m	1.21 ± 0.04 s	1.21 ± 0.08 s	1.15 ± 0.06 s*†	1.16 ± 0.06 s*†	1.18 ± 0.07 s
5-10 m	0.83 ± 0.03 s	0.84 ± 0.04 s	0.84 ± 0.04 s	0.85 ± 0.04 s	0.85 ± 0.04 s
10-15 m	0.74 ± 0.02 s	0.74 ± 0.03 s	0.74 ± 0.02 s	0.75 ± 0.02 s	0.75 ± 0.03 s
15-20 m	0.70 ± 0.03 s	0.71 ± 0.03 s	0.71 ± 0.04 s	0.71 ± 0.02 s	0.71 ± 0.04 s

Tabella 3. Durata delle varie frazioni di sprint per le atlete, a livello basale (BL) e a ogni pausa di recupero

Per le giocatrici ricreative, la frazione da 0 a 5 m è durata più a lungo rispetto a tutte le altre frazioni, mentre la frazione da 5 a 10 m è stata di durata maggiore rispetto a quella da 10 a 15 m e da 15 a 20 m. Nessun'altra frazione ha mostrato differenze significative (Tabella 4).

	BL	30 s	1 min	2 min	4 min	Collapsed mean
0-5 m	1.26 ± 0.06 s	1.25 ± 0.07 s	1.27 ± 0.08 s	1.25 ± 0.06 s	1.29 ± 0.10 s	1.27 ± 0.07 s*
5-10 m	0.89 ± 0.06 s	0.91 ± 0.07 s	0.90 ± 0.07 s	0.91 ± 0.06 s	0.89 ± 0.06 s	0.90 ± 0.06 s†
10-15 m	0.79 ± 0.06 s	0.91 ± 0.07 s	0.80 ± 0.07 s	0.80 ± 0.09 s	0.81 ± 0.07 s	0.80 ± 0.07 s
15-20 m	0.79 ± 0.07 s	0.89 ± 0.05 s	0.80 ± 0.07 s	0.79 ± 0.08 s	0.80 ± 0.07 s	0.80 ± 0.07 s

Tabella 4. Durata delle varie frazioni di sprint per le giocatrici ricreative, a livello basale (BL) e a ogni pausa di recupero.

I tempi degli atleti sono stati significativamente inferiori rispetto a quelli dei giocatori ricreativi (Tabella 5).

	BL	30 s	1 min	2 min	4 min	Collapsed mean
Athletes	3.50 ± 0.09 s	3.52 ± 0.11 s	3.46 ± 0.09 s	3.49 ± 0.11 s	3.53 ± 0.12 s	3.50 ± 0.09 s*
Recreational	3.75 ± 0.23 s	3.79 ± 0.21 s	3.80 ± 0.27 s	3.77 ± 0.27 s	3.82 ± 0.27 s	3.79 ± 0.25 s

Tabella 5. Tempo necessario a fare 20 metri di sprint per le atlete e le giocatrici ricreative a livello basale (BL) e ad ogni pausa di recupero.

Tutti i tempi per tutte le frazioni e le condizioni sono stati significativamente inferiori rispetto al valore di riferimento, ma le differenze per l'intervallo di 0-5 m sono state maggiori rispetto a tutte le altre frazioni.

Quindi, il risultato principale è stato che il tempo di durata dello sprint è diminuito significativamente da 0 a 5 metri dopo 1 e 2 minuti di riposo solo nelle giocatrici professioniste.

3.3 Cambi di direzione

Nel gioco del calcio saper cambiare efficacemente la propria direzione di corsa è un'abilità che si acquisisce e si padroneggia in parallelo al miglioramento tecnico-condizionale del giocatore.

Il cambio di direzione è la somma di movimenti veloci e improvvisi che coinvolgono la gestualità del corpo nella sua interezza. In partita, nelle situazioni di gioco con o senza palla, si racchiudono una somma di azioni utili a fintare e/o dribblare un avversario per creare una situazione di superiorità numerica.

Secondo una ricerca eseguita nel laboratorio di Metodologia dell'allenamento e Biomeccanica del settore tecnico di Coverciano, sono state individuate 5 fasi fondamentali che caratterizzano un cambio di direzione efficace dal punto di vista prestativo:

- *Penultimo passo* (decelerazione);
- *Ultimo passo* (decelerazione);
- *Fase di cambio*;
- *Primo passo*;
- *Fase di volo ripresa della corsa* (nessun piede rimane appoggiato a terra).

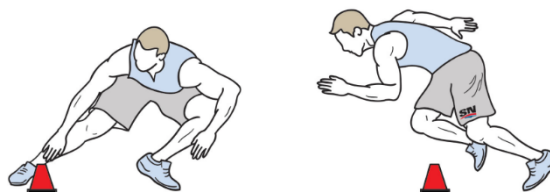


Figura 25. Cambio di direzione

Ci rendiamo conto quindi dell'importanza che ha questo gesto sportivo per favorire l'esito positivo di una partita di calcio, e per questo andiamo a vedere uno studio che è incentrato soprattutto sul cambio di direzione e sul tempo di recupero.

Lo studio in questione è quello di T. Toprak et al che si pongono come obiettivo quello di esaminare l'effetto temporale di diverse attività di condizionamento PAP sul cambio di direzione in giocatori di calcio adolescenti.

I partecipanti erano 14 giocatori di calcio maschi e adolescenti (Età media: $15,2 \pm 0,69$ anni, Altezza: $1,66 \pm 0,08$ cm, Peso: $52,07 \pm 6,70$ kg, Età di allenamento: $5,07 \pm 0,61$ anni). Tutte le misurazioni e le procedure sperimentali sono state completate nel periodo preparatorio alla stagione sportiva. I criteri di inclusione degli atleti prevedevano la partecipazione a 4 sessioni di allenamento (di almeno 2 ore ognuna) alla settimana e la disputa di una partita amichevole una volta alla settimana.

I protocolli sono stati eseguiti in 3 giorni separati. Due giorni prima del protocollo sperimentale, sono state effettuate le misurazioni antropometriche dei partecipanti e l'1RM nello squat. Prima di attuare tutti i protocolli, è stata seguita una procedura di riscaldamento standardizzata [jogging (10 minuti), stretching dinamico per gli arti inferiori e superiori (5 minuti), e 1 serie e 5 ripetizioni di squat a peso corporeo]. Dopo il completamento del riscaldamento, è stata ottenuta la misurazione di base dei protocolli (controllo, statico e dinamico). Due minuti dopo il completamento della misurazione di base, i partecipanti hanno partecipato a uno dei protocolli. Gli atleti hanno eseguito il test di agilità dell'Illinois con il massimo sforzo in otto momenti separati: nel 15° secondo, 2-4-6-8-10-12 e 14° minuto (Figura 26). Durante lo squat isometrico, è stato impostato l'angolo di flessione dell'articolazione del ginocchio a 120° - 130° con un goniometro, i piedi distanziati alla larghezza delle spalle e le dita dei piedi leggermente rivolte verso il lato laterale. I partecipanti hanno eseguito tre sforzi isometrici massimali della durata di 3 secondi, con un minuto di riposo tra gli sforzi. Durante lo squat dinamico, ai partecipanti è stato chiesto di eseguire 3 ripetizioni di squat al 85% di 1RM.

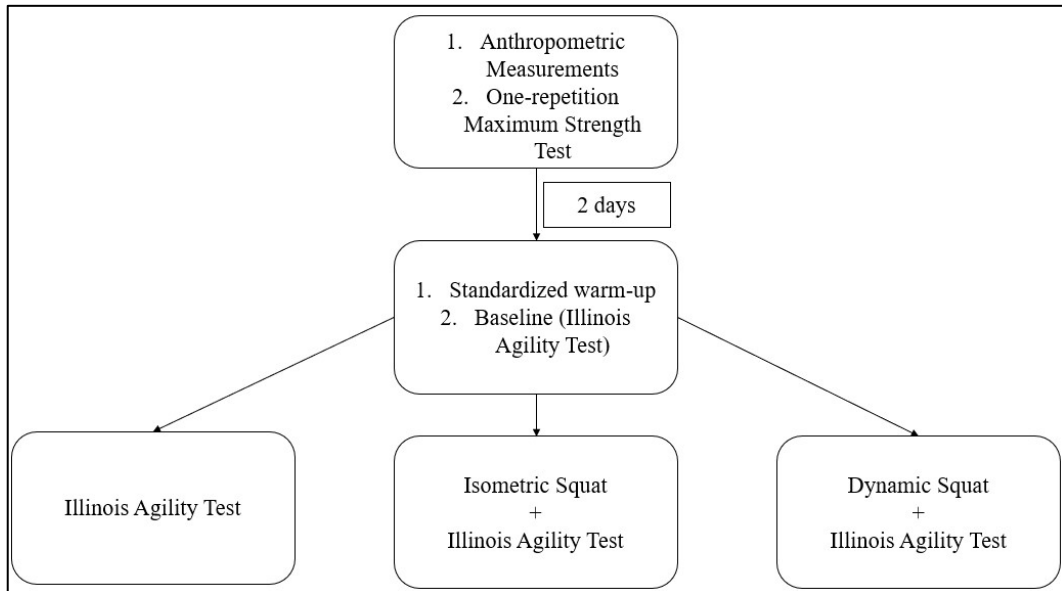


Figura 26. Programma dello studio.

Il Test di Illinois è stato utilizzato come test di agilità. Delle fotocellule sono state posizionate ai punti di partenza e arrivo. Sono stati posizionati quattro coni a distanza longitudinale di 10 metri e trasversale di 5 metri l'uno rispetto all'altro. Altri quattro coni, disposti in sequenza e separati da 3,3 metri l'uno dall'altro, sono stati posizionati al centro del percorso. Una volta pronti, si inizia il test seguendo la seguente sequenza: 1) corsa di 10 m e inversione, 2) passare al centro e fare uno slalom tra i coni, 3) correre al prossimo cono in alto a destra, 4) correre al punto di arrivo.

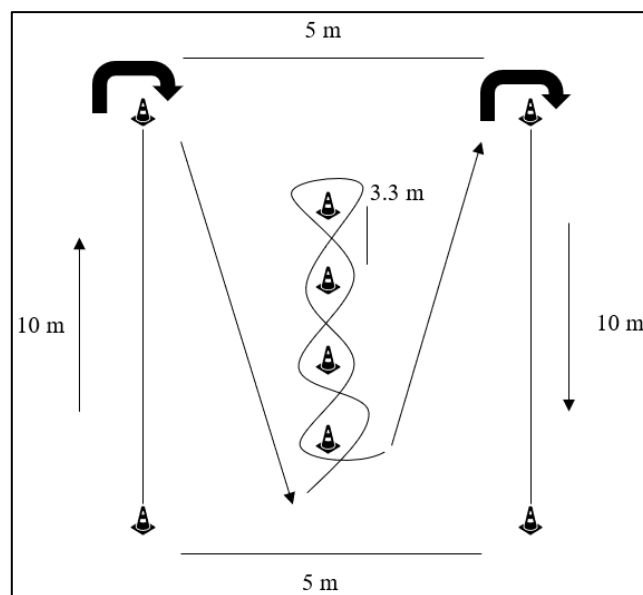


Figura 27. Illinois Agility Test.

I risultati mostrano che dopo aver eseguito i protocolli, c'è stata una differenza significativa tra i protocolli al 15° secondo e ai minuti 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,46-0,96$). C'era una differenza significativa tra il protocollo di controllo rispetto ai protocolli statici e dinamici al 15° secondo e al 2° minuto ($p < 0,001$, $\eta^2 = 0,73-0,72$, rispettivamente). C'era una differenza significativa tra i protocolli dinamici e statici rispetto al controllo al 4° e al 6° minuto ($p < 0,001$, $\eta^2 = 0,46-0,89$, rispettivamente). I valori dei protocolli dinamici e statici hanno raggiunto il picco all'8° minuto. I valori dei protocolli dinamici e statici hanno iniziato a diminuire ai minuti 10, 12 e 14 e hanno raggiunto valori vicini al basale; tuttavia, è rimasta una differenza significativa tra i protocolli dinamici e statici rispetto al protocollo di controllo ($p < 0,001$, $\eta^2 = 0,91-0,93-0,96$, rispettivamente).

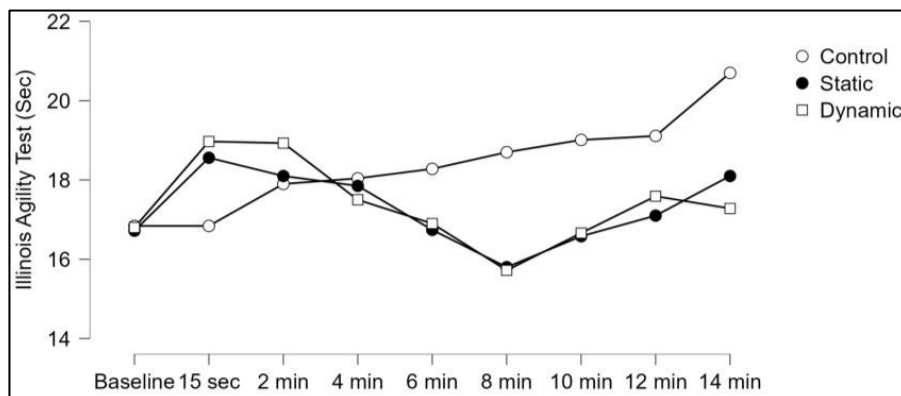


Figura 28. Valori medi del protocollo sull'Illinois Agility Test.

Quindi, in sintesi possiamo dire che le performance delle attività di condizionamento statiche di PAP sono migliorate a partire dal secondo minuto, mentre le performance del protocollo dinamico sono aumentate a partire dal quarto minuto. Le performance di queste due attività sperimentali hanno raggiunto il loro picco nell'ottavo minuto e poi hanno iniziato gradualmente a diminuire. Nonostante questo decremento sia continuato fino al quattordicesimo minuto, i valori di performance delle due attività sperimentali sono sempre stati più alti rispetto all'attività di controllo.

3.4 Decelerazione

Per essere un buon atleta devi essere in grado di avviare, arrestare e controllare il movimento, ecco perché l'allenamento di decelerazione è una componente vitale della programmazione del calcio.

Molti sport di squadra, soprattutto il calcio, necessitano dell'esecuzione di sprint di breve durata (5-7 secondi) massimali o quasi massimali ripetuti nel tempo. Inoltre, durante le partite, è necessario decelerare e cambiare continuamente direzione di corsa. Quindi il gioco del calcio è caratterizzato da continue accelerazioni, decelerazioni, cambi di direzione e salti.

In questo paragrafo ci concentreremo sulla decelerazione, portando come esempio uno studio fatto da G. Ciocca et al.

Lo scopo di questo studio era quello di indagare se l'esecuzione di un protocollo pliometrico potesse suscitare il PAP e migliorare quindi le prestazioni di decelerazione successive nei giocatori di calcio.

Diciotto giocatori di calcio universitari maschi (età 22 ± 2 anni) hanno partecipato volontariamente a questo studio. Tutti i partecipanti erano membri della squadra di calcio dell'Università di Roma "Foro Italico", si allenavano tre volte a settimana e disputavano una partita ufficiale a settimana. I partecipanti non avevano riportato infortuni muscolari nei ultimi 60 giorni prima delle valutazioni. Tutti i giocatori avevano un'esperienza pluriennale nel calcio e nell'allenamento pliometrico.

Prima delle due sessioni sperimentali (giorno 1 e 2), in cui i partecipanti hanno eseguito rispettivamente le condizioni P (Pliometrico) e C (Controllo), è stata svolta una sessione di familiarizzazione in cui hanno praticato entrambi i protocolli di test per la decelerazione e la pliometria. Le due sessioni di test sono state separate da 96 ore. Durante le due prove sperimentali, i partecipanti hanno eseguito il riscaldamento standardizzato utilizzato nello studio di Turner et al. (2015), che consisteva in una corsa leggera (~3 minuti), esercizi di stretching dinamico per la muscolatura coinvolta principalmente nelle successive attività esplosive (~10 minuti), sprint e decelerazioni ad intensità crescente (le decelerazioni erano l'unica aggiunta nel protocollo di riscaldamento) per circa 5 minuti. Dopo un recupero attivo di 2 minuti, i partecipanti hanno eseguito il test di decelerazione di base, seguito da un ulteriore periodo di recupero attivo di 2 minuti che ha preceduto

l'esecuzione della condizione pliometrica (P) (nel primo giorno di sessione) o della condizione di controllo a piedi (C) (nel secondo giorno di sessione). Infine, i partecipanti hanno eseguito nuovamente il test di decelerazione a 15 secondi, 2, 4, 8, 12 e 16 minuti dalla rispettiva condizione (P e C) (Figura 29).

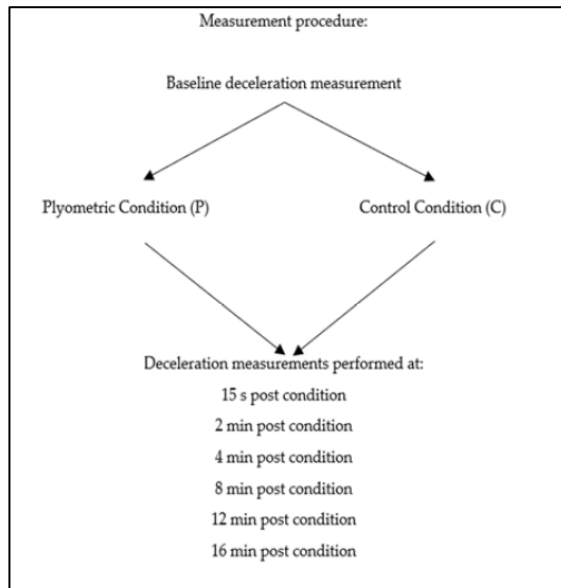


Figura 29. Rappresentazione schematica delle procedure di misurazione.

Nella condizione pliometrica (P), i partecipanti hanno eseguito tre serie di dieci salti alternati con le gambe (cinque contatti per gamba per serie). Una volta completata la prima serie, sono stati istruiti a tornare a piedi alla posizione di partenza e a eseguire le altre due serie in modo simile. Ogni serie (salti più recupero alla posizione di partenza) è durata circa 25 secondi, come prescritto precedentemente nel protocollo di Turner et al. (2015). Nella condizione di controllo (C), ai partecipanti è stato chiesto di camminare continuamente per circa 75 secondi al fine di minimizzare le perdite di temperatura corporea rispetto alla condizione P, che è durata circa lo stesso periodo di tempo.

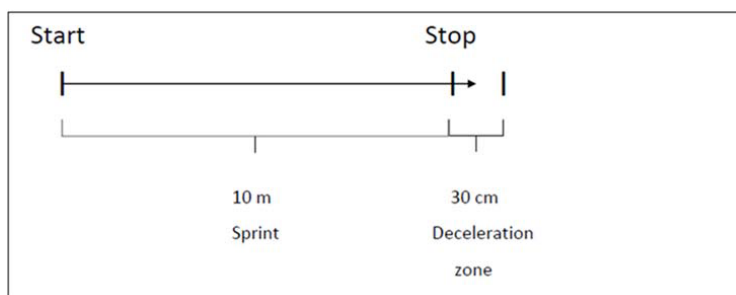


Figura 30. Test di decelerazione

I risultati mostrano che per la condizione P il test di decelerazione eseguito al 2° minuto dopo lo stimolo di precarico è stato significativamente più veloce rispetto a quello di base ($p = 0,042$; $ES = 0,86$, effetto grande; Δ tempo = $-4,13\%$), mentre non sono state riscontrate differenze significative per la condizione C.

Il risultato principale di questo studio è che il PAP ha causato un significativo miglioramento delle prestazioni di decelerazione dei giocatori al secondo minuto dopo lo stimolo di precarico, questo è supportato anche dal fatto che non sono state trovate differenze significative tra le prestazioni di decelerazione di base e quelle successive quando è stata applicata la condizione C.

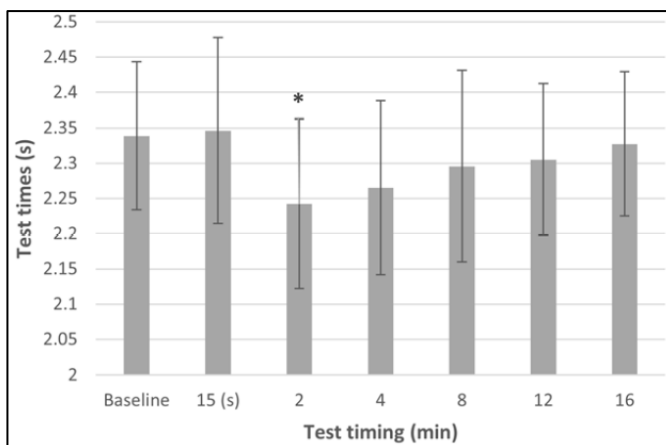


Figura 31. Risultati dei test di decelerazione per la condizione P.

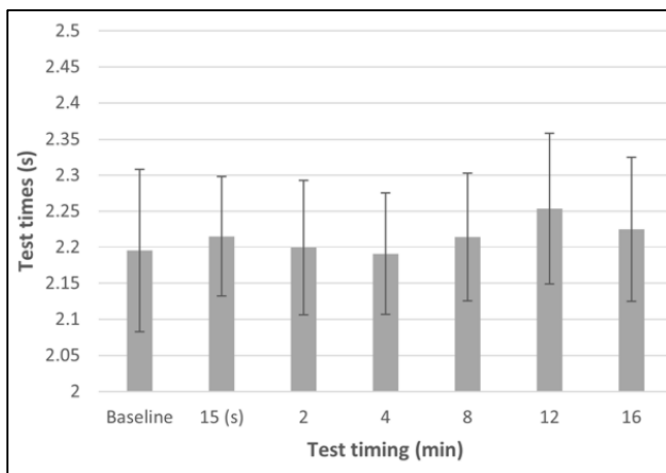


Figura 32. Risultati dei test di decelerazione per la condizione C.

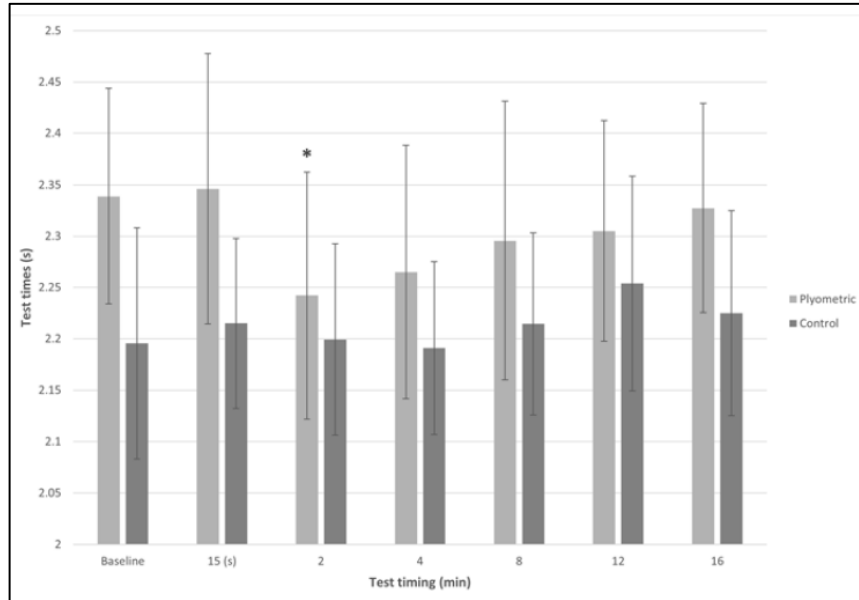


Figura 33. Confronto dei risultati ottenuti nei test di decelerazione nelle condizioni P e C.

4. DISCUSSIONE

Partiamo con l'analizzare i risultati degli studi riguardanti la velocità di scatto e il salto; come possiamo vedere negli studi di Kevin A. Till and Carlton Cooke e J. Sanchez-Sanchez et al, i risultati significativi sono stati pochi e, anzi, la maggior parte di essi dimostravano che non c'erano differenze importanti tra un allenamento svolto utilizzando un protocollo PAP e un allenamento con un protocollo di controllo. In entrambi gli studi una delle cause che può aver portato a questi risultati è che il periodo di recupero tra la fine del riscaldamento e l'inizio del protocollo PAP non ha permesso una dissipazione ottimale della fatica. Till e Cooke indicano anche, come possibile causa dei risultati del loro studio, la individualità nella risposta ad un protocollo PAP con diversi fattori tra cui l'esperienza, lo stato di allenamento, l'età cronologica, la genetica (tipo di fibre muscolari), il sesso e i livelli di forza che influenzano la risposta al PAP.

J. Sanchez-Sanchez invece indica come altra causa il fatto che è possibile che i carichi utilizzati in PAP-1 (~60% di 1RM) e PAP-0.5 (~90% di 1RM) non abbiano permesso un condizionamento neuromuscolare ottimale, limitando così la capacità del sistema neuromuscolare di raggiungere uno stato funzionale adeguato ad eseguire determinati esercizi.

Nello studio di Prieske invece si può notare un risultato interessante: a seguito dell'esercizio di B+S (equilibrio e forza) non si sono notati miglioramenti nell'espressione della massima forza volontaria, ma ci sono stati risultati importanti per quanto riguarda la prestazione di salto, in particolare si è visto un netto miglioramento nell'altezza raggiunta nel CMJ. Questi risultati possono essere dovuti al fatto che esercizi caratterizzati da una fase di equilibrio migliorano la funzione neuromuscolare del muscolo molto di più di quanto possono migliorare le proprietà contrattili dello stesso (Gollhofer, 2007).

Nello studio di S.K. Sharma possiamo vedere invece che si hanno dei miglioramenti importanti sia nell'altezza del salto che nella velocità di scatto a seguito del protocollo PLY piuttosto che nel RES, una possibile spiegazione di questo fatto potrebbe essere che l'esercizio pliometrico induce un livello di affaticamento inferiore e che è associato ad un aumento del reclutamento delle unità motorie di tipo 2.

Nello studio di B. Requena invece abbiamo un'ulteriore conferma che nei muscoli con elevata percentuale di fibre veloci, come i muscoli estensori del ginocchio, abbiamo una migliore risposta agli allenamenti che utilizzano protocollo PAP.

Nello studio di Seitz abbiamo un altro risultato importante, che ci può aiutare a spiegare la maggior parte degli studi che abbiamo visto in questa tesi, ossia che individui forti mostrano un picco di forza volontaria e un PAP più alti rispetto ad individui deboli; questo può essere dovuto al fatto che individui forti presentano una più alta percentuale di fibre di tipo 2.

Nei tre studi riguardanti il tempo di recupero da dare per garantire un migliore PAP abbiamo visto che prestazioni come l'attuazione del picco di potenza volontaria e l'altezza nel salto migliorano in modo più o meno significativo a seguito di un recupero che va dai 3 ai 5 minuti, mentre peggiorano quando si recupera per pochi secondi (15 o 30) o per troppi minuti (dai 6 in poi). Per quanto riguarda la velocità di scatto abbiamo visto che tempi di recupero brevi (1 o 2 minuti) favoriscono una buona prestazione rispetto a tempi di recupero come 30 secondi o 4 minuti.

Gli studi sul tempo di recupero sono molti e hanno spesso risultati diversi (basti pensare che lo studio di Wilson et al. del 2013 consiglia addirittura 7 minuti di recupero), di conseguenza questo fa pensare che l'interindividualità dei soggetti ("responders" o "non-responders") possa incidere molto su questo tipo di studi, come anche i metodi utilizzati dagli sperimentatori.

Nello studio di Toprak sul cambio di direzione quello che evoca più stupore è il fatto che i soggetti (adolescenti) hanno mostrato un miglioramento solamente del RFD (Rate of Force Development) e non dell'altezza del salto; invece, studi simili sull'adulto dimostrano come ci sia un miglioramento in entrambi gli aspetti. A causa di questo fatto, bisogna dire che le proprietà contrattili del muscolo non sono l'unico fattore decisivo per le prestazioni del salto, ma anche il controllo motorio e le competenze tecniche possono influenzare le prestazioni (Arabatzis et al., 2014).

Nell'ultimo studio di Ciocca sulla decelerazione si è visto come ci sia un miglioramento delle prestazioni di decelerazione dei giocatori al secondo minuto

dopo lo stimolo di precarico. Confrontando questo risultato con altri studi però scopriamo che ci sono delle discrepanze: Turner et al. (2015) trova che si ha un miglioramento dopo 4 minuti, mentre Wilson et al. (2013) trova che il miglioramento maggiore si ha dopo 7 minuti. Una spiegazione a queste discrepanze può essere che Ciocca utilizza un protocollo con esercizi pliometrici, i quali non inducono tanta fatica come esercizi con carichi pesanti (1RM) utilizzati da Wilson et al. Un'altra spiegazione è che i soggetti presi in esame da Ciocca avevano uno stato di forma generale migliore rispetto a quelli di Turner et al. e di conseguenza necessitavano di meno tempo di recupero per poter eseguire una prova ottimale.

5. IPOTESI E PENSIERI PERSONALI

Il Potenziamento Post-Attivazione è un argomento relativamente giovane e, al giorno d'oggi, rappresenta una sorta di novità per gli allenatori e gli atleti. Nella letteratura, infatti, rispetto ad altri tipi di allenamento, non ci sono molti studi; soprattutto se poi concentriamo il focus della ricerca sul solo calcio.

Dalla mia esperienza è un metodo che non viene per niente utilizzato a livello dilettantistico, ma non troppo neanche a livello professionistico; di quest'ultima affermazione sono, ovviamente, meno sicuro perché non ho la certezza di che tipo di allenamenti facciano i professionisti, ma, da quel poco che si può vedere da internet o dai social media, (molte squadre come il Milan, il Real Madrid, le squadre inglesi, ecc. infatti postano molte sessioni di allenamento della forza, della velocità e della potenza) gli allenamenti non hanno le caratteristiche di un protocollo per il miglioramento del PAP (carichi pesanti che corrispondono all'1RM e allenamenti pliometrici).

Secondo me, proprio perché il PAP rappresenta una novità, molti allenatori dilettanti e professionisti vedono questo metodo con scetticismo perché utilizza metodiche che, ai loro occhi, sembrano pericolose per i calciatori. Di conseguenza si preferisce utilizzare ancora sedute di allenamenti tradizionali che ormai vengono portate avanti da anni e che saranno magari più sicure, ma non aiutano a favorire l'evoluzione di quello che è uno degli sport più importanti e più seguiti al mondo.

Bisogna sperare che in una prossima generazione di allenatori, con un bagaglio culturale aggiornato, si cominci a vedere qualcosa di nuovo non solo a livello tattico, ma anche a livello di allenamento della forza, della velocità e della potenza.

Un'ipotesi personale che potrebbe aiutare questo processo riguarda le scelte degli esercizi negli esperimenti; negli studi visti in questa tesi possiamo vedere come, a seguito di un esercizio pliometrico o con sovraccarico, vengano misurati, per esempio, 20 metri di scatto o un CMJ. In una partita di calcio però 20 metri di scatto non si fanno solo una volta e basta, ma può capitare di farne più di una volta nel giro di pochi minuti. Di conseguenza bisognerebbe trovare qualcosa di più specifico da svolgere a seguito dell'esercizio condizionante.

Secondo me, si potrebbe ipotizzare di svolgere, a seguito di una serie di esercizi pliometrici per esempio, 30 minuti di partita nei quali si misurano, con adeguati

strumenti, tutte le statistiche riguardanti velocità, salto e potenza; per poi confrontarle con 30 minuti di partita a seguito di un riscaldamento tradizionale. Da qui, quindi, vedere se ci sono differenze o meno che ci portano a risposte più concrete in quanto l'esperimento è più specifico.

RINGRAZIAMENTI

Questi tre anni di Università mi hanno dato molto.

Mi hanno cambiato ed evoluto positivamente sia come studente che come persona. Ho fatto molte esperienze e ho imparato molti concetti che, sono sicuro, saranno indispensabili per il mio futuro lavorativo e non.

Non nego che questa facoltà, tre anni fa, non fosse la mia prima scelta e non nego nemmeno che non abbia incontrato difficoltà durante il mio percorso. Ma sono sicuro nel dire che, col passare del tempo, gli argomenti e l'ambiente che ho trovato mi hanno conquistato e mi hanno spinto a continuare questo viaggio.

Quindi ringrazio soprattutto i professori che mi hanno accompagnato in questi anni, la mia famiglia, i miei amici di una vita e le nuove amicizie che ho creato grazie all'Università.

Detto questo, sono sicuro che continuerò il mio viaggio con le scienze motorie sperando che un domani possa regalarmi molte soddisfazioni.

BIBLIOGRAFIA

- Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med.* 2007 Dec;28(12):1018-24. doi: 10.1055/s-2007-965158. Epub 2007 May 11. PMID: 17497575.
- Taylor JB, Wright AA, Dischiavi SL, Townsend MA, Marmon AR. Activity Demands During Multi-Directional Team Sports: A Systematic Review. *Sports Med.* 2017 Dec;47(12):2533-2551. doi: 10.1007/s40279-017-0772-5. PMID: 28801751.
- Bangsbo J, Lindquist F. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int J Sports Med.* 1992 Feb;13(2):125-32. doi: 10.1055/s-2007-1021243. PMID: 1555901.
- Nedelec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *J Strength Cond Res.* 2014 Jun;28(6):1517-23. doi: 10.1519/JSC.000000000000293. PMID: 24172722.
- Bangsbo J. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1994;619:1-155. PMID: 8059610.
- Loturco I, D'Angelo RA, Fernandes V, Gil S, Kobal R, Cal Abad CC, Kitamura K, Nakamura FY. Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters. *J Strength Cond Res.* 2015 Mar;29(3):758-64. doi: 10.1519/JSC.0000000000000660. PMID: 25162648.
- Carlock JM, Smith SL, Hartman MJ, Morris RT, Ciroslan DA, Pierce KC, Newton RU, Harman EA, Sands WA, Stone MH. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *J Strength Cond Res.* 2004 Aug;18(3):534-9. doi: 10.1519/R-13213.1. PMID: 15320676.
- Titton, Adriano & Franchini, Emerson. (2017). Postactivation potentiation in elite young soccer players. *Journal of Exercise Rehabilitation.* 13. 153-159. 10.12965/jer.1734912.456.
- Cormier, Patrick & Freitas, Tomás & Loturco, Irineu & Turner, Anthony & Virgile, Adam & Haff, Guy & Blazevich, Anthony & Agar-Newman, Dana & Henneberry, Molly & Baker, Daniel & McGuigan, Michael & Alcaraz, Pedro & Bishop, Chris. (2022). Within Session Exercise Sequencing During Programming for Complex Training: Historical Perspectives, Terminology, and Training Considerations. *Sports Medicine.* 10.1007/s40279-022-01715-x.
- Freitas TT, Martinez-Rodriguez A, Calleja-González J, Alcaraz PE. Short-term adaptations following Complex Training in team-sports: A meta-analysis. *PLoS One.* 2017 Jun 29;12(6):e0180223. doi: 10.1371/journal.pone.0180223. PMID: 28662108; PMCID: PMC5491153.
- Hamada T, Hayashi T, Kimura T, Nakao K, Moritani T. Electrical stimulation of human lower extremities enhances energy consumption, carbohydrate oxidation, and whole body glucose uptake. *J Appl Physiol*

- (1985). 2004 Mar;96(3):911-6. doi: 10.1152/jappphysiol.00664.2003. Epub 2003 Oct 31. PMID: 14594864.
- Esformes, Joseph & Cameron, Neil & Bampouras, Theodoros. (2010). Postactivation Potentiation Following Different Modes of Exercise. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 24. 1911-6. 10.1519/JSC.0b013e3181dc47f8.
 - Till KA, Cooke C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *J Strength Cond Res*. 2009 Oct;23(7):1960-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b8666e. PMID: 19855319.
 - Sanchez-Sanchez J, Rodriguez A, Petisco C, Ramirez-Campillo R, Martínez C, Nakamura FY. Effects of Different Post-Activation Potentiation Warm-Ups on Repeated Sprint Ability in Soccer Players from Different Competitive Levels. *J Hum Kinet*. 2018 Mar 23;61:189-197. doi: 10.1515/hukin-2017-0131. PMID: 29599871; PMCID: PMC5873348.
 - Prieske O, Maffiuletti NA, Granacher U. Postactivation Potentiation of the Plantar Flexors Does Not Directly Translate to Jump Performance in Female Elite Young Soccer Players. *Front Physiol*. 2018 Mar 23;9:276. doi: 10.3389/fphys.2018.00276. PMID: 29628898; PMCID: PMC5876518.
 - Sharma SK, Raza S, Moiz JA, Verma S, Naqvi IH, Anwer S, Alghadir AH. Postactivation Potentiation Following Acute Bouts of Plyometric versus Heavy-Resistance Exercise in Collegiate Soccer Players. *Biomed Res Int*. 2018 Feb 7;2018:3719039. doi: 10.1155/2018/3719039. PMID: 29568749; PMCID: PMC5820625.
 - Requena B, Sáez-Sáez de Villarreal E, Gapeyeva H, Erelina J, García I, Pääsuke M. Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2011 Feb;25(2):367-73. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181be31aa. PMID: 20093962.
 - Seitz LB, de Villarreal ES, Haff GG. The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *J Strength Cond Res*. 2014 Mar;28(3):706-15. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a73ea3. PMID: 23965945.
 - Ruben RM, Molinari MA, Bibbee CA, Childress MA, Harman MS, Reed KP, Haff GG. The acute effects of an ascending squat protocol on performance during horizontal plyometric jumps. *J Strength Cond Res*. 2010 Feb;24(2):358-69. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc26e0. PMID: 20072064.
 - Mola JN, Bruce-Low SS, Burnet SJ. Optimal recovery time for postactivation potentiation in professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2014 Jun;28(6):1529-37. doi: 10.1519/JSC.0000000000000313. PMID: 24343325.
 - Nealer AL, Dunnick DD, Malyszek KK, Wong MA, Costa PB, Coburn JW, Brown LE. Influence of Rest Intervals After Assisted Sprinting on Bodyweight Sprint Times in Female Collegiate Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2017 Jan;31(1):88-94. doi: 10.1519/JSC.0000000000001677. PMID: 27741057.

- Toprak T., Bakici D., Kaymakçı A., Gelen E.. Effects of Static and Dynamic Post-Activation Potentiation Protocols on Change of Direction Performance in Adolescent Soccer Players. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*. 3922;62(2): 96-108.
- Ciocca G, Tschan H, Tessitore A. Effects of Post-Activation Performance Enhancement (PAPE) Induced by a Plyometric Protocol on Deceleration Performance. *J Hum Kinet*. 2021 Oct 31;80:5-16. doi: 10.2478/hukin-2021-0085. PMID: 34868412; PMCID: PMC8607778.
- Turner AP, Bellhouse S, Kilduff LP, Russell M. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *J Strength Cond Res*. 2015 Feb;29(2):343-50. doi: 10.1519/JSC.0000000000000647. PMID: 25187244.
- Melnyk M, Gollhofer A. Submaximal fatigue of the hamstrings impairs specific reflex components and knee stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2007 May;15(5):525-32. doi: 10.1007/s00167-006-0226-3. Epub 2006 Dec 6. PMID: 17151846.
- Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SM, Jo E, Lowery RP, Ugrinowitsch C. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J Strength Cond Res*. 2013 Mar;27(3):854-9. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb. PMID: 22580978.
- Arabatzi F, Patikas D, Zafeiridis A, Giavroudis K, Kannas T, Gourgoulis V, Kotzamanidis CM. The post-activation potentiation effect on squat jump performance: age and sex effect. *Pediatr Exerc Sci*. 2014 May;26(2):187-94. doi: 10.1123/pes.2013-0052. Epub 2013 Nov 13. PMID: 24225048.

SITOGRAFIA

- Scienzemotorie.com, “Pliometria: come, quando e perché”.
- MatteoFortunati.it, “Complex training, French contrast training, Contrast training & PAPE: è necessario un chiarimento”.