

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

FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA

**DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE DELLO SPORT**

CICLO DEL CORSO DI DOTTORATO
22°

La coordinazione : un parametro dimenticato nella
valutazione degli effetti di diversi metodi di allenamento
di forza

MARCELLO CIPRIANI

A.A. 2009/2010

Docente Guida/Tutor: Prof. Raul Saggini

Coordinatore: Prof. Antonio Lombardo

INDICE

INTRODUZIONE	3
1.1 Origini della forza nella contrazione muscolare	3
1.2 Tipologia di unità motorie	4
1.3 Processi di regolazione della forza muscolare	5
1.4 Classificazione delle espressioni di forza	10
1.5 Considerazioni fisiologiche sulla Forza Esplosiva e sulla Forza Dinamica Massima	12
REVIEW DELLA LETTERATURA	18
METODI	23
3.1 Approccio sperimentale	23
3.2 Soggetti	24
3.3 Materiali	24
3.4 Disegno sperimentale	25
3.5 Analisi statistica	28
RISULTATI	28
4.1 Risultati Primo protocollo	28
4.2 Risultati Secondo protocollo	37
4.3 Risultati Terzo protocollo	51
4.4 Risultati Quarto protocollo	53
DISCUSSIONE	
5.1 Discussione Primo Protocollo	67
5.2 Discussione Secondo Protocollo	69
5.3 Discussione Terzo Protocollo	75
5.4 Discussione Quarto Protocollo	76
CONCLUSIONI E APPLICAZIONI PRATICHE	78

INTRODUZIONE

1.1. ORIGINI DELLA FORZA NELLA CONTRAZIONE MUSCOLARE

La forza muscolare risulta essere la qualità di base da cui dipendono tutte le altre capacità in quanto è dalle caratteristiche della sua estrinsecazione che parliamo di velocità e resistenza.

La forza e la velocità prodotte dal muscolo scheletrico dell'uomo sono molto difficili da distinguere l'una dall'altra. Ambedue vengono prodotte con l'aiuto dello stesso meccanismo di controllo e guida, inoltre la meccanica muscolare e le dimensioni del carico esterno determinano con quale velocità e forza muscolare il movimento stesso viene eseguito.

La contrazione volontaria del muscolo inizia nell'area motoria del cervello, da dove l'impulso nervoso muove attraverso il midollo spinale.

Il midollo spinale contiene fibre di tipo afferente, dirette verso il sistema nervoso centrale, oppure efferenti dirette verso la periferia. Le vie afferenti veicolano ai centri superiori le varie forme di sensibilità rilevate alla periferia dai recettori, mentre le vie efferenti originano dalla corteccia e terminano sui motoneuroni alfa del midollo spinale. Tutte le fibre motrici a partenza dalla corteccia si arrestano sui motoneuroni spinali. Dai motoneuroni alfa partono le vie efferenti che attraverso i nervi spinali giungono alle placche neuromuscolari per il controllo dell'attività dei muscoli. Si definisce con il termine di unità motoria il complesso funzionale costituito da un motoneurone spinale alfa e dalle fibre muscolari che innerva. Ogni fibra muscolare riceve innervazione da un solo motoneurone spinale, ma ogni motoneurone può innervare più di una fibra muscolare.

La contrazione vera e propria del muscolo avviene appena i sottili filamenti di actina e miosina, che sono le componenti proteiche che formano il sarcomero, che è l'unità funzionale del muscolo, vengono raggiunti dall'impulso. Questi con l'arrivo dello stimolo reagiscono interagendo tra loro causando le variazioni di lunghezza del sarcomero.

La teoria propone che l'accorciamento del muscolo dipende dallo scivolamento dei filamenti spessi rispetto ai sottili senza che questi varino effettivamente di lunghezza. La base molecolare di questo comportamento dipende dal fatto che i ponti della miosina sono in grado di reagire con l'actina e variare la loro conformazione strutturale realizzando quindi la possibilità di movimento reciproco tra i due filamenti, il che risulta una variazione di lunghezza del sarcomero.

Il processo si attiva per mezzo dell'enzima ATP-asi, il quale come catalizzatore favorisce la scissione dell'ATP fornendo quindi energia per la contrazione muscolare. Appena la membrana muscolare viene raggiunta dallo stimolo nervoso dal reticolo sarcoplasmatico viene liberato il Calcio; questo reagisce con la troponina C che inibisce la formazione dei ponti actomiosinici, la quale liberando i siti di legame permette al filamento della miosina di legarsi al filamento di actina e di tirarlo in direzione della miosina.

1.2. TIPOLOGIA DI UNITA' MOTORIE

Esistono due differenti tipi di unità motorie: Unità Motorie Toniche e Unità Motorie Fasiche.

Le UM toniche sono costituite da fibre lente (ST fibers), caratterizzate da elevata resistenza, da contrazioni con bassi picchi di tensione e da un lungo tempo di contrazione. Sono inoltre le UM di piccole dimensioni e reagiscono a stimoli non molto elevati. Il numero di UM toniche è di gran lunga superiore rispetto a quelle fasiche.

Le UM fasiche sono di dimensioni maggiori e innervano fibre veloci (FT fibers). Sono in grado di sviluppare tensioni elevate con brevi tempi di contrazione.

Da un punto di vista metabolico le ST utilizzano prevalentemente il meccanismo aerobico per la produzione di ATP, mentre le FT ricorrono prevalentemente ai meccanismi anaerobici glicolitici, con conseguente produzione di lattato.

Le fibre FT sono ulteriormente suddivise in due tipi: le FT a, con caratteristiche intermedie e cioè elevata velocità di contrazione e discreta resistenza, sia aerobica che anaerobica, e le FT b capaci di produrre elevate tensioni e ma scarsamente resistenti, che fanno ricorso prevalentemente ai processi anaerobici glicolitici.

Le ST sembrano essere ricche di mioglobina e mitocondri che ne caratterizzano il colore rosso, mentre le FT ne sono sprovviste. Un'altra caratteristica che si riscontra nei due tipi di fibre è la concentrazione della LDH e dei suoi 5 isoenzimi. Nelle FT è presente l'isoenzima LDH5, che favorisce la produzione di lattato dal Piruvato mentre nelle ST predominano gli isoenzimi LDH1 e LDH2, che situati nei mitocondri favoriscono la reazione al contrario, cioè dal Lattato al Piruvato. Concludendo le ST sembrano adatte al lavoro prolungato ad intensità sub massimale, dove le fonti energetiche vengono utilizzate aerobicamente e dove la combustione dei lipidi e degli FFA (acidi grassi liberi) è molto elevata; contemporaneamente le FT sembrano adatte a sostenere lavori massimali ma di breve durata, dove le energie necessarie alla combustione provengono da processi metabolici glicolitici. (Bosco)

1.3. PROCESSI DI REGOLAZIONE DELLA FORZA MUSCOLARE

Per molti anni l'aumento di forza è stato considerato la conseguenza diretta di un incremento delle dimensioni del muscolo (ipertrofia) (Ikai, Fukunaga, 1968); L'incremento della sezione trasversa è l'espressione visiva del lavoro muscolare sistematico e ripetuto nel tempo. Ciascun esercizio determina il grado dei vari organi coinvolti, dei diversi tipi di muscoli ed unità motorie reclutate; di conseguenza, l'adattamento organico indotto porterà l'impronta dei vari tipi di esercizi svolti. A livello delle fibre muscolari, i due tipi di adattamenti più importanti avvengono a carico delle miofibrille e dei mitocondri. Il primo risulterà da un aumento del tasso di

proteina mio fibrillare, che condurrà ad un aumento della sezione trasversa delle miofibrille e pertanto delle fibre muscolari.

Di conseguenza le condizioni per generare ipertrofia muscolare è l'esecuzione di esercizi ad elevata resistenza.

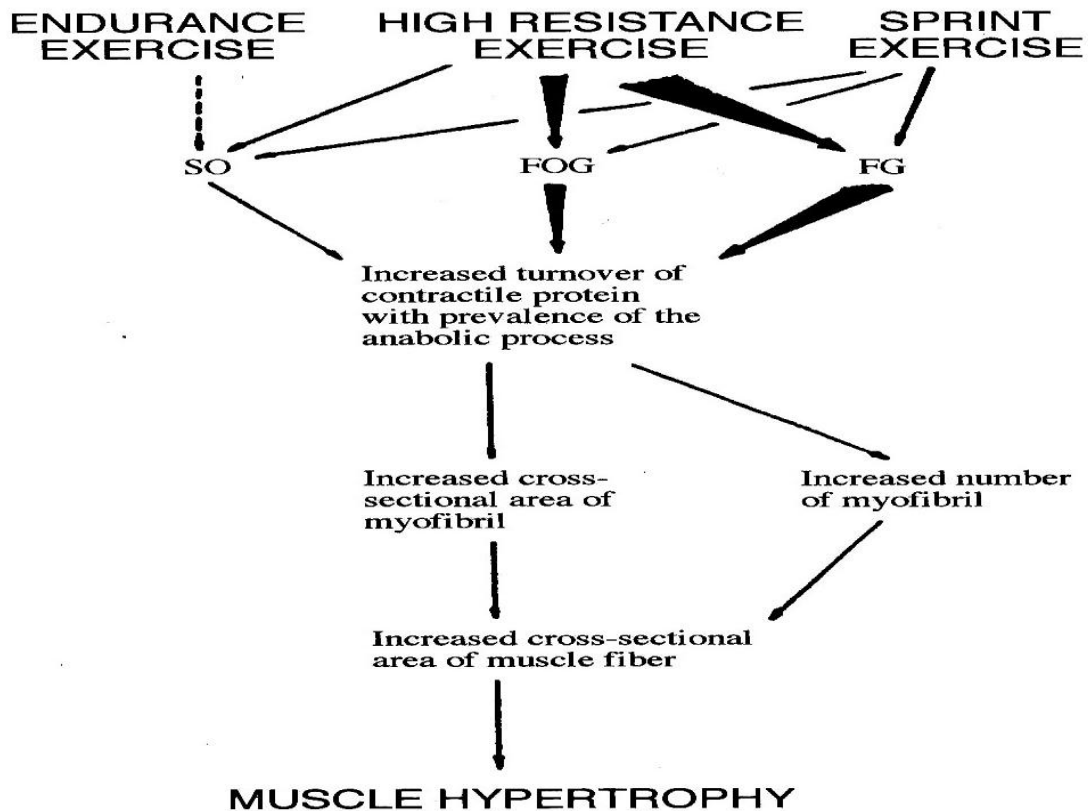


Fig.1

Gli esercizi di forza veloce e di velocità sono i meno adatti a questo scopo, mentre gli esercizi di resistenza risultano del tutto inefficaci. L'ipertrofia muscolare dipende innanzitutto dall'aumento della sezione trasversa delle fibre veloci.

I miglioramenti riscontrati sulle donne sono simili a quelli riscontrati negli uomini che seguono lo stesso programma di allenamento anche se le modificazioni morfologiche sono meno rilevanti nelle prime. Le donne infatti presentano incrementi di massa magra decisamente inferiori rispetto agli uomini in seguito ad allenamenti di forza. Quando la forza è espressa in relazione al peso corporeo queste differenze si annullano dimostrando che le qualità congenite del muscolo e i meccanismi di controllo sono gli stessi. Queste variazioni vengono determinate dal fatto che la donne presentano rispetto agli uomini circa il 10% di grasso in più. La differenza nei

due sessi è in funzione dei gruppi muscolari esaminati; nelle donne per esempio la differenza di forza degli arti superiori è maggiore rispetto agli arti inferiori questo probabilmente perché le donne devono trasportare per tutta la vita un peso maggiore dovuto alla massa grassa rispetto agli uomini. Incrementi di forza sono stati riscontrati anche in soggetti in età scolare e pre puberale senza significativi incrementi di massa muscolare. Numerosi autori (8,9) sono concordi nell'affermare che in assenza di aumenti di massa magra dovuti a scarse concentrazioni degli ormoni anabolici GH e Testosterone, gli incrementi siano da attribuire esclusivamente ad adattamenti nervosi (maggiore attivazione delle unità motorie, modificazione della coordinazione, del reclutamento e della frequenza di scarica).

Il sistema nervoso adotta due strategie per aumentare la tensione muscolare: aumentando il numero di UM reclutate e aumentando la frequenza di scarica nervosa, cioè inviando un maggior numero di salve di treni di impulsi ai muscoli.

Il reclutamento delle UM segue il principio di Henneman secondo il quale in movimenti non balistici verrebbero reclutate per primo le UM più piccole e all'aumentare della resistenza sempre più le UM di più grandi dimensioni. Ciò significherebbe che per attività come camminare o correre a bassa intensità verrebbero utilizzate fibre ST, mentre all'aumentare della tensione verrebbero reclutate le fibre FT di tipo A e successivamente di tipo B.

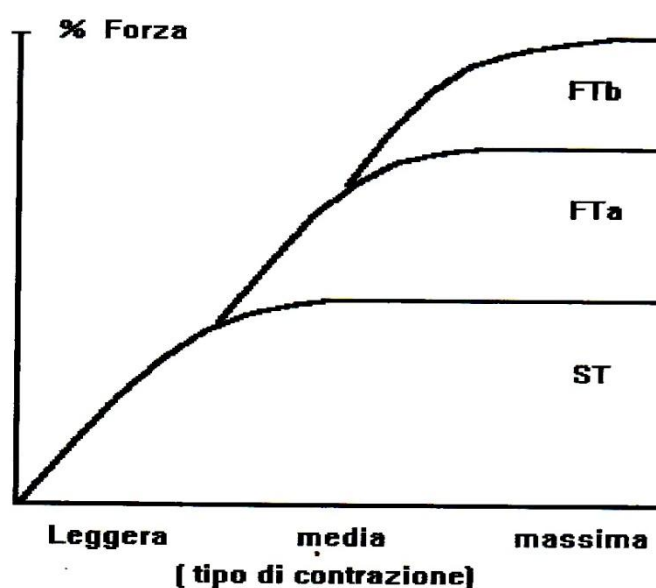


Fig 2

Burke e Edgerton (1975) ritengono che per azioni muscolari che non richiedano più del 20% della massima forza le fibre reclutate sarebbero solo le lente. Sempre secondo Burke durante la contrazione volontaria un meccanismo di attivazione neurale può operare in maniera tale che si possa provocare una depressione delle UM lente. Appare chiaro che il reclutamento delle UM non segue canoni fissi ma, in alcune contrazioni veloci, può prevalere l'attivazione selettiva delle fibre veloci. Il reclutamento si sposta dalle fibre lente a quelle intermedie finendo su quelle veloci durante l'attività muscolare che va dal correre lentamente (jogging) allo sviluppo di movimenti di potenza per arrivare ad espressioni di salto verticale (Stuart e Enoka, 1983).

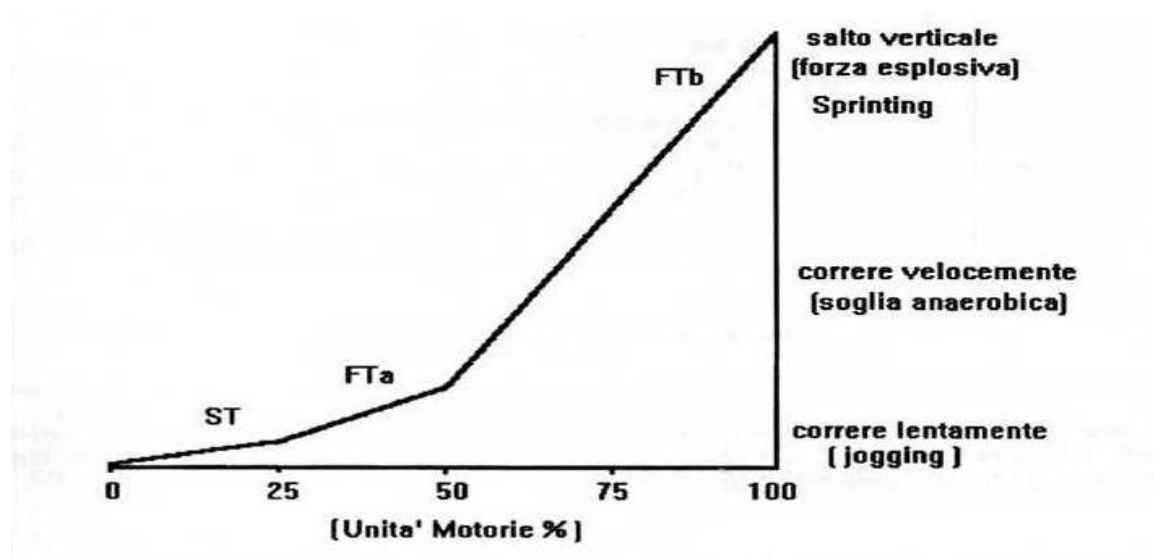


Fig 3

La teoria presentata dai due ricercatori si basa anche sui risultati ottenuti da Bosco e Komi (1979) in cui era stato osservato che soggetti ricchi di fibre veloci negli estensori delle gambe realizzavano risultati migliori nel salto verticale. Pertanto questo induce a pensare che nonostante la forza sviluppata durante questo tipo di attivazione balistica non superi il 35 - 40% della massima forza isometrica

l'intervento delle UM fasiche è preponderante rispetto a quelle toniche.

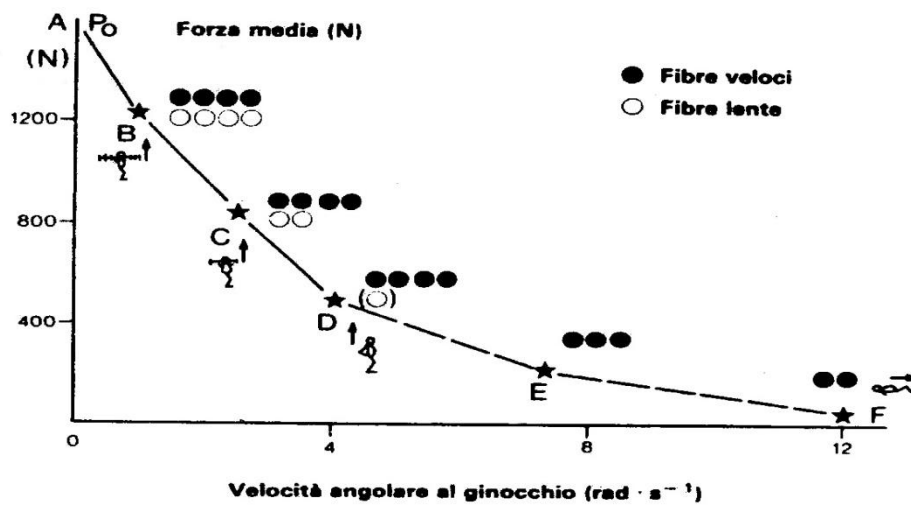


Fig 4

Il reclutamento di tutte le UM presenti in un muscolo si ha con carichi che vanno dal 70 al 100% di 1RM per i grandi gruppi muscolari, mentre nei muscoli più piccoli già al 50% 1RM si ha il reclutamento totale dell'UM.

Quindi carichi superiori al 70% si possono sollevare solo aumentando la frequenza di scarica. Nella contrazione isometrica, l'incremento della tensione avviene prevalentemente attraverso il reclutamento di nuove UM infatti si nota una relazione lineare tra incremento di forza e IEMG. In attività di ½ squat, l'attività elettrica subisce un incremento statisticamente significativo quando si passa dal 40% al 50% del CM per poi subire un appiattimento dimostrando che tutte le UM sono reclutate e un aumento della tensione muscolare è possibile solo aumentando la frequenza di stimolo. Nei movimenti balistici di ½ squat jump invece, con sovraccarichi del 30%, 40% e 50% del CM l'attività elettrica manifesta valori elevatissimi che addirittura sono maggiori del 200% a quelli ottenuti nella MIF. Questo si può spiegare con un reclutamento massiccio delle UM fasiche che manifestano un potenziale d'azione molto più elevato di quelle toniche.

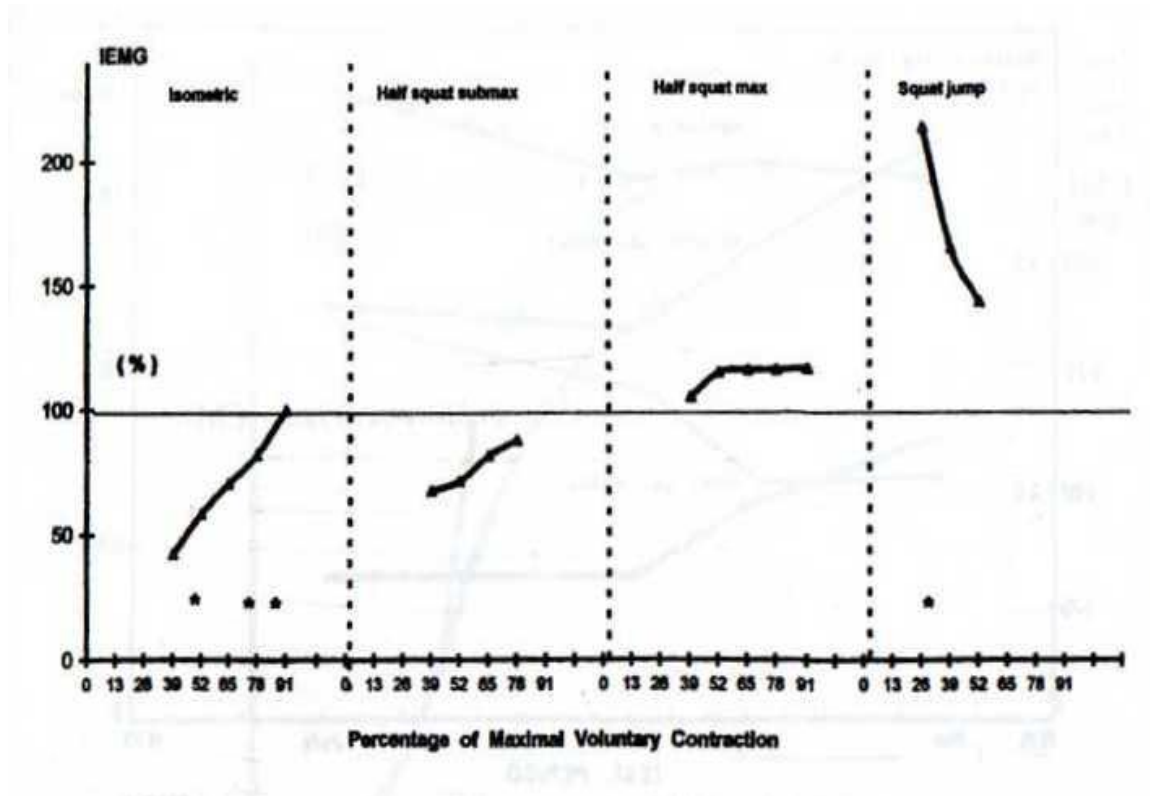


Fig 5

1.4 CLASSIFICAZIONE DELLE ESPRESSIONI DI FORZA

Il comportamento meccanico di un muscolo è la relazione iperbolica esistente tra la Velocità di contrazione e la tensione sviluppata, osservato sia su muscoli isolati di animale (Hill, 1938) sia su muscoli in vivo (Wilkie,1950). In base a tale relazione all'aumentare del carico esterno si riduce la velocità di contrazione mentre al diminuire del carico la velocità aumenta.

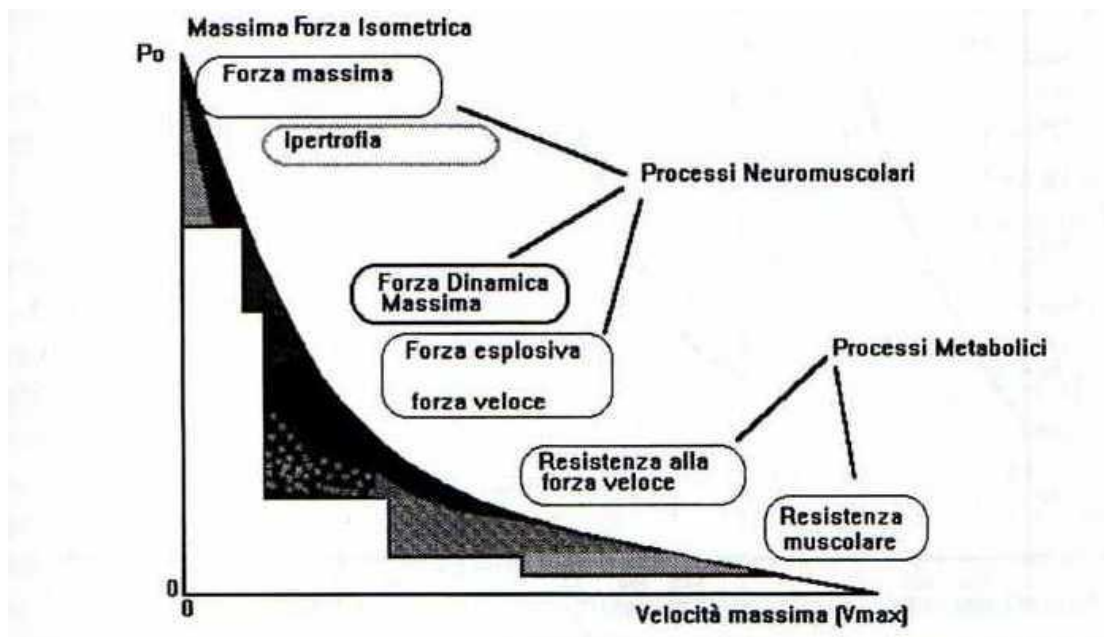


Fig 6

Si possono classificare così le varie espressioni di forza per cui avremo:

- Forza Massima
- Forza Dinamica Massima
- Forza Esplosiva
- Forza Reattiva

La Forza Massima è definita come la capacità di sviluppare forza con un carico che non permette di modulare la velocità di esecuzione. I carichi di allenamento vanno dal 70% al 100% 1 RM, con Velocità di contrazione minori di 0,6 mm/s e durate maggiori di 700 ms.

La FDM si sviluppa quando i carichi esterni sollevati sono discretamente elevati. I carichi vanno dal 30% al 70% 1RM, con velocità di esecuzione comprese tra 0,6 mm/s e 1,2 mm/s e con durate comprese tra 400ms e 600 ms.

La Forza Esplosiva è definita come la capacità di sviluppare tensione muscolare con un'elevata velocità di contrazione. I carichi si aggirano da 0 al 30% 1RM, velocità di contrazione superiori a 1,2 mm/s e durate di 200 – 300 ms.

La Forza Reattiva è la capacità del sistema neuromuscolare di assorbire l'energia cinetica del corpo o di un attrezzo e di restituirla nella successiva contrazione.

1.5. CONSIDERAZIONI FISILOGICHE SULLA FORZA ESPLOSIVA E SULLA FORZA DINAMICA MASSIMA

Contrariamente a quanto si possa pensare alti livelli di FMAX e FDM non sono prerequisiti essenziali per ottenere risultati di prestigio in molte discipline sportive ad eccezione di poche specialità (sollevamento pesi). Ciò nonostante possedere un ottimo livello di FMAX e FDM è fondamentale per poter sviluppare elevati gradienti di Forza Esplosiva. Questo può essere realizzato poiché le basi dei fenomeni che biologicamente caratterizzano lo sviluppo di FMAX e FDM non sono dissimili da quelli connessi allo sviluppo della Forza Esplosiva

Fattori neuromuscolari	Forza esplosiva (SJ e CMJ)	Forza-max (SJbw)
A) Sincronizzazione delle varie unità motorie	***	***
B) Frequenza degli impulsi che dal cervello arrivano ai muscoli	***	**
C) Coordinazione inter ed intramuscolare	***	***
D) Influenza del biofeedback delle cellule di Renshaw	***	**
E) Influenza inibitoria dei corpuscoli tendinei del Golgi	*	***
F) Potenziamiento del riflesso da stiramento (miotatico)	*	
H) Influenza della sezione trasversa dei muscoli		***
I) Influenza della struttura morfologica (% di FT)	***	

Fig 7

I primi adattamenti ad un allenamento di FMAX sono di natura neurogena, cioè vengono reclutate un numero maggiore di UM; in seguito migliora la capacità di reclutare istantaneamente un numero sempre maggiore di UM (sincronizzazione) e infine la capacità di emettere impulsi ad alta frequenza. Pertanto dopo un primo periodo in cui si verifica un miglioramento degli aspetti neurogeni avvengono dei processi di adattamento morfologici, con un aumento della sezione trasversa del muscolo.

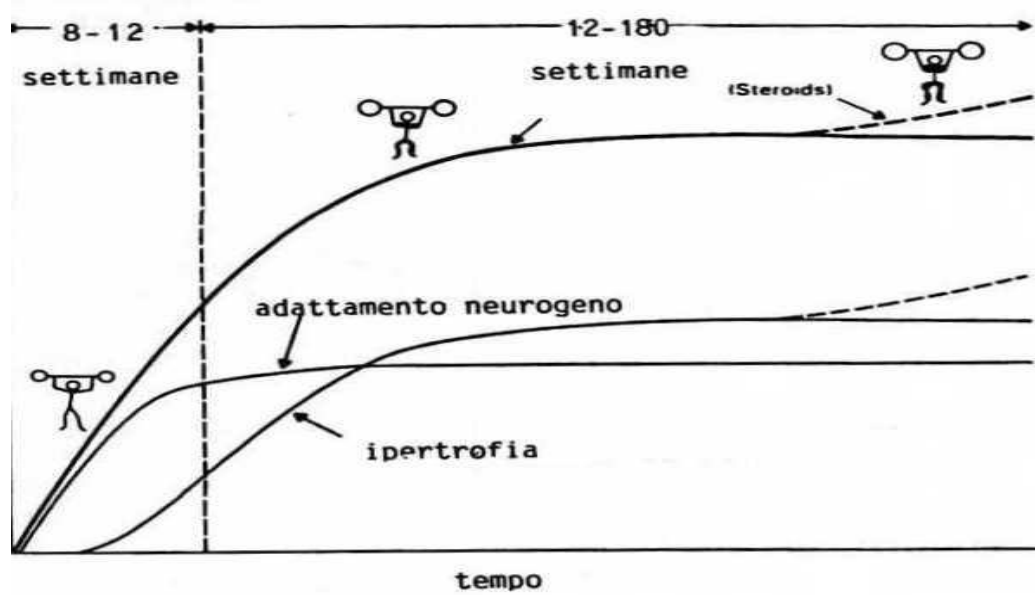


Fig 8

Komi e coll. (1982) hanno evidenziato un incremento della sezione trasversa sia delle fibre ST che FT in soggetti allenati con carichi di FMAX, mentre soggetti sottoposti ad allenamenti pliometrici e di Forza esplosiva non mostravano una variazione delle aree miofibrillari.

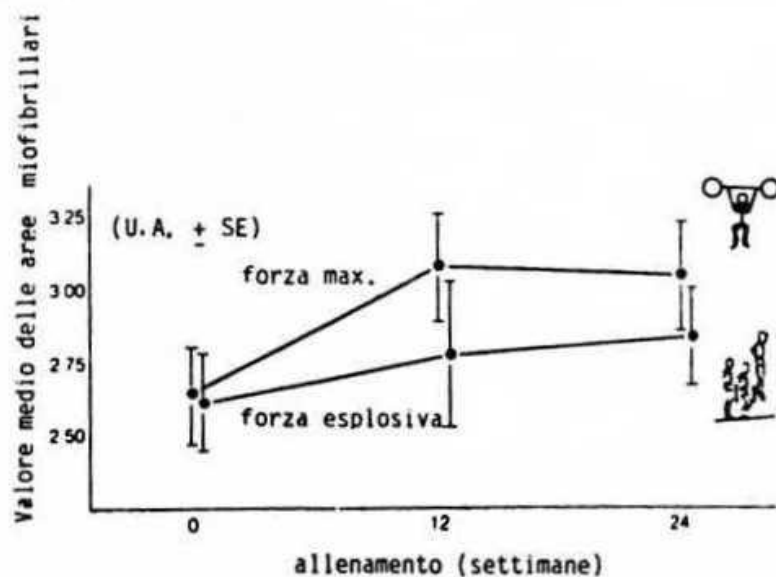


Fig 9

Ciò significa che quando si vuole migliorare la Forza esplosiva attraverso il miglioramento della FDM carichi errati potrebbero provocare adattamenti morfologici non desiderati e negativi per la prestazione.

Se con allenamenti di Forza Massima si incrementa l'area delle fibre ST, condizioni che si realizzano utilizzando un elevato numero di ripetizioni con carichi elevati, si possono determinare effetti negativi per lo sviluppo della Forza Esplosiva. Infatti aumentando la sezione trasversa delle fibre ST sembra che anche quando si eseguono movimenti veloci vengano reclutate entrambe i tipi di fibra. Quindi se da un lato il miglioramento della struttura morfologica delle fibre veloci potrebbe rappresentare un adattamento biologico ideale allo stimolo di allenamento il concomitante miglioramento delle fibre lente provocherebbe un effetto decelerante durante la contrazione veloce del muscolo. In ogni caso fra gli adattamenti neuromuscolari indotti da allenamento di FMAX, quelli che si avvicinano alle qualità fondamentali della Forza esplosiva sono da tenere in considerazione. Infatti queste due espressioni della forza muscolare presentano non pochi fattori in comune, che potrebbero influenzare positivamente la Forza esplosiva.

Hakkinen e coll. (1985) hanno dimostrato come allenamenti specifici di sola forza esplosiva determinano il miglioramento della relazione F/t in condizioni isometriche, dovuto ad un aumento dell'attività elettrica nella fase iniziale. Negli atleti allenati sulla Forza massimale sono stati registrati miglioramenti della forza solo nella parte finale della curva F/t .

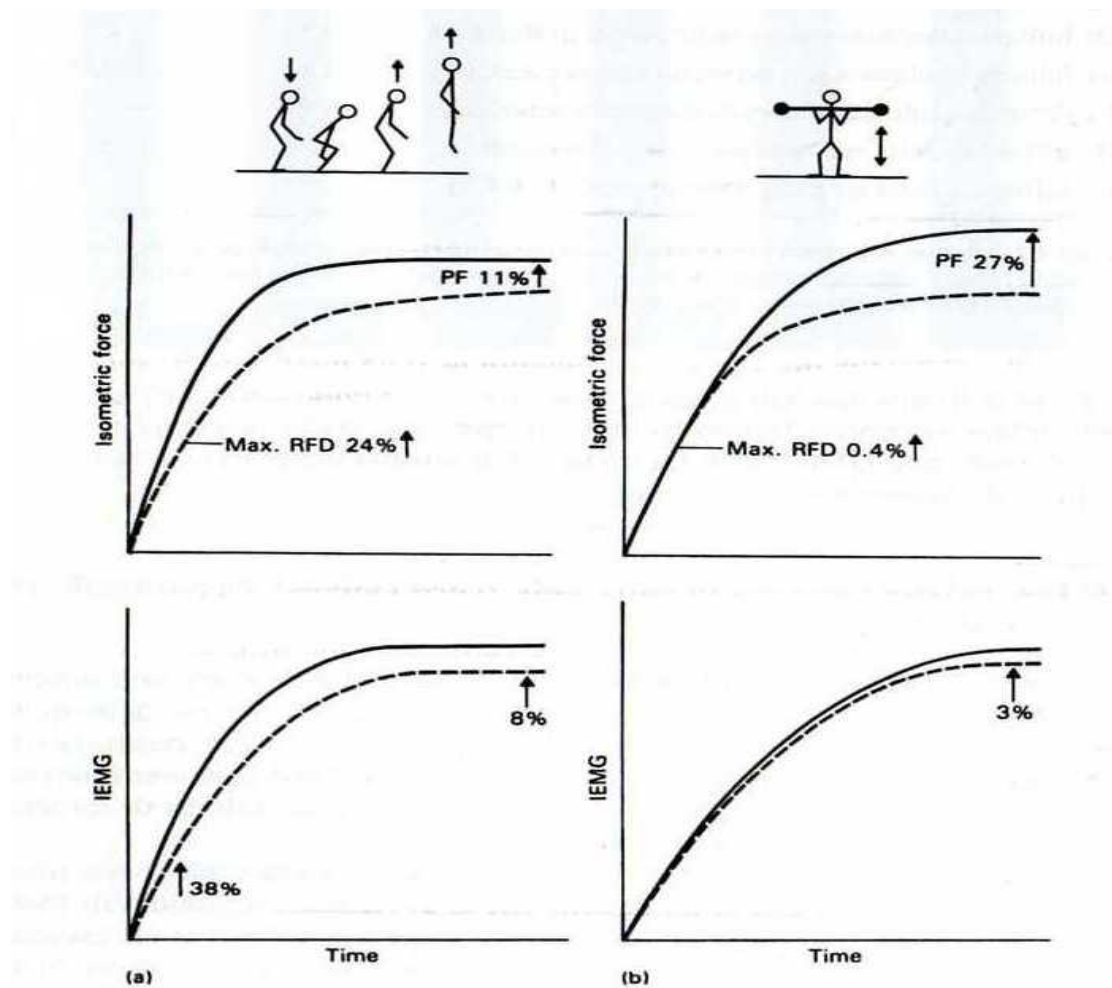


Fig 10

Come descritto precedentemente allenamenti rivolti alla Forza massima determinano dapprima miglioramenti di natura neurogena e in seguito portano a delle modificazioni strutturali. Il miglioramento dei fattori neurali, determina come risultato un'attivazione di un altissimo numero di fibre che sono quei processi che determinano la Forza esplosiva e portano ad un miglioramento della velocità dei movimenti. Oltre a motivazioni di tipo neurofisiologico, che spiegano l'influenza della Forza massima sulla Forza esplosiva, esistono anche collegamenti di natura endocrina. È infatti dimostrato che il ruolo del Testosterone è correlato non con la Forza massima ma con le qualità esplosive del muscolo. Sembra infatti che il Testosterone agisca sulle le fibre veloci. Allenamenti di forza massima, incrementando la concentrazione sierica di Testosterone provocano una

fenotipizzazione delle fibre veloci e si verrebbero a creare i presupposti per realizzare espressioni elevate di Forza esplosiva, essendo correlata quest'ultima con le fibre veloci.

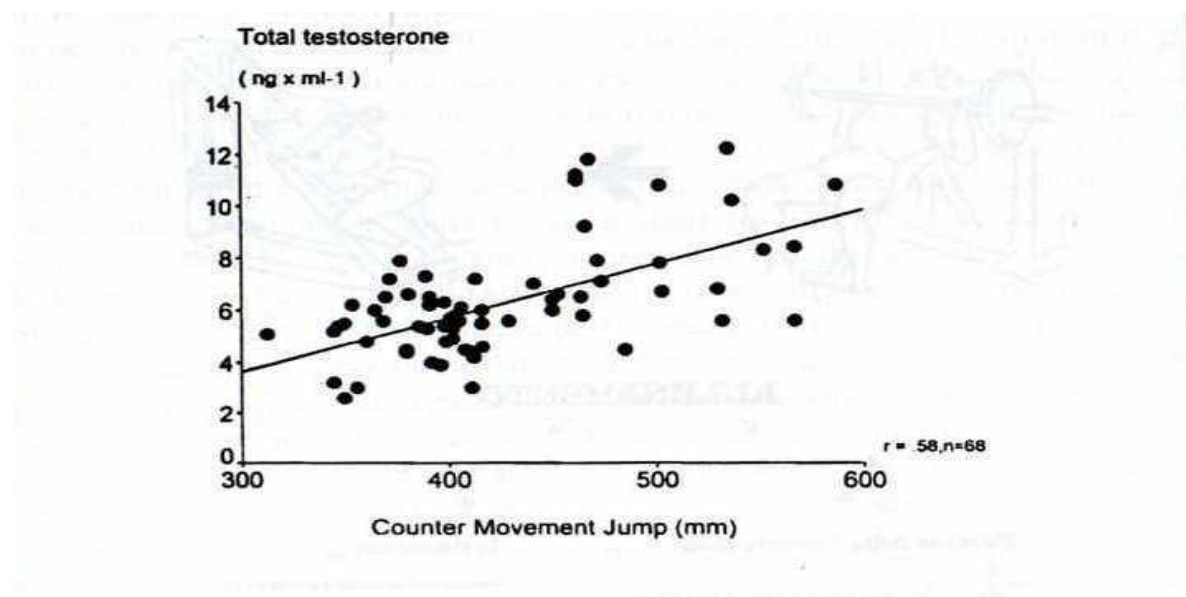


Fig 11

In base a ciò gli stimoli indotti dall'allenamenti della Forza massima secondo possono influenzare l'asse ipotalamo – ipofisi che ipotalamo – gonadi.

Stimolando l'asse ipotalamo – ipofisi si favorisce l'increzione di GH che determina insieme alle somatomedine un turn over proteico portando a modificazioni strutturali del muscolo. Allenamenti differenti invece, possono favorire un incremento del Testosterone influenzando positivamente la velocità di movimento.

I programmi di allenamento della forza si basano su parametri quali serie, ripetizioni, carico e pause di recupero senza però prendere in considerazione un altro aspetto fondamentale che è la velocità con cui la forza viene estrinsecata.

Questo parametro risulta importante in quanto conoscere la velocità di spostamento del carico può indirizzare verso adattamenti diversi.

Secondo Bosco, durante prestazioni con carichi tra il 70% e il 90% eseguite a velocità submassimale, il numero di ripetizioni completate è assicurato dal reclutamento

progressivo delle varie fibre muscolari. All'inizio verrebbero reclutate le ST e FT di tipo A e alla fine della serie le fibre FT di tipo B. Nel corso di attivazioni massimali volontarie con carichi intorno all'80% 1RM all'inizio della serie vengono attivate ad altissima frequenza tutte le UM. Verso la fine però le fibre veloci sarebbero esauste e il proseguimento del lavoro viene assicurato dal massiccio intervento delle fibre lente, con conseguente abbassamento della Velocità sviluppata. Quindi per non reclutare in modo continuo e massiccio le fibre lente, la serie deve essere eseguita alla massima velocità consentita dal carico e viene interrotta quando la Velocità di spostamento scende sotto il 90% della Velocità espressa con quel carico. Alla luce di questo il numero di ripetizioni per serie non è stabilito a priori ma in base alle condizioni momentanee in cui si trovano i muscoli impegnati nel lavoro.

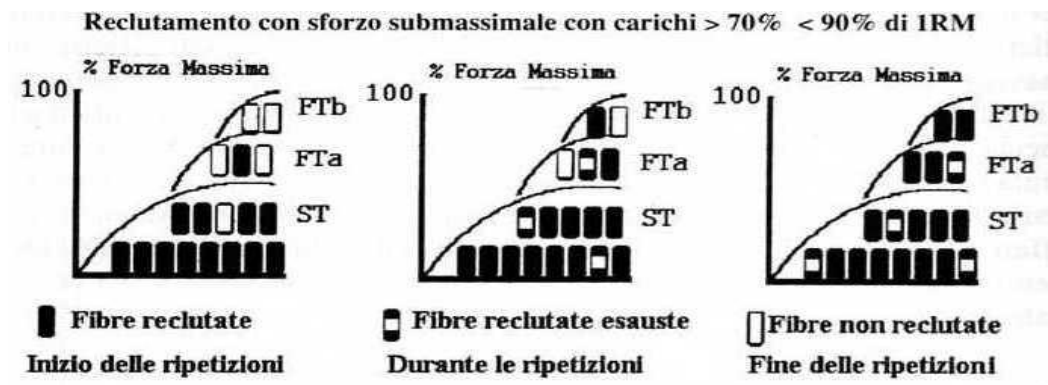


Fig 12

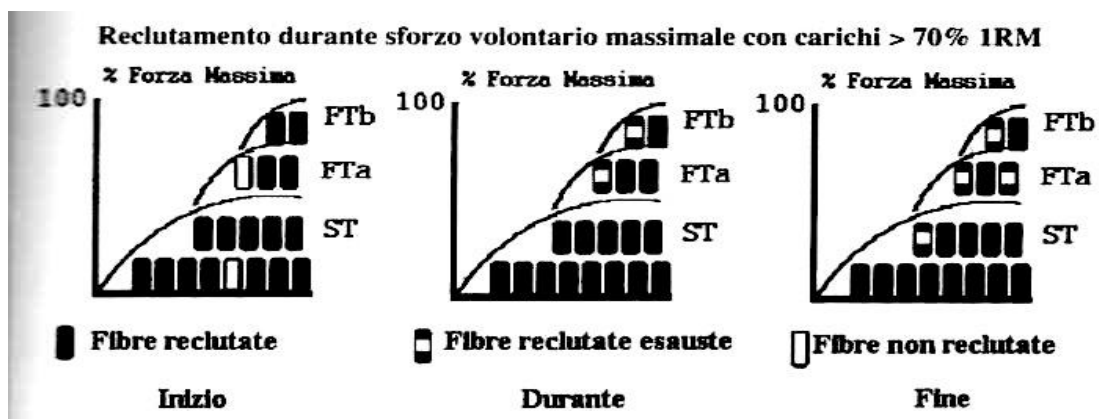


Fig 13

Oltre alla velocità di spostamento anche i recuperi tra una serie e l'altra provocano adattamenti differenti. Numerosi studi indicano che recuperi intorno ai 90"

provocano un incremento della secrezione del GH, mentre recuperi più lunghi (3') stimolerebbero maggiormente il Testosterone, con adattamenti differenti sulla muscolatura impegnata.

REVIEW DELLA LETTERATURA

Sono numerosi gli studi presenti in letteratura che dimostrano adattamenti differenti in base all'allenamento svolto in termini di ripetizioni eseguite e entità del sovraccarico utilizzato.

Esiste una relazione inversa tra carico utilizzato e numero di ripetizioni eseguite ad esaurimento. Così all'aumentare del carico il numero delle ripetizioni diminuisce mentre avviene il contrario man mano che il carico si abbassa.

Carichi elevati (85%-100% di 1RM), che permettono da 1 a 6 ripetizioni sembrano avere maggiori effetti sull'incremento della Forza massima (1RM), mentre carichi del 70%-80% che permettono un numero maggiore di ripetizioni (8-12) hanno maggiori effetti sull'ipertrofia. Carichi più bassi (12-15 RM) sembrano più adatti per lo sviluppo della resistenza muscolare. È da tenere in considerazione però che il numero massimo di ripetizioni può variare se si utilizzano pesi liberi o macchine isotoniche. Questo sembra dovuto al maggior intervento muscolare che si ha con i pesi liberi per mantenere il controllo e l'equilibrio. Il numero di ripetizioni può variare anche in base all'ordine degli esercizi, al volume di allenamento, alla frequenza, al tipo di azione muscolare, alla velocità di contrazione e alla lunghezza della pausa tra le serie. In uno studio condotto da Shimano e coll. , il numero di ripetizioni ad esaurimento con tre percentuali di carico (60%, 80% e 90%) era differente in base all'esercizio svolto, in soggetti allenati e non. Il numero maggiore di ripetizioni era eseguito nello squat rispetto al bench press e al curl con manubri con il 60% 1RM, ma anche con le altre percentuali di carico, anche se in misura inferiore.

Campos e coll., hanno rilevato incrementi nell'1RM e nel numero di ripetizioni al 60% 1RM differenti in base al tipo di allenamento svolto.

Lawrence e coll., confrontando diversi protocolli di allenamento hanno riscontrato maggiori incrementi nell'1RM dello squat e nel test isocinetico a bassa velocità utilizzando un numero basso di ripetizioni, mentre non ci furono miglioramenti nell'altezza di salto e nel test isocinetico ad alta velocità.

Herman e coll., hanno dimostrato maggiori incrementi nell'1RM di squat e nella sezione trasversa del vasto laterale con allenamenti in cui si utilizzavano carichi dell'80%-85% di 1RM, rispetto a carichi più bassi e un numero maggiore di ripetizioni.

Kazushige e coll., hanno dimostrato che, un lavoro combinato nella stessa seduta di carichi pesanti (90% 1RM) e carichi più leggeri portati all'esaurimento, portava a maggiori incrementi nell'1RM, nella forza massima isocinetica e nella sezione trasversa.

Nello sport agonistico l'allenamento della forza ha assunto un ruolo importante all'interno della preparazione fisica, sia come mezzo di miglioramento delle performance sia in funzione preventiva. L'obiettivo finale dell'allenamento della forza muscolare è quello di incrementare la potenza e l'esplosività dei gesti specifici dei singoli sport, come l'altezza di salto o la velocità di sprint. Questo perché l'allenamento della forza massima migliora la RTD e l'attività neurogena soprattutto delle fibre di tipo B e ciò potrebbe favorire un'estrinsecazione più rapida della forza con carichi più bassi.

Ci sono però pareri discordanti in merito; da una parte i sostenitori della correlazione tra aumento di forza e miglioramento della performance, dall'altra chi sostiene una scarsa correlazione.

Chelly e coll., hanno riscontrato su giovani calciatori sottoposti ad un allenamento di forza con carichi tra il 70% e il 90% di 1RM un miglioramento del massimale, dell'altezza nello SJ e nel CMJ e nella velocità di sprint.

Wisloff e coll. hanno dimostrato forti correlazioni tra 1RM nel $\frac{1}{2}$ squat e le prestazioni di salto verticale ($r = 0,78$), sprint su 10m ($r = 0,91$) e 30m ($r = 0,71$). Sempre gli stessi autori (2004) hanno dimostrato che un aumento della prestazione di $\frac{1}{2}$ squat in calciatori professionisti da 161 kg a 215 kg provocava un abbassamento dei tempi di sprint sui 10m e sui 40m.

Wisloff e coll (1998) ha trovato una correlazione significativa ($r= 0,61$; $p <0,01$) tra 1RM nel $\frac{1}{2}$ squat e test di salto verticale, ed ha indicato che 200kg di massimale è un traguardo temporaneo e assolutamente migliorabile per un calciatore di 75kg di peso.

Ronestad e coll., non hanno trovato differenze significative nei test di SJ, CMJ tra un gruppo di calciatori professionisti che allenava la forza con metodi tradizionali (4-6RM).

Delecluse e coll. hanno riportato miglioramenti nella capacità di accelerazione e della velocità massima in soggetti allenati con carichi medio-bassi rispetto a un gruppo allenato con carichi elevati, dove però entrambi i gruppi si allenavano con gli sprint.

Kotzamanidis e coll., dimostrarono miglioramenti significativi sulle velocità di sprint sui 30m e sull'altezza di salto solo combinando allenamenti di forza con allenamenti specifici di sprint, mentre il solo allenamento di forza non causava incrementi. Entrambi i gruppi migliorarono il loro 1RM.

Hakkinen e Komi hanno riportato incrementi nello SJ e nel CMJ in atleti allenati utilizzando carichi pesanti.

Harris e coll. (27) hanno dimostrato i maggiori incrementi dell'1RM e dello SJ in seguito ad allenamenti combinati con carichi pesanti (80-85% 1RM) e carichi più leggeri (30% 1RM)

Wilson comparando tre differenti allenamenti di forza riscontrò maggiori incrementi nello SJ e nel CMJ dopo l'allenamento con carichi che enfatizzavano la potenza massima (squat jump con bilanciere).

Baker e coll., ha dimostrato come in soggetti allenati non ci sia correlazione tra aumento di forza (1RM) e miglioramento della performance nello SJ. Hakkinen e coll., hanno evidenziato che in un gruppo di sollevatori di peso non c'era correlazione tra il carico sollevato nello slancio e il salto verticale senza sovraccarico.

Anche Sheppard e coll. (28) ha evidenziato una scarsa correlazione tra forza massima (1RM a squat parallelo) e le prestazioni di SJ e CMJ in pallavolisti di alto livello.

Alen e coll., non hanno riportato significativi incrementi nella prestazione di salto in atleti di sport di forza nonostante un grande incremento nell'1RM. Gli autori spiegano ciò con il fatto che allenamenti generali di forza creano dei vantaggi nelle

azioni esplosive solo a soggetti giovani o poco forti, cosa che non avviene in atleti già molto allenati .

In uno studio di Mangine e coll., soggetti esperti nell' allenamento della forza vennero suddivisi in due gruppi: uno che si allenava combinando esercizi con carichi elevati ed esercizi balistici, l'altro solo con esercizi con carico elevato. I risultati furono un incremento dell'1RM nello squat e nel bench press per entrambi i gruppi, ma un aumento della potenza media nello SJ solo nel gruppo che miscelava i due allenamenti.

Diversi studi inoltre dimostrano vantaggi nell'utilizzo di carichi medio bassi (30-40% 1RM) per lo sviluppo della potenza degli arti inferiori e dell'altezza di salto (Kaneko 1983, Mc Bride 2002), mentre altri hanno dimostrato migliori vantaggi nella RTD e nella velocità di spostamento con carichi elevati (80 – 100% 1RM) (Schmidtbleicher D.,1981). Behm e Sale (23) hanno proposto che sarebbe la volontà di spostare il carico velocemente e non il sovraccarico ad influenzare la relazione forza - velocità nel muscolo. Elevate velocità di spostamento andrebbero a reclutare le fibre veloci con altissime frequenze di scarica rispetto a movimenti a bassa velocità (Behm 1993; Desmedt J. 1978; Hannerz J 1979).

Un altro aspetto che verrà preso in esame nel corso dello studio è lo studio degli effetti del detraining in seguito ad un mesociclo di allenamento di forza.

Hakkinen e Komi hanno riportato gli effetti di 2 settimane di detraining su un gruppo di atleti di forza, su maschi fisicamente attivi e donne fisicamente attive in seguito a 10 settimane di allenamento. Gli autori hanno riscontrato una perdita di forza isometrica sullo squat per gli atleti di forza e per le donne, mentre un miglioramento per il gruppo dei maschi fisicamente attivi. Sempre gli stessi autori hanno riscontrato una rapida perdita di forza in weightlifter olimpici in seguito ad un periodo di detraining di 4 settimane nella prova di squat, (-10%) spiegando questo con il fatto che la perdita di forza è dipendente dal livello di allenamento dell'atleta: atleti molto allenati probabilmente avranno una perdita rapida di forza, mentre in seguito ad un periodo di allenamento intenso o voluminoso, potrebbero esserci dei miglioramenti. Altri autori (Hortobagay e coll.) non hanno riscontrato cambiamenti in seguito a 14 giorni di detraining su atleti nell'1RM di bench press, di squat e nell'altezza dello SJ, erano aumentati i valori plasmatici di Testosterone e GH mentre si era ridotta la

sezione trasversa delle fibre di tipo IIb. Kraemer e coll in seguito a 6 settimane di detraining su atleti di forza amatoriali, non hanno riscontrato cambiamenti significativi nell'1RM di squat, bench press e altezza dello SJ, mentre hanno osservato peggioramenti nella massima forza isometrica e nel Wingate test. Sempre Hakkinen e coll. non hanno riscontrato nessun peggioramento di forza durante un periodo di detraining di 8 settimane in soggetti maschi non allenati.

Ishida e coll. hanno indicato che durante un periodo di detraining di 8 settimane, si assiste ad un incremento della RTD dei muscoli del polpaccio.

Mujika e Padilla (2000) hanno trovato dei cali di forza moderati fino a 4 settimane di stop, mentre dopo 12 settimane un notevole calo.

I peggioramenti di forza durante il detraining sembrano dipendere anche dal tipo di contrazione muscolare. Weir e coll. hanno riscontrato un peggioramento più marcato della forza isometrica rispetto a quella dinamica (1RM) dopo 8 settimane di detraining; Dudley riporta significativi peggioramenti della forza dinamica dopo 4 settimane di disallenamento (3RM leg press e leg extension) in soggetti non esperti ad allenamenti di forza.

Esistono inoltre differenze negli effetti del detraining sugli arti superiori ed inferiori, spiegati dal fatto che le gambe vengono comunque utilizzate durante le normali attività giornaliere (camminare, salire le scale, correre) mentre gli arti superiori no, quindi gli effetti sugli arti inferiori possono essere meno evidenti proprio per questo motivo.

Nella letteratura presa in analisi manca a nostro avviso un altro aspetto importante, che se non analizzato potrebbe portare a delle conclusioni avventate e non vere. Come per gli aspetti metabolici, dove oltre al VO2 Max si considera anche la componente coordinativa specifica indicata come Costo Energetico, anche il semplice sollevare un carico o effettuare un salto, richiede un controllo e una coordinazione intermuscolare specifica. Per questo motivo lo scopo del nostro studio è stato quello di analizzare gli effetti a lungo termine di tre diversi protocolli di allenamento della forza sugli arti inferiori, superiori e il detraining prendendo in esame oltre ai parametri neuromuscolari anche gli aspetti coordinativi, che abbiamo indicato con il termine di **Costo Muscolare** per le azioni di salto e di **Rendimento Muscolare** per le azioni non balistiche.

Il Costo Muscolare (CM) è la quantità di Forza (N) che serve per spostare un Kg di massa corporea per un Metro la cui unità di misura è **(N/m/kg)**. Il Rendimento Muscolare invece, è il rapporto tra la Forza Media espressa per spostare un carico e la Velocità Media con cui il carico viene mosso quindi **$R = F_{media} / V_{media}$** .

METODI

3.1 APPROCCIO SPERIMENTALE

I differenti obiettivi dello studio sono stati:

- confrontare un metodo indiretto per il calcolo del massimale con la prova del massimale reale e quindi introdurre e validare un nuovo metodo di calcolo indiretto utilizzando la velocità di spostamento per gli arti superiori e inferiori;
- valutare gli effetti a lungo termine di quattro metodi di allenamento della forza rivolti agli arti inferiori: il primo dove si chiedeva ai soggetti di arrestare la serie allo scadimento della velocità di esecuzione senza quindi arrivare all'esaurimento a prevalenza di carichi massimali, il secondo simile al primo ma a prevalenza di esercizi rivolti alla FDM ed alla Forza esplosiva a carattere balistico; il terzo in cui ogni serie veniva portata all'esaurimento, e il quarto in cui si usava una percentuale del carico vicina al massimale. In ogni protocollo veniva richiesta sempre la massima velocità consentita dal sovraccarico.
- la valutazione degli effetti del detraining sui parametri neuromuscolari e coordinativi
- gli effetti di un protocollo di allenamento della forza sugli arti superiori, confrontando i mezzi utilizzati (bilanciere vs manubri).

3.2 SOGGETTI

Per il primo studio sono stati reclutati 18 soggetti di sesso maschile, (n= 12 body builders età $37 \pm 6,5$; peso $80 \pm 9,2$; altezza $179 \pm 6,3$; n = 6 soggetti che si allenavano con metodi non ad esaurimento; età 25 ± 4 ; peso 72 ± 4 ; altezza 180 ± 6).

Per il secondo ed il terzo, studenti della Facoltà di Scienze Motorie (n = 6; età $27,5 \pm 4$; peso 80 ± 10 ; altezza 180 ± 8). Tutti i soggetti erano fisicamente attivi e partecipavano costantemente a diverse attività sportive ed erano esperti dell'allenamento con i sovraccarichi. Durante il periodo dello studio è stato chiesto loro di sospendere momentaneamente altre attività sportive in modo che i risultati ottenuti fossero da attribuire al protocollo somministrato.

Nell'ultimo protocollo sono stati utilizzati sempre studenti della Facoltà di Scienze Motorie fisicamente attivi (n = 9; età 24 ± 3 ; peso 78 ± 8 ; altezza 180 ± 5). Tutti gli studi sono stati approvati dal Comitato Etico dell'Università di Tor Vergata.

3.3 MATERIALI

Tutti i test sono stati effettuati nel laboratorio dell'Università di Tor Vergata " Human Performance Lab Carmelo Bosco".

Per la rilevazione della velocità di spostamento (Velocità media, Velocità massima, Durata e Spostamento) è stato utilizzato un Encoder lineare con software dedicato (Muscle Lab, Bosco System Technology) mentre per la rilevazione dei dati dinamometrici (Forza media, Forza massima, Durata) una pedana Quattrojump (Kistler, Switzerland).

Nel corso dei test e degli allenamenti sono stati utilizzati bilancieri Tecnogym del peso di 10kg, dischi in ghisa e set di manubri (Weider).

Per l'elaborazione dei dati e per l'analisi statistica è stato utilizzato il software Microsoft Office Excel.

3.4 DISEGNO SPERIMENTALE

1° protocollo

I soggetti hanno effettuato una curva carico – velocità sia nell'esercizio delle distensioni su panca che nello squat parallelo con carichi del 60 -70 -80 -90% del massimale dichiarato, effettuando 3 ripetizioni per i carichi del 60-70% e 2 ripetizioni per il carico 80-90%. Il recupero tra le prove era di 3 minuti. Delle tre ripetizioni eseguite veniva presa quella con la Velocità Media migliore per ogni carico.

In seguito i soggetti hanno realizzato il loro carico massimo reale (1RM) e hanno effettuato il numero massimo di ripetizioni con l'80% di 1RM reale. I risultati ottenuti sono stati confrontati con uno dei metodi indiretti per il calcolo del massimale, **il metodo di Brzicki**.

Tale metodica è una delle più comunemente utilizzate per il calcolo del massimale e prevede una prova ad esaurimento con un carico prescelto. In base al numero di ripetizioni completate si ricava il carico corrispondente all'1RM.

$$1RM = \text{CARICO} / (1,0278 - 0,0278 \times n \text{ ripetizioni})$$

In seguito è stato calcolato il massimale utilizzando le velocità ed il carico attraverso una retta di regressione.

2° protocollo

Tutti i metodi di allenamento sono stati svolti per 3 settimane per un totale di 8 sedute di lavoro.

Il primo protocollo prevedeva 3 sedute settimanali in cui venivano eseguite 50 ripetizioni rivolte allo sviluppo della forza massima con un carico dell'80% di 1RM reale e 30 ripetizioni rivolte alla FDM (forza dinamica massima) in condizioni balistiche. Le serie e le ripetizioni non erano stabilite a priori, ma il soggetto si arrestava quando la velocità scendeva al di sotto del 90% della velocità raggiunta con quel carico nella prima ripetizione, senza quindi arrivare all'esaurimento. Il carico veniva incrementato quando si sviluppavano velocità superiori a 600 mm/s. Il recupero tra le serie era di 2 minuti. Gli esercizi svolti erano lo Squat parallelo (PS) e le contropiegate per quanto riguarda gli esercizi di forza massima, mentre per la

FDM sono stati utilizzati esercizi della pesistica adattata (girate, push press) e balzi verticali con piccoli sovraccarichi.

Il secondo protocollo era simile al primo solo che venivano eseguite 25 ripetizioni orientate alla Forza Massima, mentre 50 ripetizioni erano rivolte alla FDM ed alla Fespl.

Il terzo protocollo prevedeva invece che ogni serie venisse portata all'esaurimento. (8 -10 RM). Venivano svolte sempre 3 sedute settimanali per un totale di 60 ripetizioni per seduta con un carico pari all'80% di 1RM. Al soggetto veniva richiesta sempre la massima velocità esecutiva consentita dal carico, ed il sovraccarico veniva aumentato se nella prima serie di lavoro fosse riuscito a completare più di 10 ripetizioni. Non venivano svolti esercizi di natura balistica ma solo Squat parallelo (PS) e Contropiegate.

Nel quarto protocollo i soggetti eseguivano il lavoro con un sovraccarico del 90% di 1RM. Le ripetizioni per serie erano 3 per un totale di 30 ripetizioni per seduta (10 x 3 rip). Il soggetto incrementava il carico se riusciva a sviluppare nella prima serie una velocità superiore a 400 mm/s. I recuperi tra le serie erano di 3 minuti. Anche in questo caso non venivano svolti esercizi di natura esplosiva, mentre sono state eliminate le Contropiegate per la difficoltà esecutiva con dei carichi molto vicini al massimale.

Nell'ultimo protocollo abbiamo voluto ripetere il MB per osservare ed avere o meno conferma degli effetti dopo un anno di allenamento con altri metodi di lavoro.

All'inizio ed alla fine di ciascun ciclo di allenamento venivano svolti i seguenti test:

- Curva Carico – Velocità con carichi crescenti: 3 prove massimali per ciascun carico in cui veniva presa quella con la Velocità Media migliore
- Massimale reale (1RM)
- Test balistici: HSJ, HSJ BW; 3 prove per ciascun test

3° Protocollo

Per la valutazione degli effetti del detraining sono stati effettuati i seguenti test:

- Test balistici: HSJ, HSJ BW; 3 prove per ciascun test
- Test non balistici: PS con un carico pari al 75% 1RM

I test sono stati eseguiti nel corso delle 4 settimane successive alla sospensione del protocollo con il metodo di Bosco il primo giorno della settimana e sempre di mattina.

4° Protocollo

I soggetti sono stati suddivisi in due gruppi: un gruppo che lavorava sulla panca piana con il bilanciere (n°9; BIL) e un altro che utilizzava i manubri (n°9; MAN), per 3 settimane di allenamento completando un totale di 8 sedute.

I soggetti per ciascuna seduta eseguivano un totale di 10 serie con un carico del 75% di 1RM reale e gli veniva richiesto di portare ogni serie all'esaurimento mantenendosi in un range di 8 – 10 ripetizioni. Il carico veniva incrementato quando il soggetto superava le 10 ripetizioni in una serie e abbassato quando scendeva sotto le 8. Il recupero tra le serie era di 3 minuti e al soggetto veniva richiesta sempre la massima velocità esecutiva.

Alla fine delle tre settimane di allenamento venne inserito un periodo di wash out di 10 giorni e i gruppi vennero incrociati.

All'inizio ed alla fine di ciascun protocollo sono stati effettuati i seguenti test sia con il bilanciere che con i manubri:

- Curva Carico – Velocità con carichi crescenti: 3 prove massimali per ciascun carico in cui veniva presa quella con la Velocità Media migliore
- Massimale reale (1RM)
- Test balistico: bench throw concentrico con un carico del 30% di 1RM effettuato alla Smith Machine

3.4 ANALISI STATISTICA

Per l'analisi statistica è stata utilizzato la t di Student per dati appaiati, indicando per ogni analisi la media e deviazione standard. La significatività statistica è stata posta per $p < 0,05$, che rappresenta la percentuale con cui le variazioni ottenute potrebbero essere dovute al caso.

RISULTATI

4.1. 1° Protocollo

% 1RM	SOGGETTI VELOCI Vmedia (mm/s)	BODY BUILDERS Vmedia (mm/s)
70%	592 ± 44	583 ± 48
75%	542 ± 32	522 ± 46
80%	492 ± 28	463 ± 44
85%	420 ± 48	390 ± 53
90%	355 ± 55	316 ± 64

Tab. 1 – Velocità media in due diversi gruppi di atleti nelle spinte su panca piana

Nella Tabella 1 sono indicate le Velocità medie relative alle spinte su panca piana con bilanciere tra i due gruppi di soggetti presi in esame. Si nota come le velocità siano più o meno simili anche se quelle del gruppo dei Body Builders risultano leggermente inferiori. Molto probabilmente ciò è dovuto agli adattamenti specifici causati da allenamenti svolti a basse velocità di movimento e ripetizioni all'esaurimento.

Viste le scarse differenze tra soggetti che si allenano a velocità elevate e non, abbiamo potuto stabilire una relazione tra la velocità di spostamento e le diverse percentuali dell'1RM, facendo una media tra le Velocità sopra indicate e prendendo la velocità corrispondente all'80% per il calcolo indiretto del massimale in quanto è quella con la deviazione standard minore.

%1RM	VELOCITA'	DEV.ST
70	584	± 45
75	528	± 43
80	475	± 42
85	401	± 54
90	329	± 65

Tab.2 – Velocità relative ad ogni percentuale di carico

Attraverso l'equazione di una retta, utilizzando carico e velocità, si può tracciare una retta di regressione per stimare il carico massimale:

$$Y = ax + b$$

dove il valore di **a** indica la **pendenza** cioè l'angolo che la retta forma rispetto all'asse delle x, mentre il valore di **b** è **l'intercetta**, cioè il punto in cui la retta interseca l'asse delle y. Il valore della **x** rappresenta la velocità media corrispondente ad un carico dell'80% di 1RM e in base alla tabella è pari a 475 mm/s, facendo la media tra soggetti veloci e non. Sia la pendenza che l'intercetta vengono calcolati attraverso carico e velocità media corrispondente.

Inserendo i valori ottenuti nell'equazione otteniamo il carico corrispondente all'80% di 1RM, da cui poi deriveremo, con una formula inversa il carico massimale.

$$80\% = \text{pendenza} \times 475 + \text{intercetta}$$



$$1RM = (80\%) \times 100 / 80$$

ATLETI	Massimale reale	Metodo Velocità	% variabilità	Metodo Brzicky	% variabilità
A	72	71	1%	64	11%
B	87	87	0%	87	0%
C	107	109	2%	99	7%
D	72	69	4%	72	0%
E	89	92	3%	78	12%
F	80	82	3%	91	14%
Media	84,5	85	2%	81,8	7%
ds	± 13,2	± 14,8		± 12,9	

Tab. 3 – Confronto tra massimale nelle spinte calcolato con metodi diversi in soggetti veloci

Abbiamo così confrontato i tre metodi di determinazione del massimale tra i due gruppi di soggetti. Notiamo che nei soggetti che si allenano volontariamente ad alte velocità, il metodo di Brzicky risulta più impreciso rispetto a quello ottenuto dalla velocità. (Tab 3)

Nel gruppo dei body builders il metodo di Brzicky sembra più attendibile, in quanto la variabilità è più bassa rispetto al gruppo precedente. (Tab .4)

ATELTI	Massimale reale	Metodo Velocità	% variabilità	Metodo Brzicky	% variabilità
A	102	95	7	98	4
B	110	106	3	113	3
C	72	75	4	72	0
D	85	89	4	90	6
E	120	109	9	119	1
F	100	96	4	103	3
G	120	116	3	119	1
H	126	124	2	121	4
I	92	90	2	92	0
L	106	103	3	113	7
M	100	99	1	107	7
N	88	94	7	87	1
MEDIA	103	100	4%	102	3%
ds	± 15,9	± 13,1		± 15,4	

Tab.4 - Confronto tra massimale nelle spinte calcolato con metodi diversi in soggetti body builders

Analizzando invece gli arti inferiori, le cose sembrano abbastanza differenti. La tabella 5 mostra le varie velocità corrispondenti ad ogni percentuale di carico.

Velocità di spostamento del carico	% dell' 1RM
721 ± 39	70%
670 ± 37	75%
618 ± 37	80%
566 ± 40	85%
514 ± 44	90%

Tab.5 – Velocità corrispondenti alle varie percentuali di carico nello squat parallelo

Vediamo che le velocità esecutive e le percentuali di carico variano notevolmente rispetto alle spinte in panca.

Utilizzando quindi la formula di cui sopra ($y = ax + b$) e sostituendo al valore di 475 quello di 600, possiamo calcolare il massimale anche per gli arti inferiori e confrontarlo con quello di Brzicky.

ATELTI	Massimale reale	Metodo Velocità	% variabilità	Metodo Brzicky	% variabilità
A	150	163	9%	159	6%
B	106	107	1%	111	5%
C	116	118	2%	134	16%
D	114	115	1%	109	4%
E	140	145	4%	129	8%
F	144	138	4%	144	0%
MEDIA	128,3	131	3%	153	6%
ds	±18,5	±21,3		±19,2	

Tab.6 - Confronto tra massimale nello squat calcolato con metodi diversi

Vediamo come il Brzicky sovrastimi del 6% il massimale reale, mentre il metodo della velocità sembra essere più vicino al carico reale con solo il 3% di variabilità.

Per la determinazione dell'1RM sugli arti inferiori però ci sono degli aspetti maggiori da considerare. Come accade spesso sia nella pratica che in letteratura, quando si fa riferimento al massimale o ad un carico da spostare con gli arti inferiori (es. Squat) non si prende mai in considerazione che il soggetto muove, oltre al sovraccarico, anche il proprio peso. Aggiungendo quindi il peso corporeo al carico massimale e ricalcolando le percentuali varie di allenamento, ci accorgiamo che le cose sono abbastanza diverse dal semplice calcolo senza prendere in considerazione il body weight.

La tabella 7 mostra i risultati sugli arti inferiori considerando anche il peso del soggetto e ipotizzando che il soggetto in questione pesi 100kg ed abbia un massimale di 120kg nello squat parallelo.

% 1RM	Carico senza BW	Carico con BW
70	84	54
75	90	65
80	96	76
85	102	87
90	108	98
95	114	109

Tab.7 – Differenza tra le varie percentuali di 1RM con e senza il BW

Velocità di spostamento del carico	% dell' 1RM senza BW	% di 1RM con BW	% differenza con e senza BW
721 ± 39	70%	82,5%	12,5%
670 ± 37	75%	85,4%	10,4%
618 ± 37	80%	88,3%	8,3%
566 ± 40	85%	91,3%	6,3%
514 ± 44	90%	94,2%	4,2%

Tab. 8 – Velocità di spostamento a differenti percentuali di carico con e senza BW

Anche le velocità risulteranno diverse ed infatti otteniamo dei valori differenti come mostrato nella tabella 8.

Considerare anche il peso corporeo influenza la determinazione dei carichi corrispondenti alla Potenza Massima.

In letteratura i carichi con cui si sviluppa la Pmax corrispondono al 30% – 55% di 1RM (Bosco 1997; Bemben e coll 1991; Kaneko e coll 1983; Mahyew e coll 1992; Moss e coll 1997; Newton 1996). Altri autori invece indicano percentuali di carico più elevate, intorno al 40 – 60% di 1RM (Poprawsky 1988, Tidow 1995, Baker 2001).

Se questo può essere veritiero per gli esercizi eseguiti con gli arti superiori (bench throw) in quelli eseguiti con gli arti inferiori non è del tutto così.

La Potenza (W) è il prodotto della Forza per la Velocità di spostamento: $P = F \times V$

La Forza è data a sua volta dal prodotto tra la massa e l'accelerazione.

L'Accelerazione viene ricavata dal rapporto tra Velocità e Tempo a cui si dovrà aggiungere l'accelerazione di gravità, mentre la massa è il sovraccarico da spostare.

Nella tabella 9 abbiamo riassunto tutti i dati confrontando i risultati della Potenza senza il BW e con il BW di un soggetto con un massimale nello squat di 100 kg e del peso di 70kg.

% 1RM	% 1RM con BW	Carico EBW (kg)	Carico con BW (kg)	Tempo(s)	Velocità (m/s)	Acc (m/s ²) con gravità	Forza no BW (N)	Forza con Bw (N)	W no BW	W con BW
0	41%	0	70	0,27	2	17,2	0	1205	0	2410
10	47%	10	80	0,3	1,8	15,8	158	1265	285	2277
20	53%	20	90	0,33	1,6	14,7	293	1319	469	2111
30	58%	30	100	0,37	1,45	13,7	412	1373	597	1991
40	64%	40	110	0,41	1,3	13	519	1428	675	1856
50	70%	50	120	0,48	1,1	12,1	605	1452	666	1597
60	76%	60	130	0,63	0,82	11,1	667	1445	547	1184
70	82%	70	140	0,7	0,71	10,8	759	1517	545	1089
80	88%	80	150	0,82	0,61	10,6	845	1584	520	974
90	94%	90	160	0,95	0,51	10,4	932	1656	479	851
100	100 %	100	170	1,5	0,3	10	1001	1702	300	511

Tab.9 – Confronto dati meccanici di uno squat con e senza BW

Vediamo come l'errore non sia il riferimento della percentuale del carico perché in entrambi i casi è del 40% di 1RM. La differenza è che se non si prende in considerazione il BW come sovraccarico aggiuntivo, la Pmax si ottiene con un carico extra pari al 40% di 1RM; quando invece si considera anche il BW, la Pmax la si ottiene a carico naturale, che è già il 40% dell'1RM.

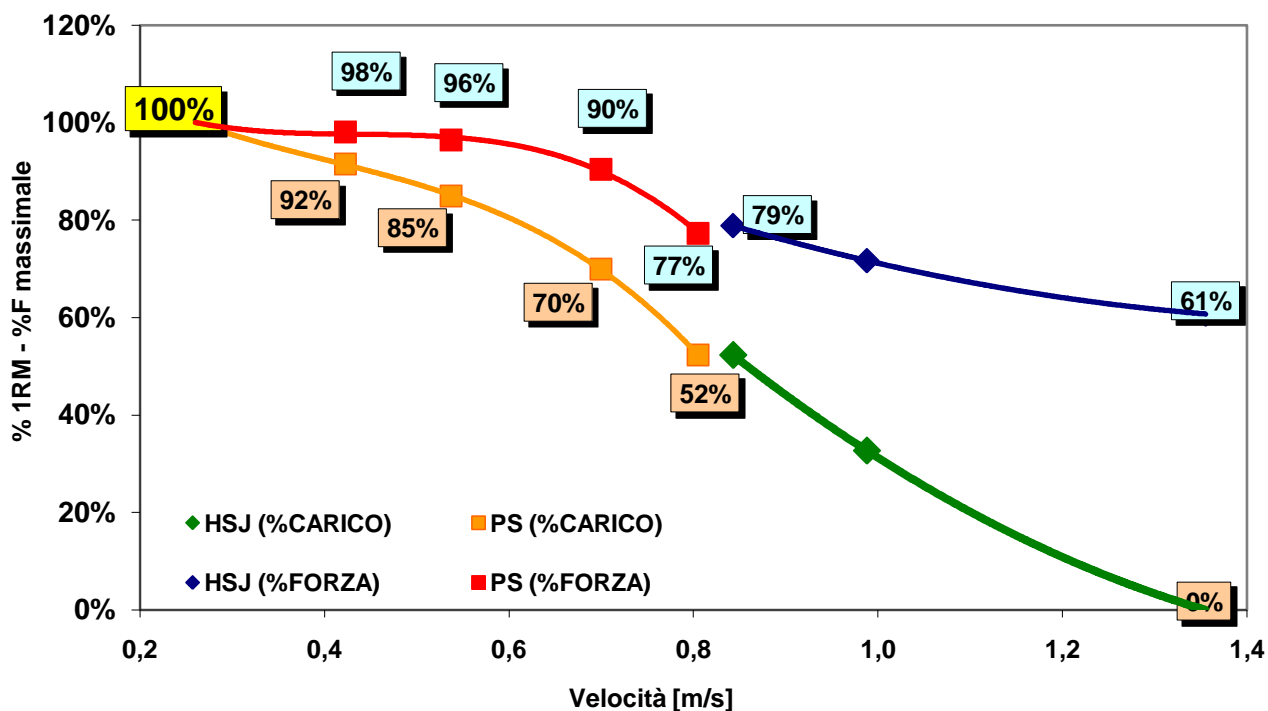


Grafico 1 – Differenza tra curva Carico – Velocità e Forza – Velocità

Dal confronto tra la percentuale della Forza espressa rispetto alla FORZA MASSIMALE (1RM) e la percentuale del Carico rispetto ad 1RM notiamo come sia differente l'andamento delle due curve: nella parte più dinamica si va dal 60% al 27% in più di %FMV rispetto alla %1RM.

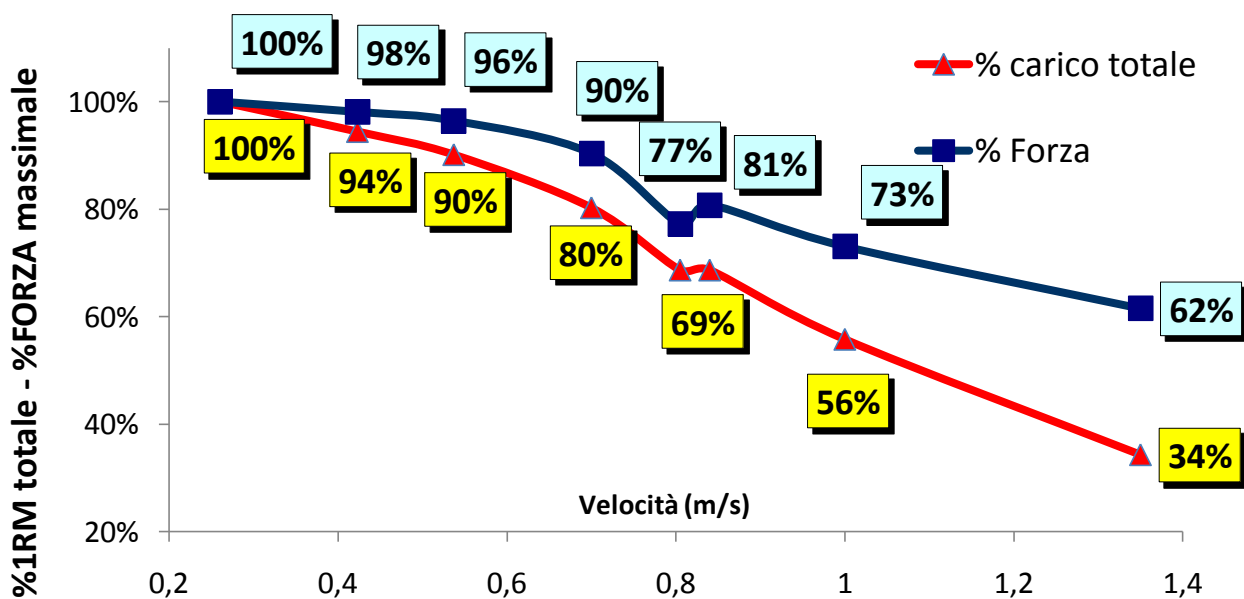


Grafico 2 - Differenza tra curva Carico Totale – Velocità e Forza – Velocità

Se calcoliamo il carico TOTALE (Sovraccarico + BW) otteniamo valori più vicini alla FORZA espressa.

Δ FORZA [N] è quella quantità di Forza eccedente la FORZA PESO (Carico totale espresso in Netwon) che ci permette di produrre un'accelerazione verticale, e di compiere movimento.

4.2. 2° Protocollo

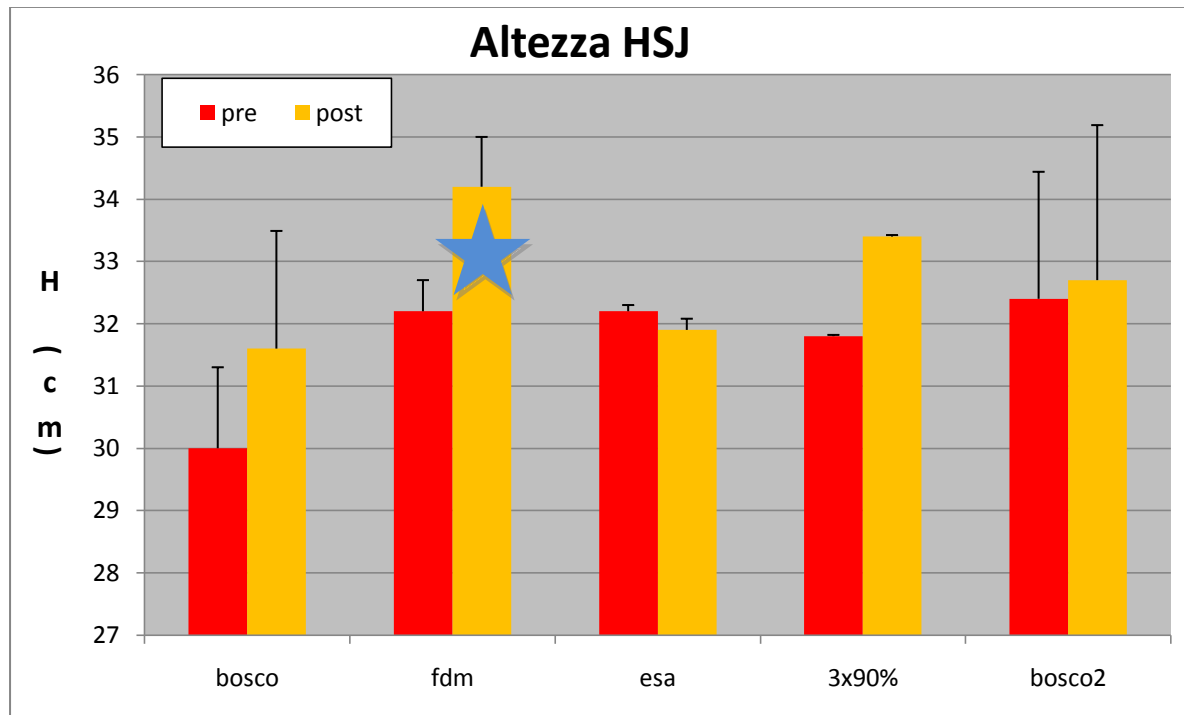


Grafico 3 – Variazione dell'altezza nell'HSJ tra i diversi metodi

Il grafico 3 mostra i valori del miglioramento dell'altezza di salto nell'HSJ. Si nota come dopo il MB1 ci sia un incremento del 3,8% ns, dopo il MB-FDM del 8,5% ($p = 0,03$), dopo il ciclo ad esaurimento dello 0,7% ns, dopo il 3 x90% del 5% ns e al termine del MB2 dell'1% ns.

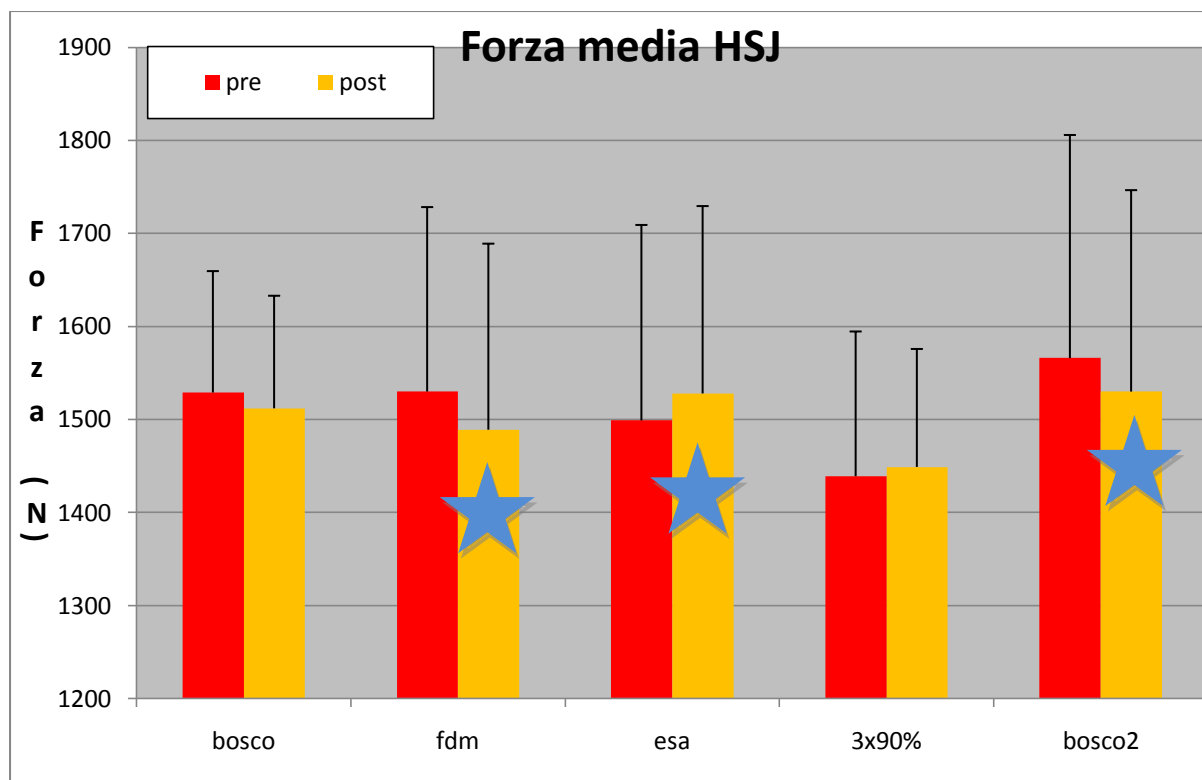


Grafico 4 - Variazione della forza media nell'HSJ tra i diversi metodi

Il grafico 4 mostrano invece i valori della forza media nell'HSJ. Dopo il MB1 si registra un decremento del 1,1% ns, dopo il MB-FDM del 1,5% ($p = 0,04$), invece dopo il ciclo ad esaurimento aumenta del 1,9% ($p = 0,02$) così come al termine del 3 x90% (0,7% ns). Anche dopo il MB2, così come era accaduto nel primo protocollo, assistiamo ad un peggioramento significativo (-2,3% $p = 0,04$).

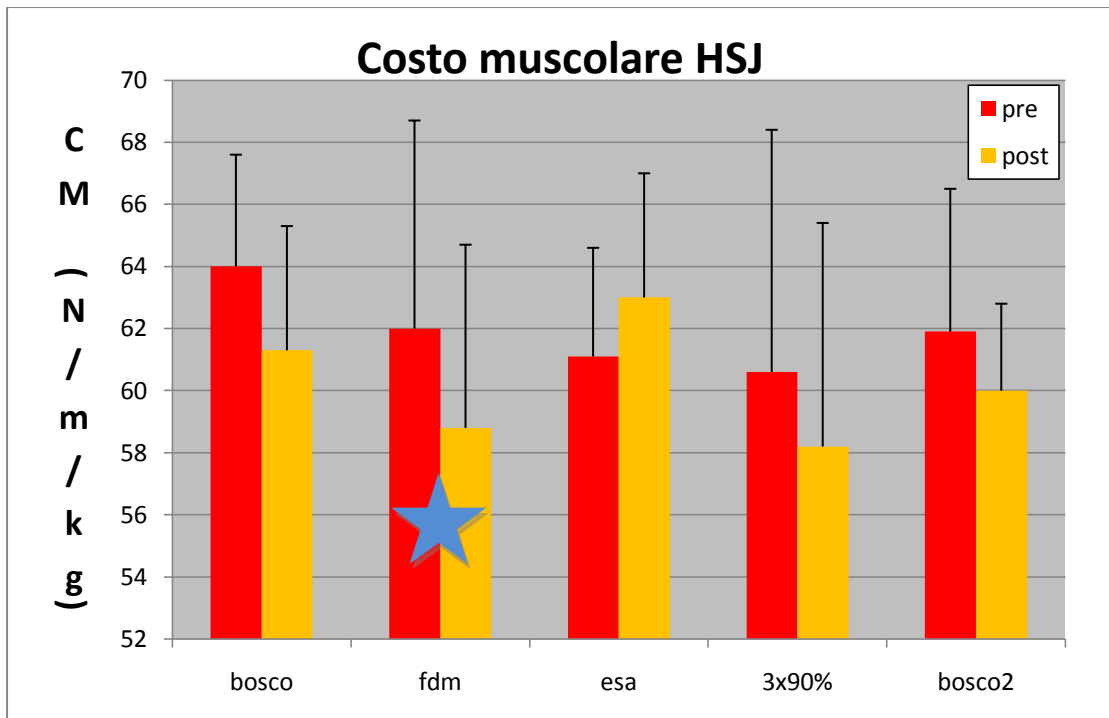


Grafico 5 - Variazione del Costo Muscolare nell'HSJ tra i diversi metodi

Il CM è migliorato dopo il MB1 (4,8% ns), in modo significativo dopo il MB – FDM (9,3% p = 0,01), dopo il 3 x90% (3,9% ns) e dopo il MB2 (3,1% ns). Si nota un peggioramento dopo il ciclo ad esaurimento (-3,1% ns).

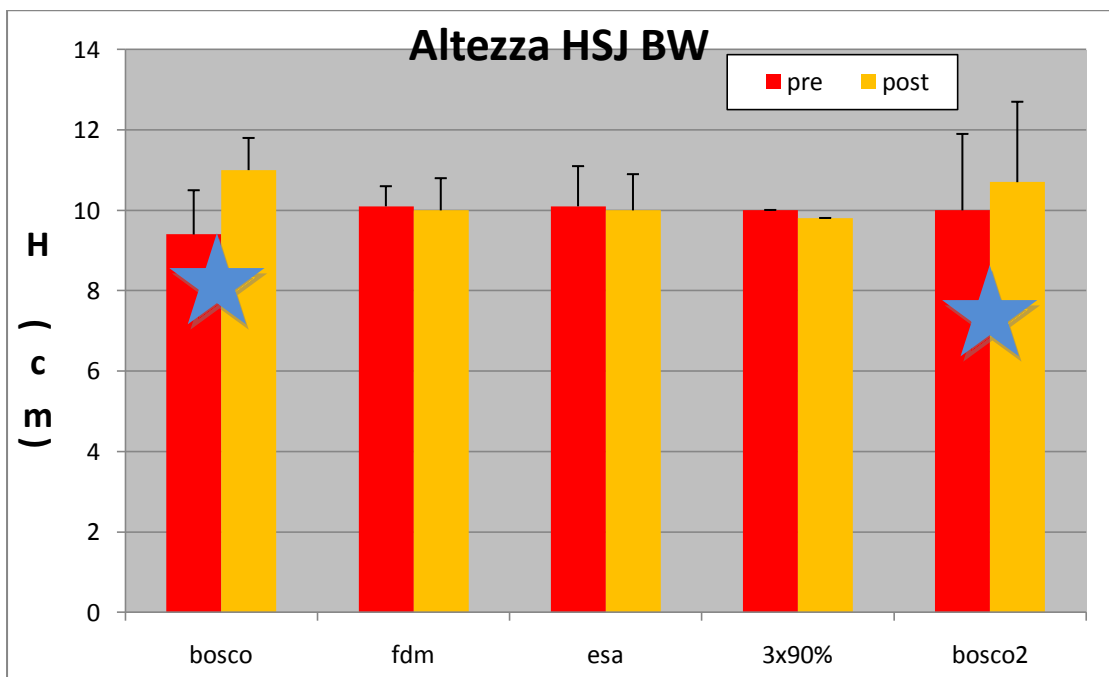


Grafico 6 - - Variazione dell'altezza nell'HSJ BW tra i diversi metodi

Nelle azioni di FDM balistiche entrambi i MB aumentano in maniera significativa l'altezza di salto (+ 17,5% $p = 0,04$; 7,7% $p = 0,03$). Gli altri metodi causano modestissimi peggioramenti non significativi: MB – FDM -1,4%; ME -0,7%; 3 x90% -1,9%.

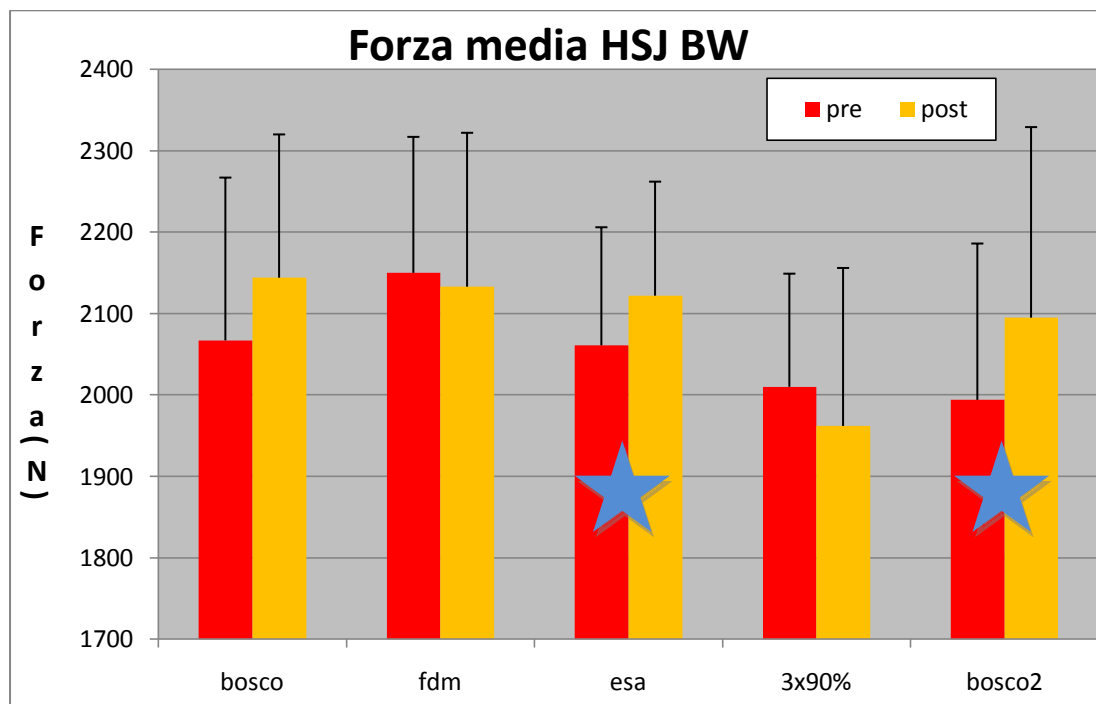


Grafico 7 - Variazione della forza media nell'HSJ BW tra i diversi metodi

La forza media nell'HSJ BW è aumentata al termine del MB1 (3,8% ns), del ME (2,8% $p = 0,04$) e del MB2 (5,1% $p = 0,007$). Subisce invece dei peggioramenti al termine del MB – FDM (-1% ns) e del 3 x90% (-2,4% ns).

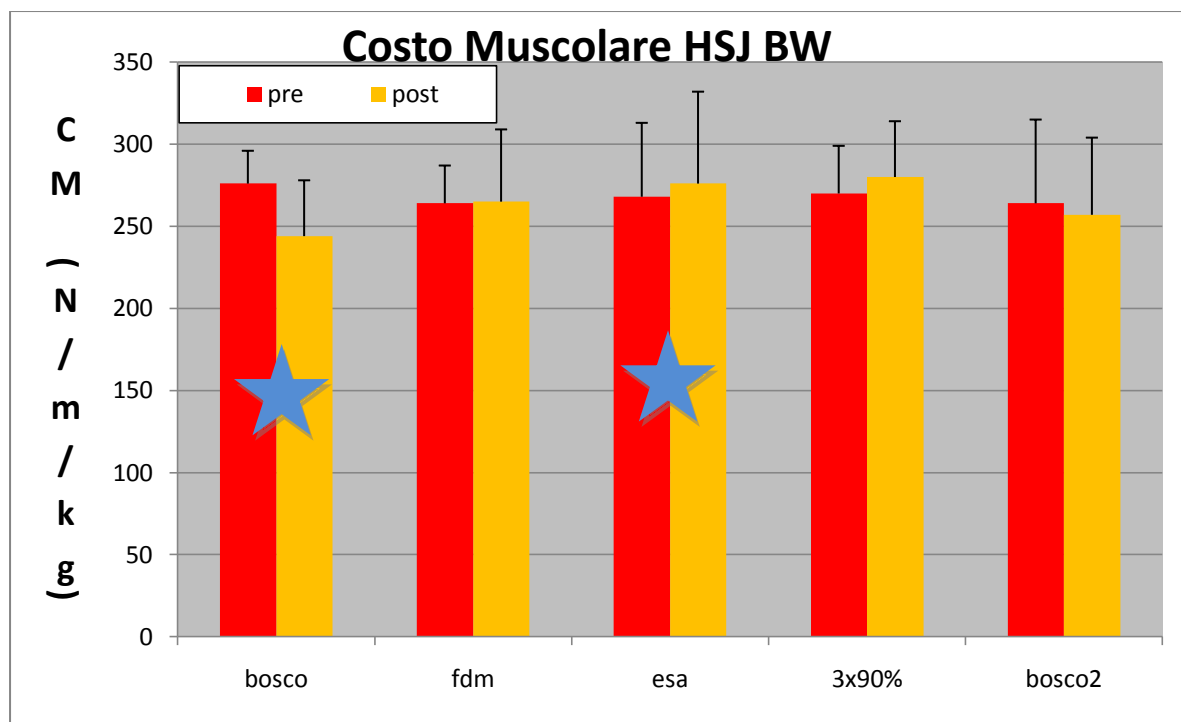


Grafico 8 - Variazione del Costo Muscolare nell'HSJ BW tra i diversi metodi

Al termine del MB1 il Costo Muscolare migliora (11,7% $p < 0,05$), non subisce variazioni nel MB – FDM (-0,4% ns) e migliora nel MB2 ma senza significatività (2,6% ns). Peggiora nel ME (-3% $p < 0,05$) e nel 3 x 90% (-3,9% ns).

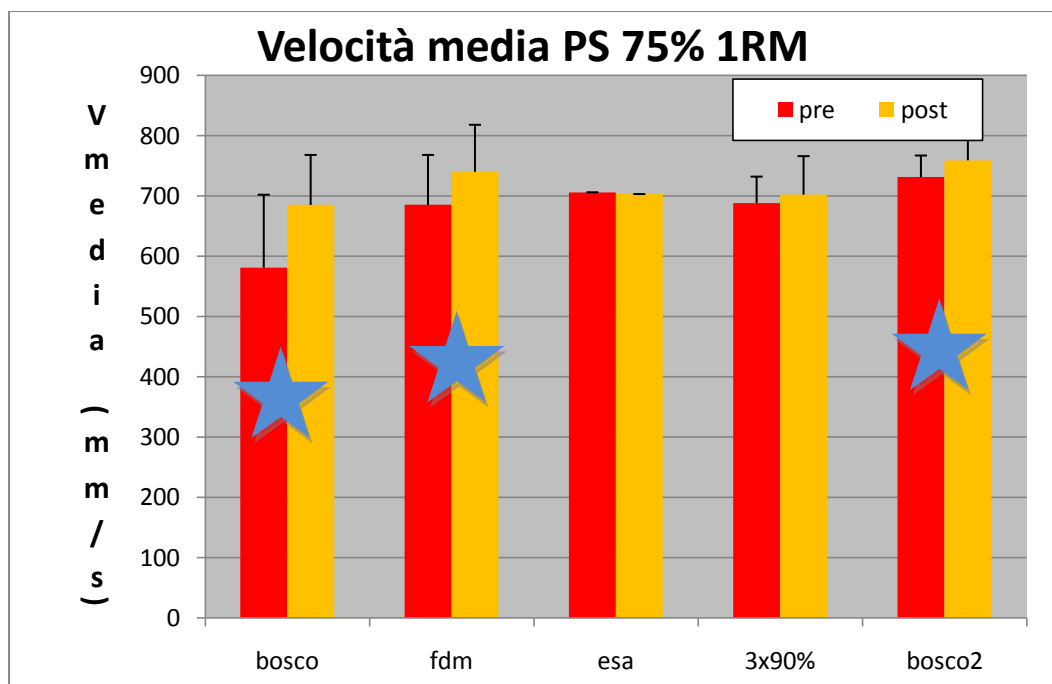


Grafico 9 - Variazione della Velocità Media nel Ps 75% 1RM tra i diversi metodi

Nei carichi di forza massima (75%1RM) la Velocità media aumenta del 17,8% nel MB1 ($p = 0,008$), dopo il MB-FDM del 3,1% ($p = 0,01$) e nel MB2 ($p = 0,004$). Rimane quasi invariata nel ME ($-0,4\%$; $p = 0,4$) e aumenta in misura ridotta dopo il 3 x90% ($1,9\%$; $p = 0,125$).

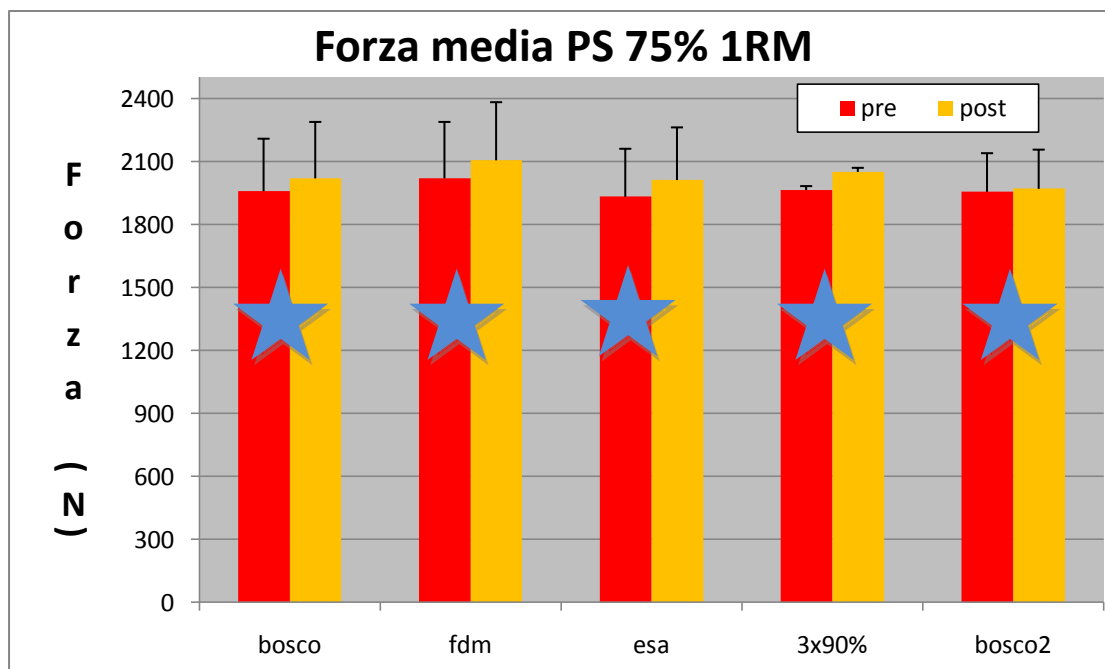


Grafico 10 - Variazione della Forza Media nel Ps 75% 1RM tra i diversi metodi

La forza media nel PS 75% è aumentata al termine del MB1 (3,1% p = 0,01), del ME (4,1% p = 0,0006) e del 3x90% (4,4%; p= 0,001); in misura inferiore anche se sempre significativamente in seguito al MB2 (0,7% p = 0,02) e dopo il MB –FDM (0,7%; p = 0,04)

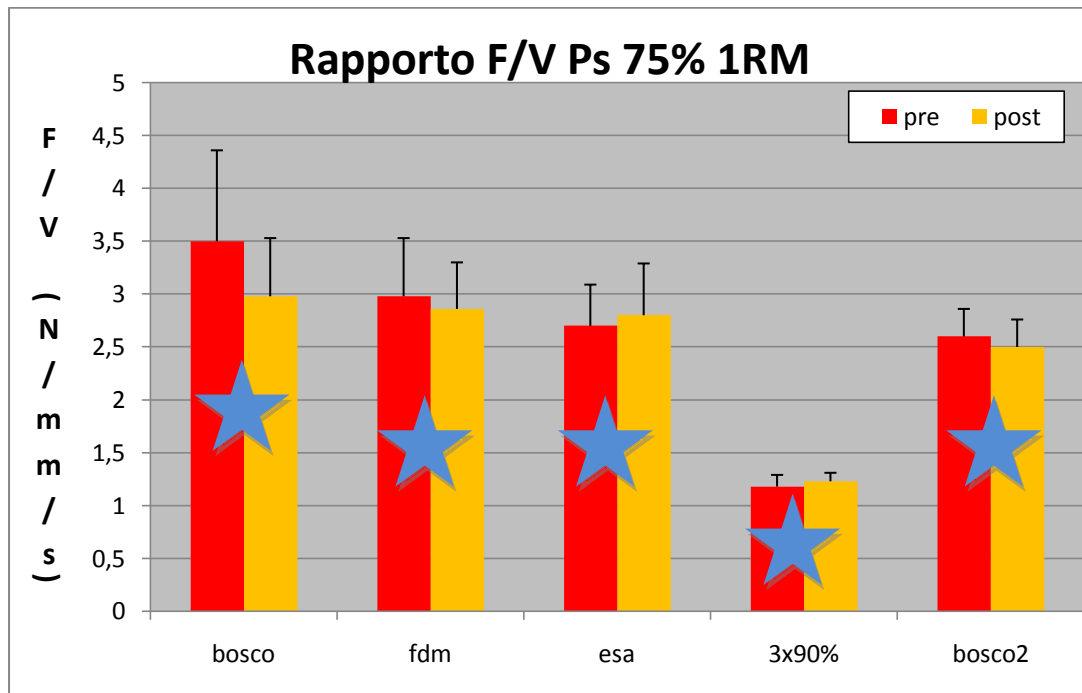


Grafico 11 – Variazione del rapporto F/V tra i diversi metodi

Il rapporto F/V migliora al termine del MB1 (14,6%; p = 0,01) del MB – FDM (4,1%; p = 0,04) e del MB2 (3,1%; p = 0,001). Peggiora invece sia nel ME (-5,2%; p =0,05) e nel 3 x90% (-4,5%; p = 0,002).

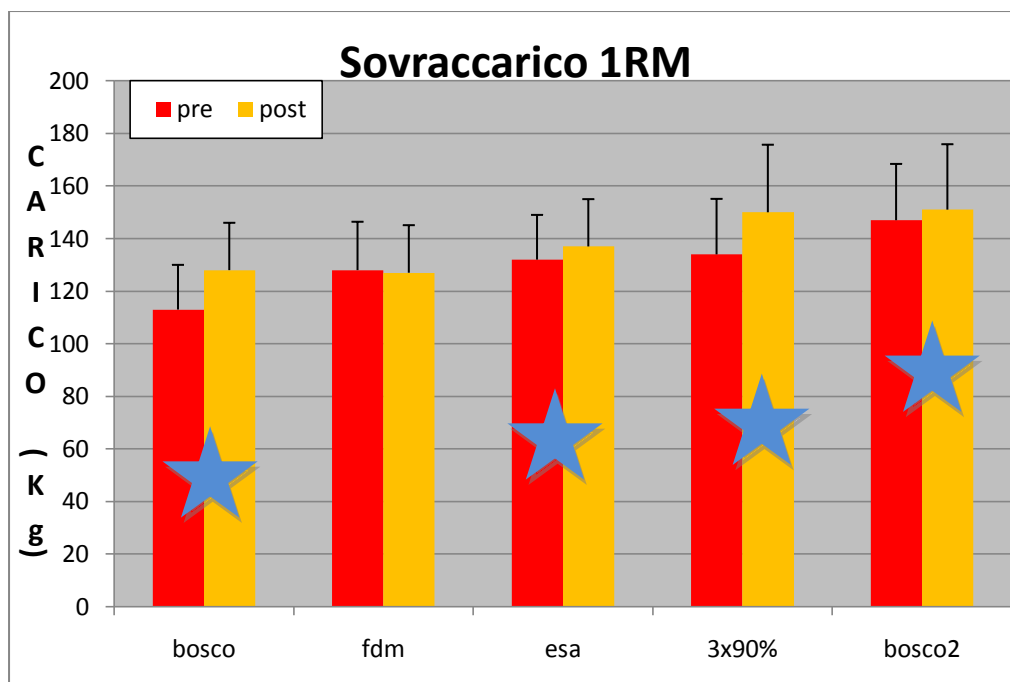


Grafico 12 – Incremento dell'1RM tra i diversi metodi

Il carico massimo (1RM) aumenta in modo significativo dopo il MB1 (12,8%; $p < 0,001$) dopo il ME (4%; $p < 0,02$) il 3 x90% (11,9%; $p < 0,001$) e il MB2 (2,8%; $p = 0,01$). Subisce un lieve calo dopo il ciclo di FDM (-0,5% ns).

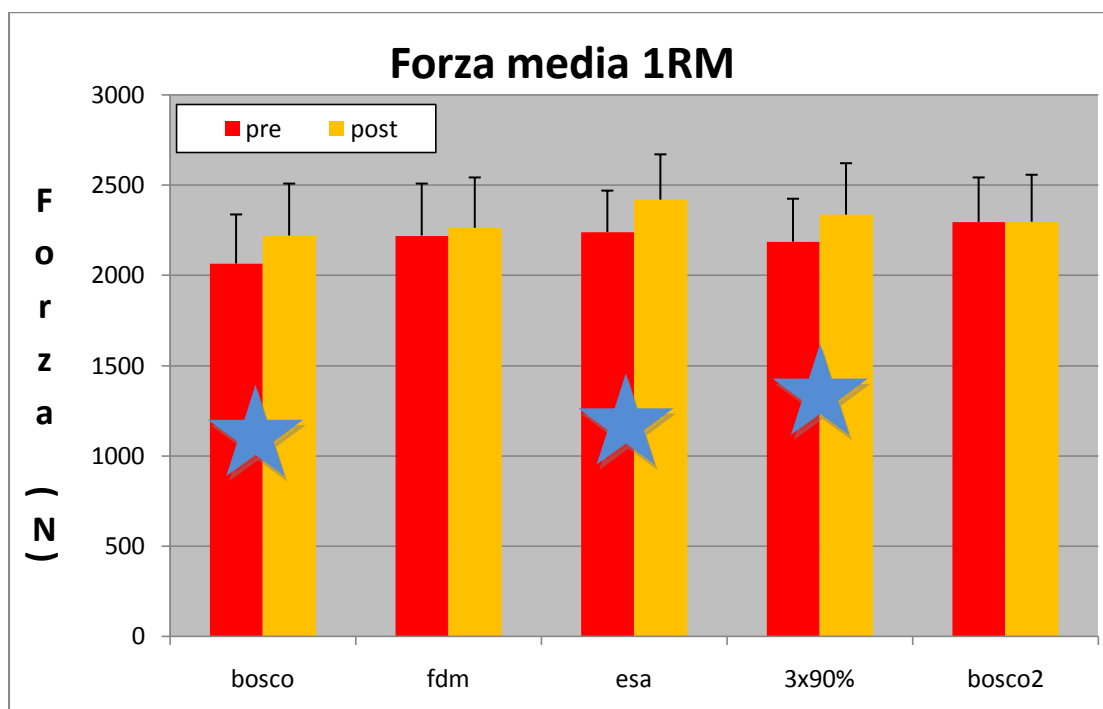


Grafico 13 – Variazione della forza media nell'1RM tra i diversi metodi

La forza media espressa nell'1RM risulta aumentata dopo il MB1 (7,5% $p < 0,01$), il MB – FDM (1,9% ns) , il ME (8% $p = 0,04$), il 3 x90% (6,9% $p < 0,01$) mentre rimane invariata al termine del MB2.

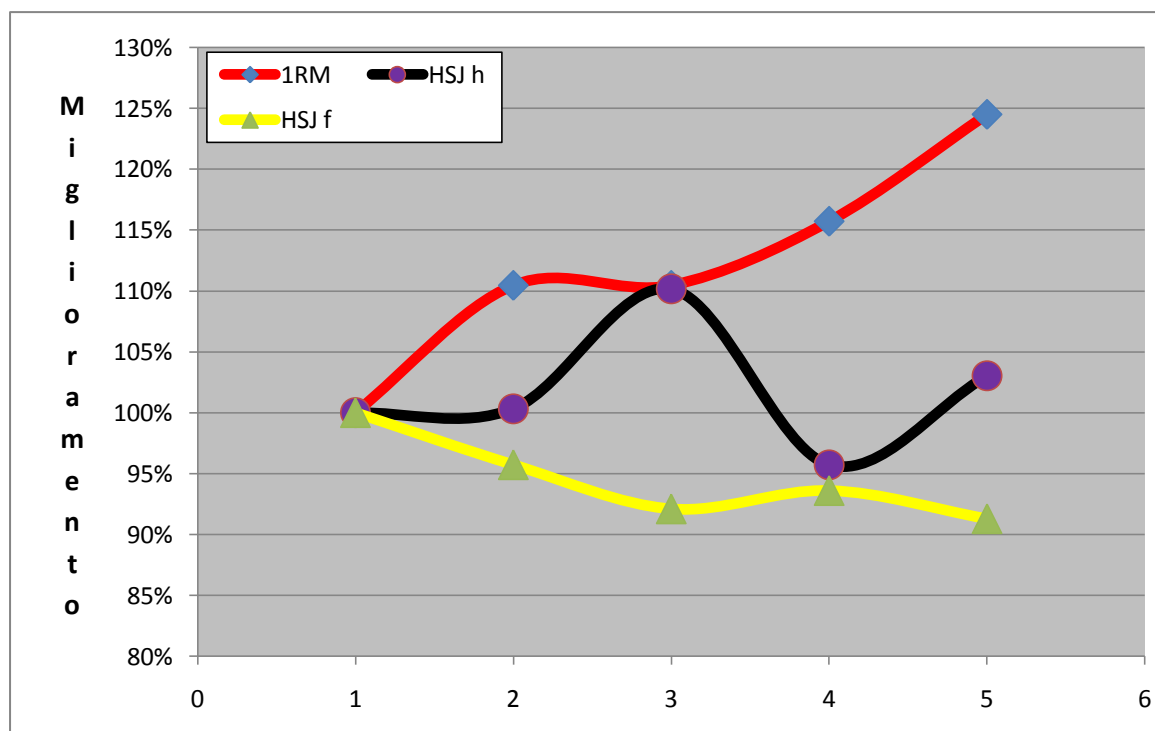


Grafico 14 – Andamento dell'1RM, altezza e forza dell'HSJ nel corso dei protocolli

Il grafico 14 mostra come l'andamento medio del carico 1RM sia molto differente da quello dell'HSJ. Nel corso del tempo il massimale aumenta del 25%, mentre l'altezza solo del 3% con un picco al termine del ciclo di FDM (+10%). La forza media nell'HSJ addirittura tende a peggiorare nel corso del tempo (-9%).

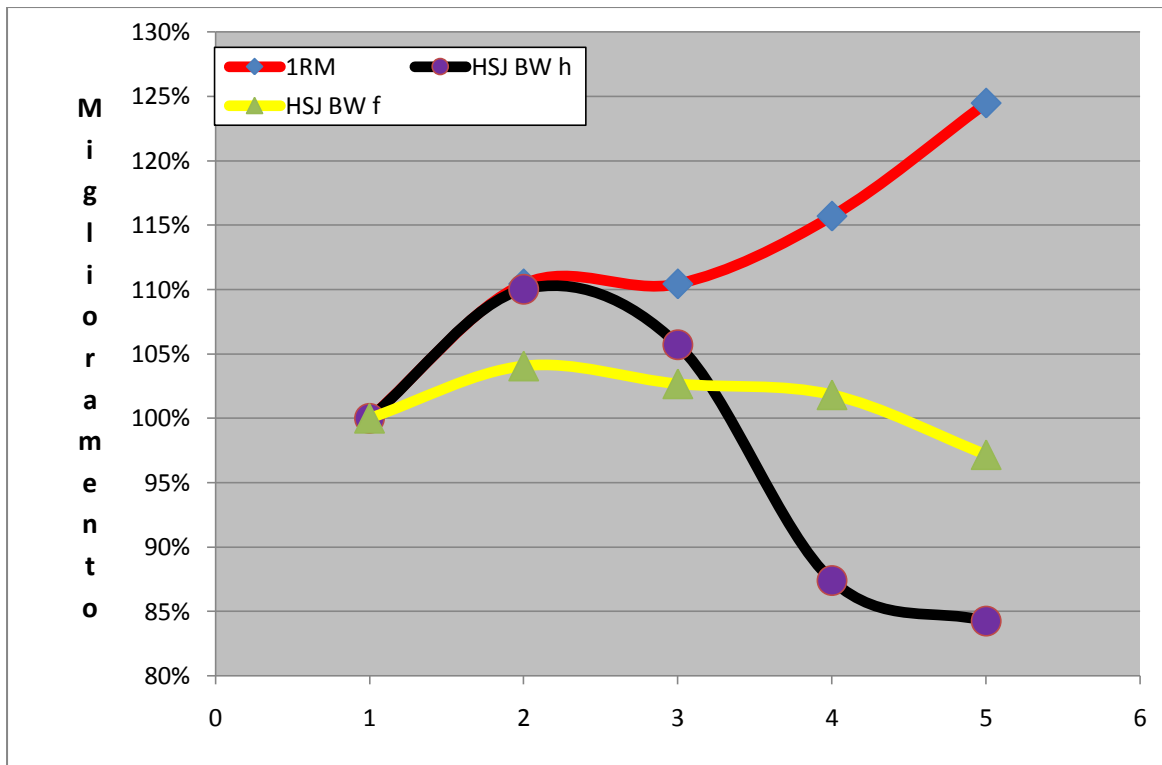


Grafico 15 - Andamento dell'1RM, altezza e forza dell'HSJ BW nel corso dei protocolli

Le cose appaiono simili anche nell'HSJ Bw dove l'altezza di salto aumenta assieme all'1RM solo dopo il primo ciclo di allenamento (MB1 +10%) per poi peggiorare del 16%. La forza migliora sempre dopo il MB1 (+4%) ma inizia anch'essa a peggiorare nel corso del tempo per arrivare dopo l'ultimo ciclo di lavoro a -3% rispetto i valori di partenza.

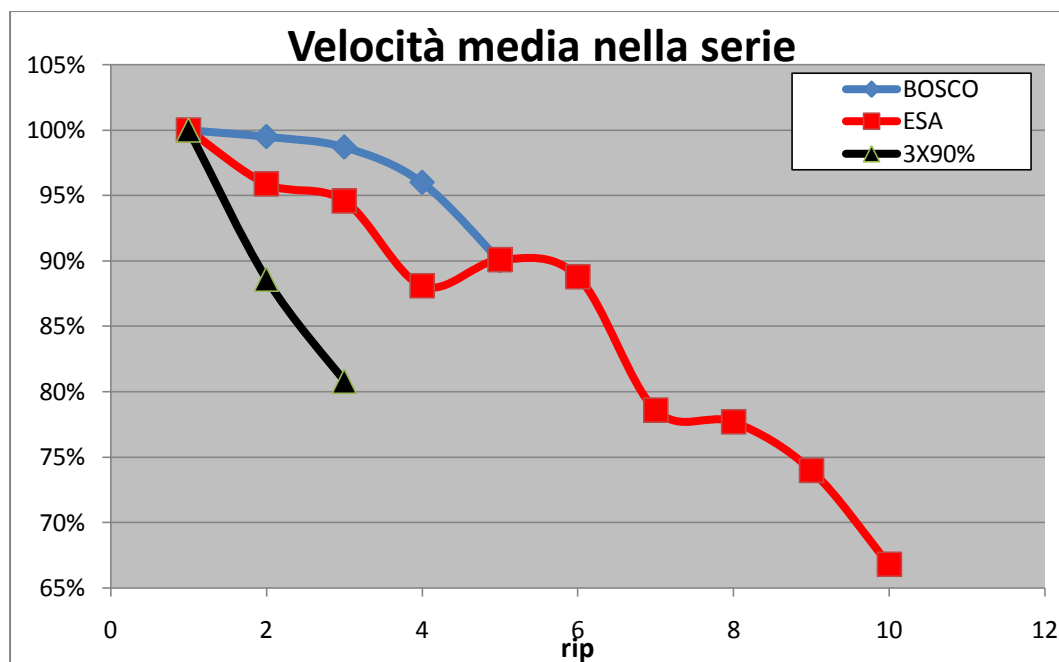


Grafico 16 – Andamento della Velocità media nel corso della serie nei diversi metodi

Velocità media (m/s)	Prima ripetizione	Ultima Ripetizione	Diff %
BOSCO	0,557	0,501	-10%
ESAURIMENTO	0,535	0,357	-33,2%
3 X90%	0,432	0,349	-19,2%

Tab.10 – Velocità media e differenze tra prima ed ultima ripetizione della serie

Analizzando quello che avviene nel corso della serie notiamo che le velocità media decresce in tutti e tre i metodi anche se con percentuali differenti. Nel MB abbiamo un peggioramento del 10%, nel 3 x90% dell'8% e nel ME la velocità si abbassa del 32%. (Grafico 16 e Tabella 10).

La Forza media (grafico 17 e tabella 11) subisce anch'essa un peggioramento; minimo nel MB (-1,8%), leggermente superiore nel 3 x90% (-2,8%) e notevole al termine della serie portata all'esaurimento (-6,2%).

Anche il Rapporto F/V subisce un peggioramento: 9% nel MB, 20% nel 3 x90% e 41% nel ME (Grafico 18 e tabella 12).

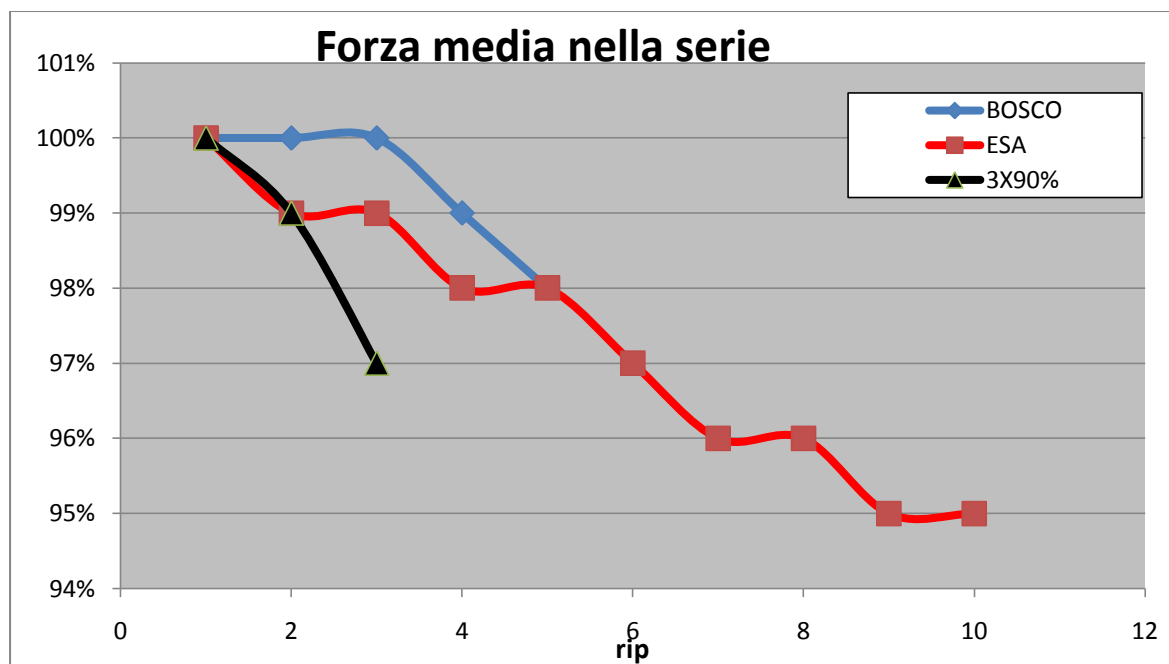
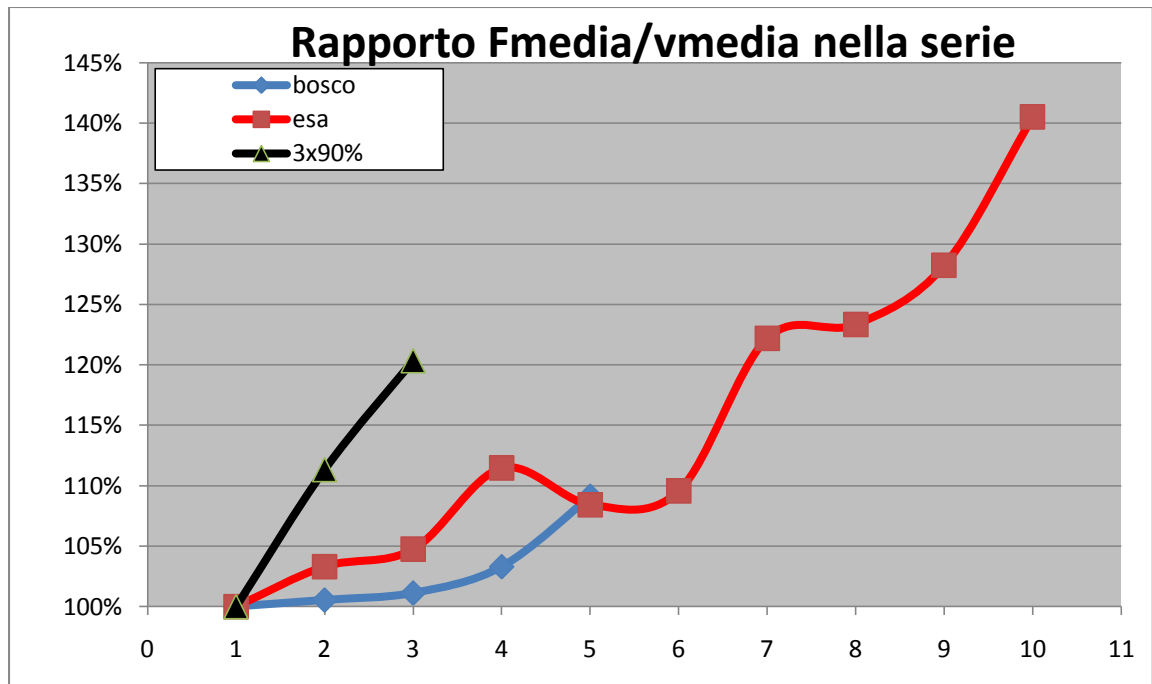


Grafico 17 – Andamento della Forza media nel corso della serie nei diversi metodi

Forza media (m/s)	Prima ripetizione	Ultima Ripetizione	Diff %
BOSCO	2415	2370	-1,8%
ESAURIMENTO	2339	2193	-6,2%
3 X90%	2560	2489	-2,8%

Tab.11 – Forza media e differenze tra la prima e l'ultima ripetizione nei diversi metodi



Gafico 18 – Andamento del Rapporto F/V nel corso della serie

Rapporto F/V (N/mm/s)	Prima ripetizione	Ultima Ripetizione	Diff %
BOSCO	4,3	4,7	-9%
ESAURIMENTO	4,4	6,1	-41%
3 X90%	5,9	7,1	-20%

Tab.12 – rapporto F/V e differenze tra la prima e l'ultima ripetizione nei diversi metodi

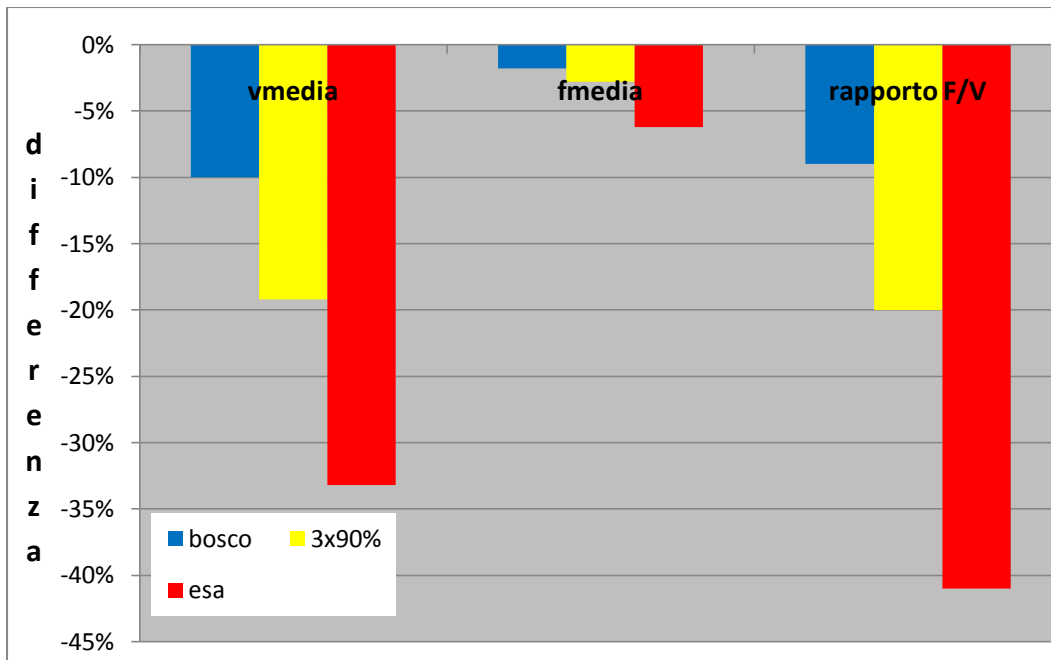


Grafico 19 – Variazione dei parametri meccanici in una serie in metodi diversi

Dal grafico 19 si nota infine che lo scadimento della velocità esecutiva, che nel ME è di gran lunga superiore agli altri due metodi, sia dovuta in minima parte ad un peggioramento della forza espressa, ma soprattutto è causata da un peggioramento degli aspetti coordinativi.

4.3. 3° PROTOCOLLO

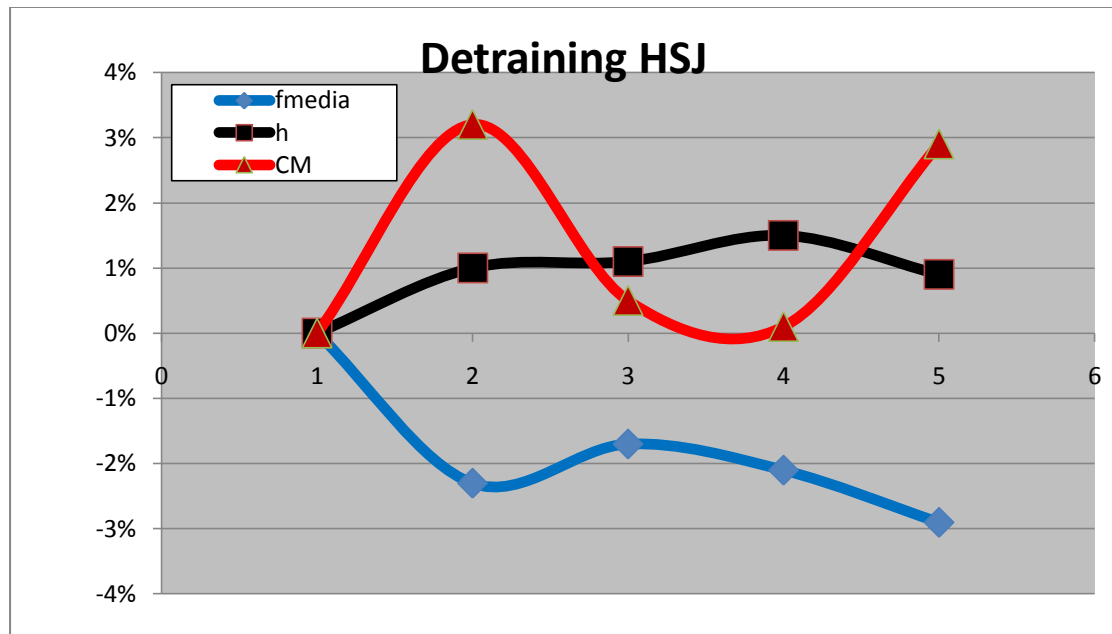


Grafico 20 – Detraining – effetti sull’HSJ

Il metodo di Bosco sembra non migliorare la Forza media nelle azioni balistiche senza sovraccarico, che tende a peggiorare nel corso delle quattro settimane di disallenamento (-2,9%). Migliora invece l’altezza nel corso delle quattro settimane (+0,9%). Il Costo Muscolare subisce immediatamente un notevole miglioramento (+3,2%), torna a valori di partenza successivamente per poi subire un nuovo incremento nella quarta settimana (+2,9%).

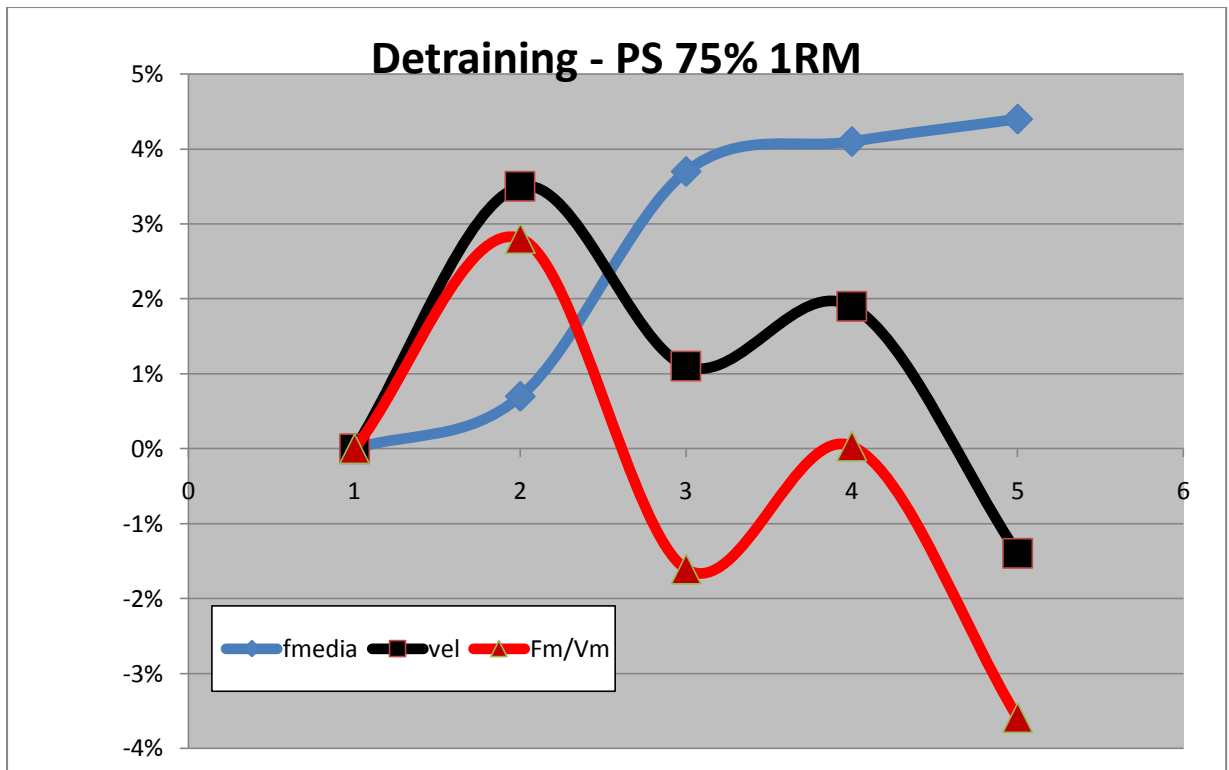


Grafico 21 – Detraining – effetti sul PS 75% 1RM

Nel Ps al 75% di 1RM velocità media e Rapporto F/V sembrano avere lo stesso andamento. Migliorano entrambi dopo la prima settimana (+3,5%; 2,8%) per poi peggiorare nel corso delle quattro settimane (-1,4% ; -3,6%). La forza media invece sembra avere un andamento opposto: migliora in misura moderata immediatamente dopo la sospensione dell'allenamento (+0,7%) ma subisce un notevole incremento nel corso delle quattro settimane di detraining (+4,4%).

4.4. 4° PROTOCOLLO

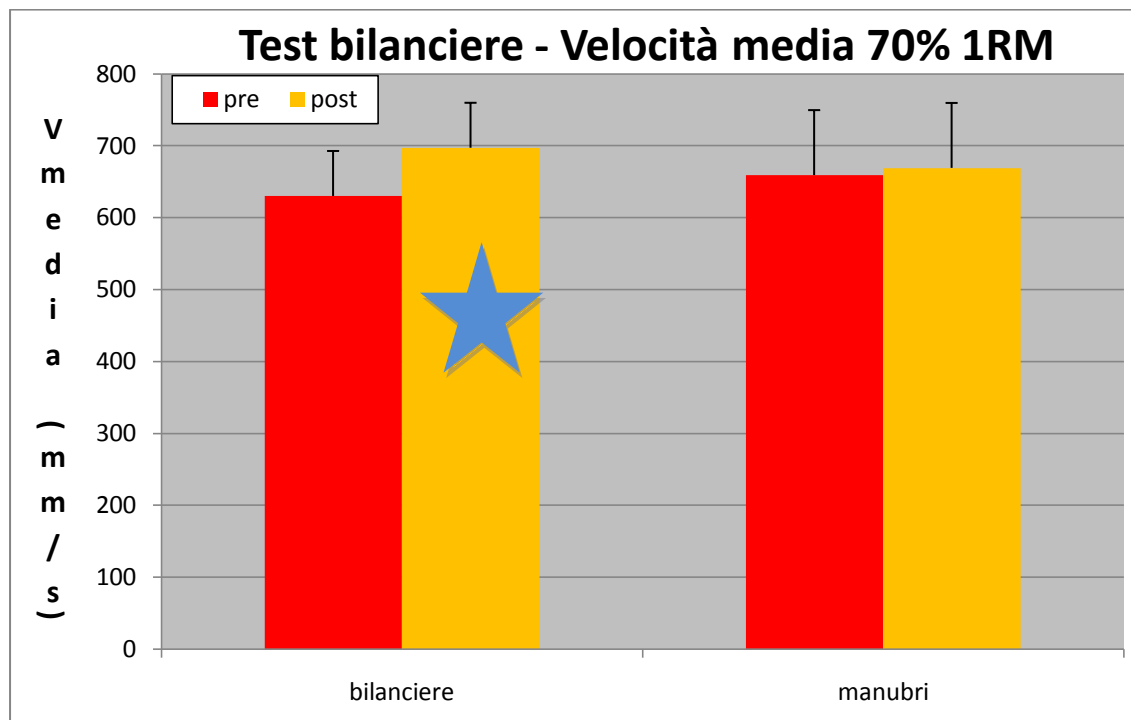


Grafico 22 – variazioni della velocità media tra gruppi nel test con bilanciere al 70% 1RM

La velocità media aumenta maggiormente nel gruppo che si è allenato con il bilanciere (+10,6%; $p = 0,008$), mentre in misura ridotta in quello che si è allenato con i manubri (+1,5; ns).

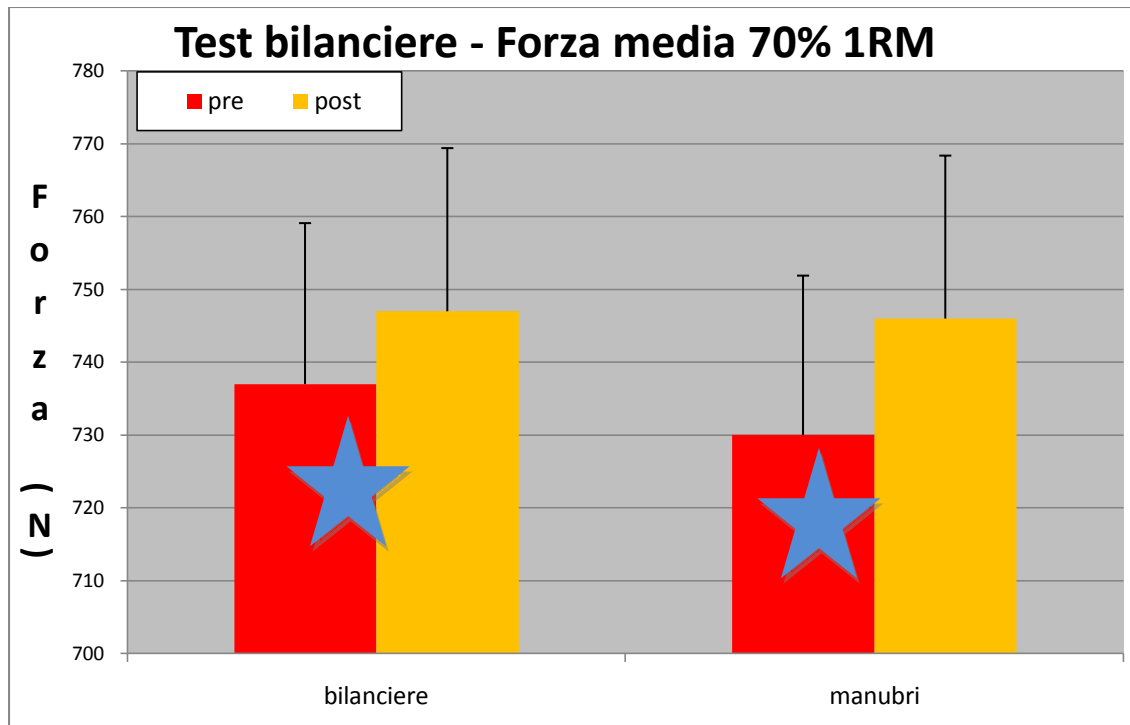


Grafico 23 – variazioni della forza media tra gruppi nel test con bilanciere al 70% 1RM

La forza media aumenta in entrambi i gruppi: nel gruppo bilanciere del 1,4% ($p = 0,02$) e nel gruppo manubri del 2,1% ($p = 0,02$).

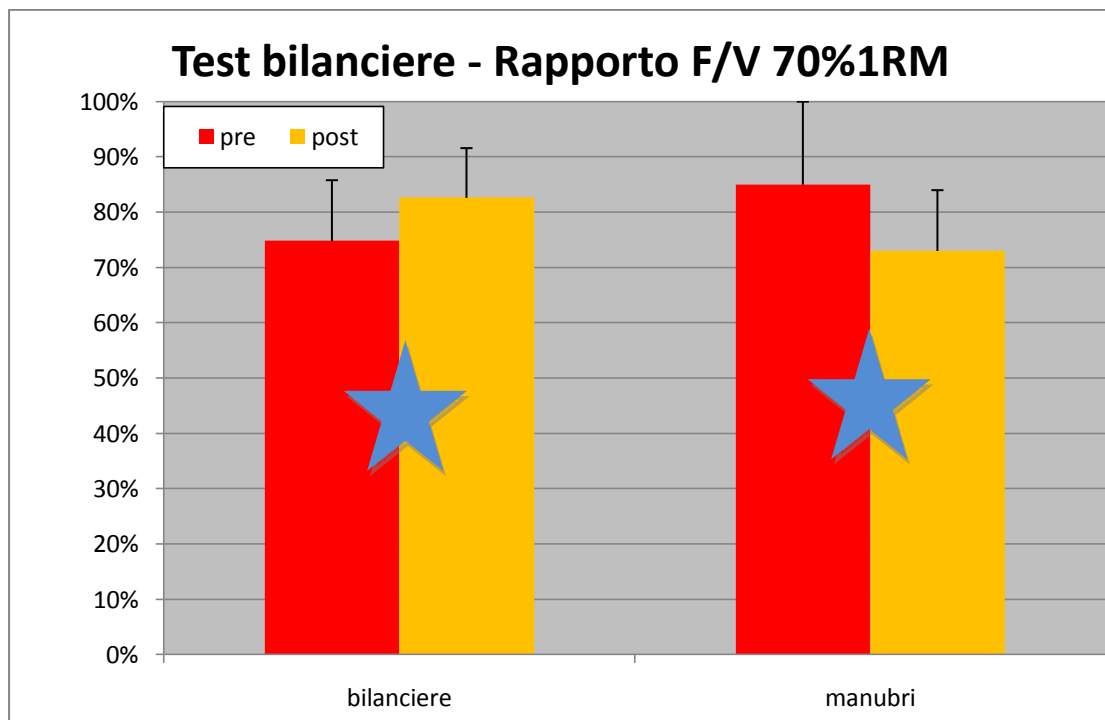


Grafico 24 – variazioni del rapporto F/V tra gruppi nel test con bilanciere al 70% 1RM

Si nota chiaramente come il rapporto F/V sia migliorato nel gruppo che si è allenato con il bilanciere (+10,4%; $p = 0,01$), mentre abbia subito un peggioramento nel gruppo dei manubri (-14,6%; $p < 0,006$).

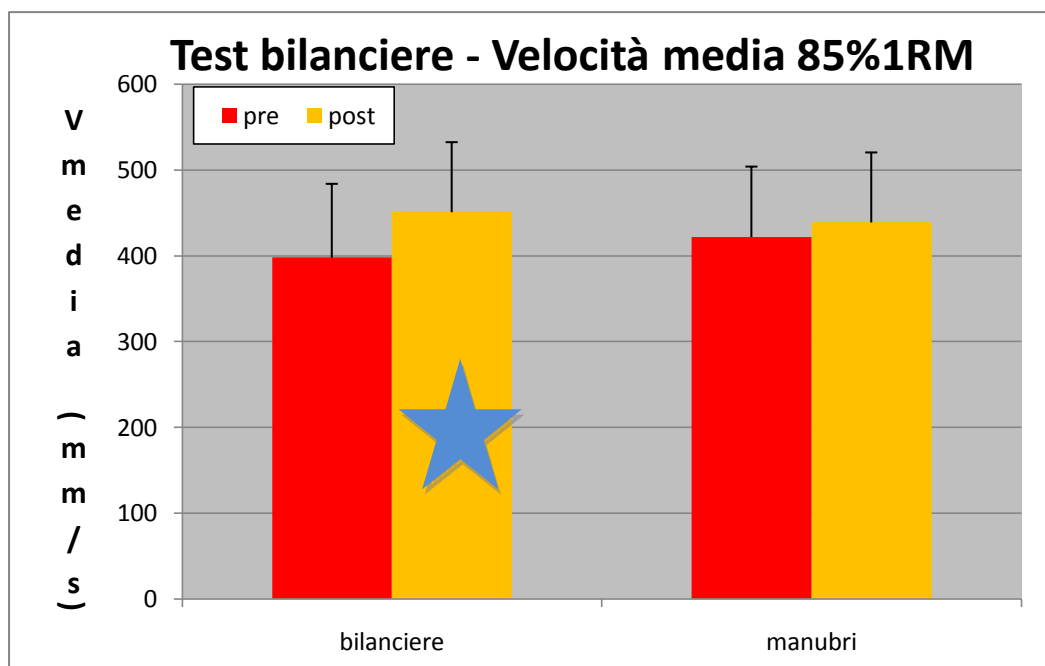


Grafico 25 - variazioni della velocità media tra gruppi nel test con bilanciere al 85% 1RM

Anche con un carico maggiore la velocità media aumenta e in modo significativo nel gruppo bilanciere (+13%; $p = 0,002$). Il miglioramento nel gruppo manubri è più contenuto e non significativo (+4%; $p = 0,12$).

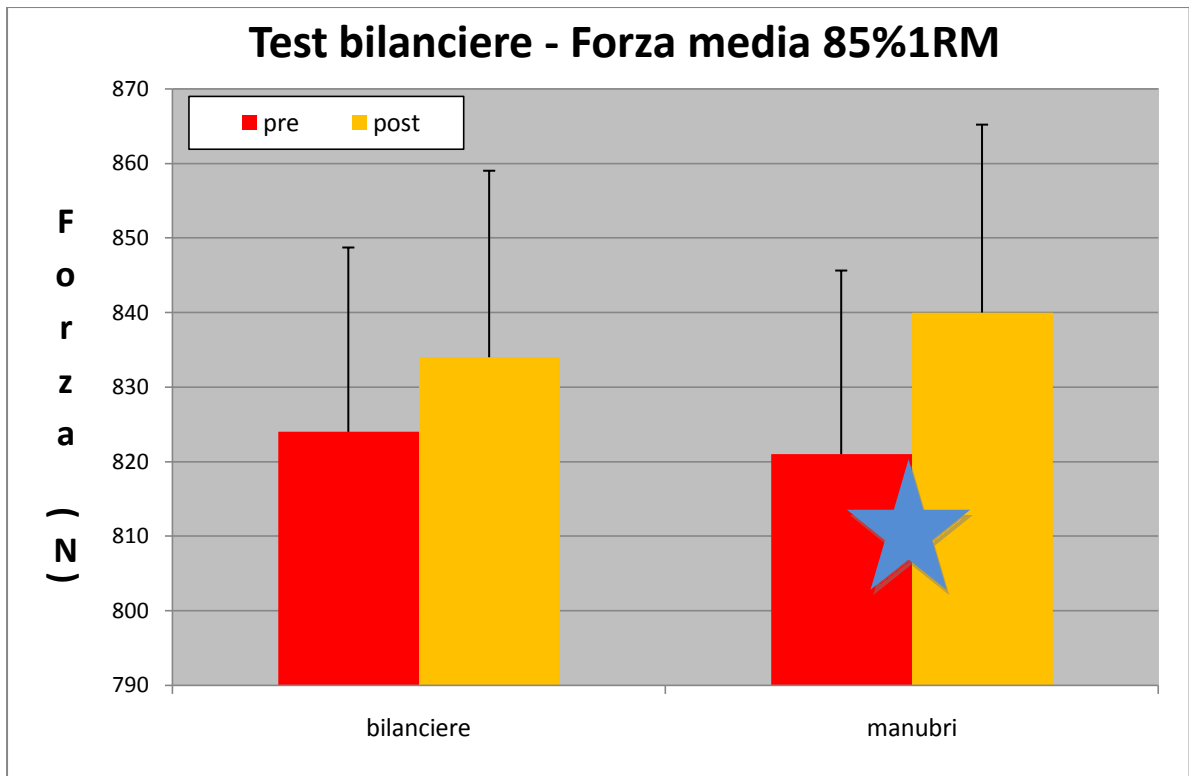


Grafico 26 - variazioni della forza media tra gruppi nel test con bilanciere al 85% 1RM

La forza media aumenta modestamente nel gruppo bilanciere (+1%; ns) mentre in misura più marcata e significativamente nel gruppo manubri (+2,4%; p = 0,005).

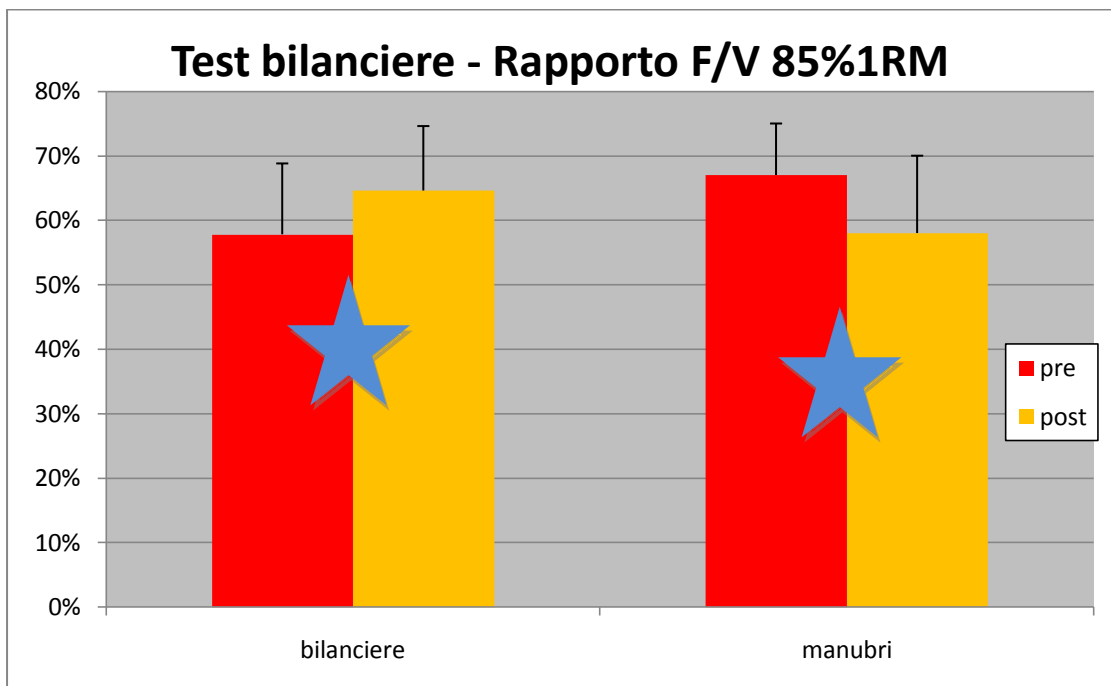


Grafico 27 - variazioni del rapporto F/V tra gruppi nel test con bilanciere al 85% 1RM

Anche all'85% di 1RM, il gruppo che ha utilizzato il bilanciere in allenamento migliora il rapporto F/V in modo significativo (+12%; $p = 0,01$), mentre il gruppo manubri subisce un decremento anch'esso significativo (-12,3%; $p = 0,04$).

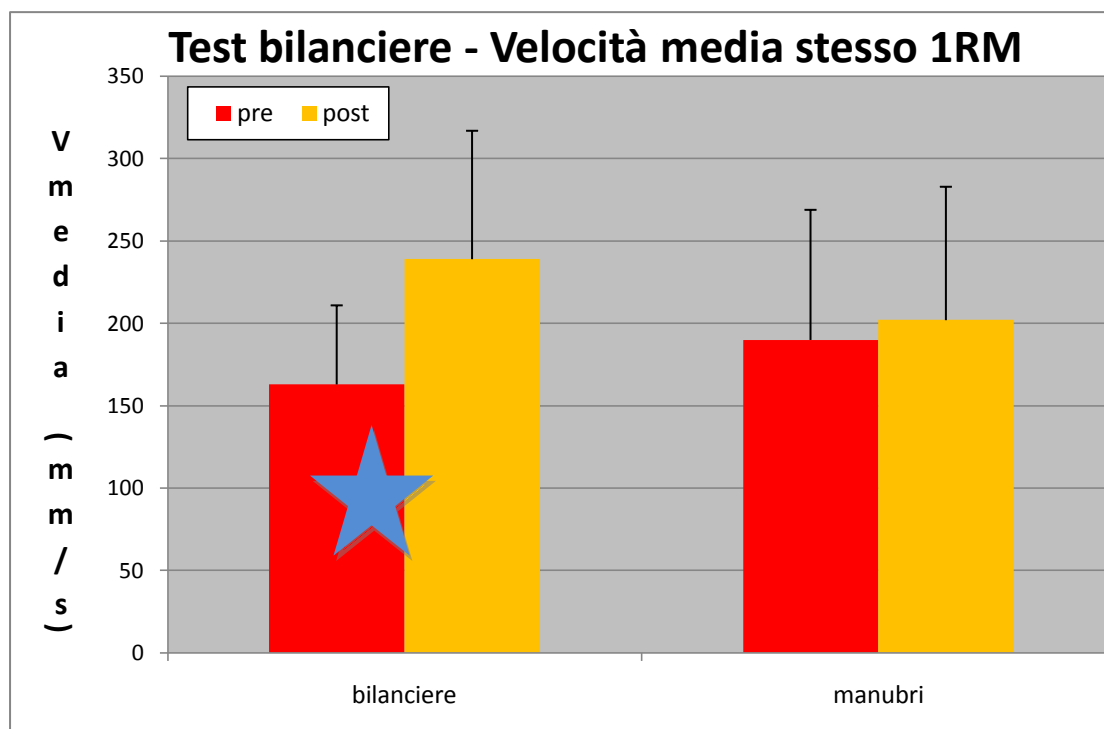


Grafico 28 - variazioni della velocità media tra gruppi nel test con bilanciere nel carico 1RM prima - dopo

La velocità nel carico che precedentemente era il massimale è migliorata significativamente nel gruppo bilanciere (+47%; $p = 0,01$), mentre in misura più moderata nel gruppo manubri (6%; ns).

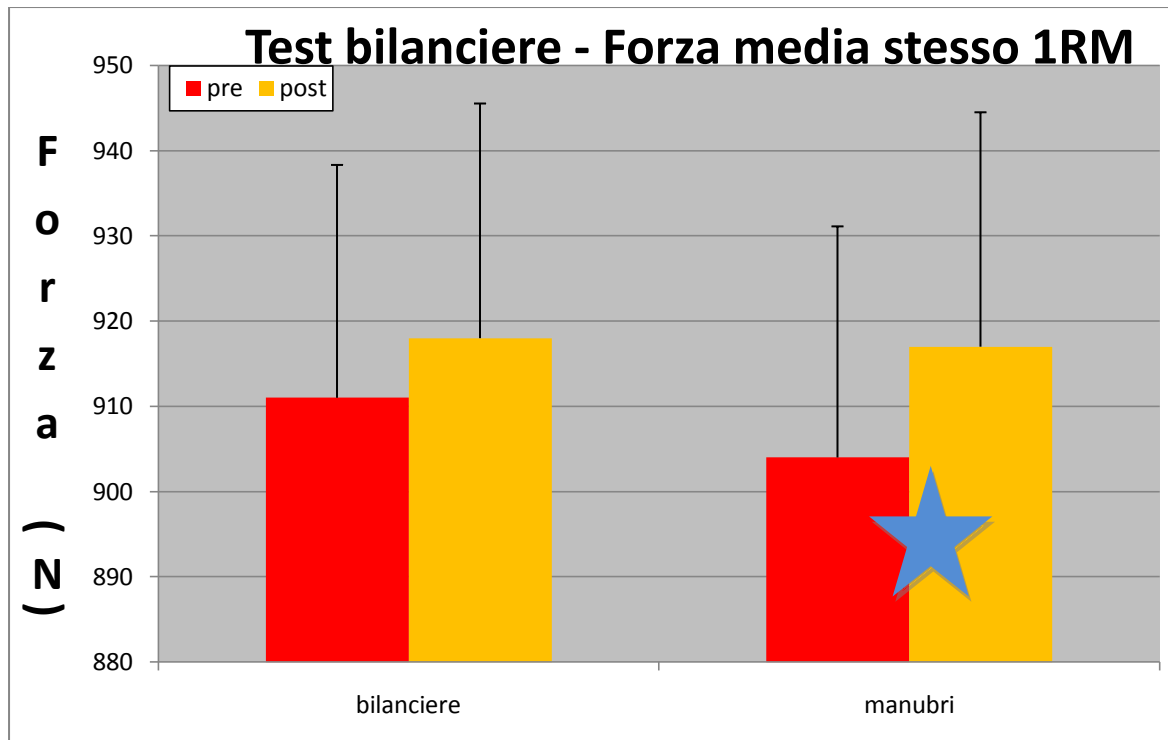


Grafico 29 - variazioni della forza media tra gruppi nel test con bilanciere nel carico 1RM prima – dopo

Si nota che la forza media aumenta maggiormente nel gruppo dei manubri (+1,5%; $p = 0,02$) ed in misura minore nel gruppo bilanciere (+1%; ns).

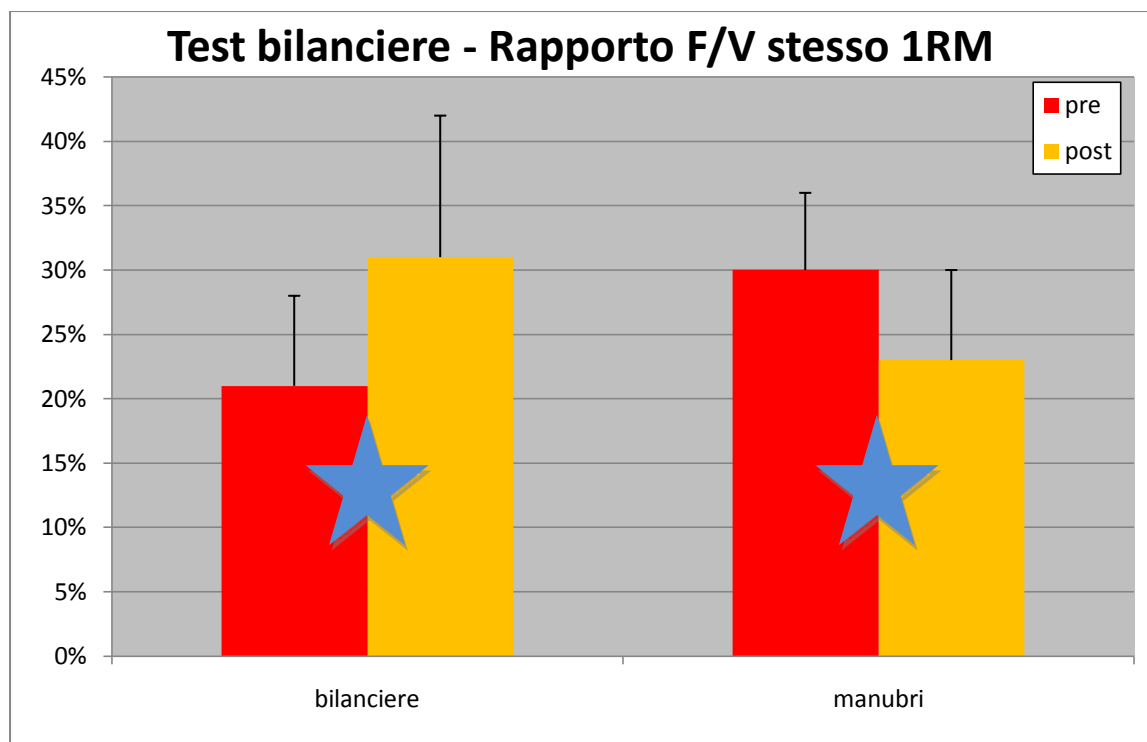


Grafico 30 - variazioni del rapporto F/V tra gruppi nel test con bilanciere nel carico 1RM prima – dopo

Così come nei carichi più bassi (70% e 85%) anche al carico corrispondente al massimale precedente il gruppo bilanciere migliora significativamente il rapporto F/V (+49%; $p = 0,004$) mentre invece il gruppo manubri subisce un decremento sempre significativo (-8,9%; $p = 0,02$).

	<i>Bilanciere</i>				<i>Manubri</i>			
	<i>70%</i>	<i>85%</i>	<i>1RM vecchio</i>	<i>1RM nuovo</i>	<i>70%</i>	<i>85%</i>	<i>1RM vecchio</i>	<i>1RM nuovo</i>
Velocità	+10,6%	+13%	+47%		+1,5%	+4%	+6%	
Forza	+1,4%	+1%	+1%		+2,1%	+2,4%	+1,5%	
F/V	+10,4%	+12%	+49%		-14,6%	-12,3%	-8,9%	
Carico				+7,5%				+0,5%

Tab.13 – Riassunto risultati nel test con bilanciere su entrambi i gruppi

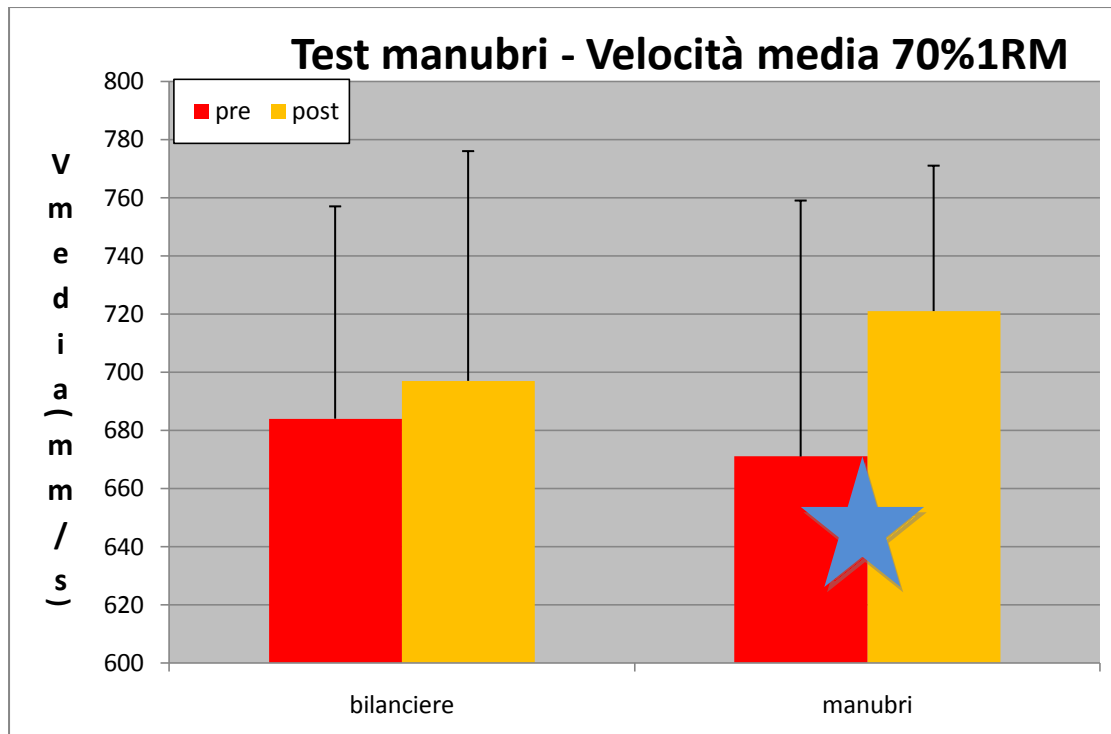


Grafico 31 - variazioni della velocità media tra gruppi nel test con manubri al 70% 1RM

La velocità media nel test con i manubri aumenta in misura modesta nel gruppo bilanciere (+1,9% ns) mentre in misura più marcata nel gruppo manubri (+8,3%; $p = 0,02$).

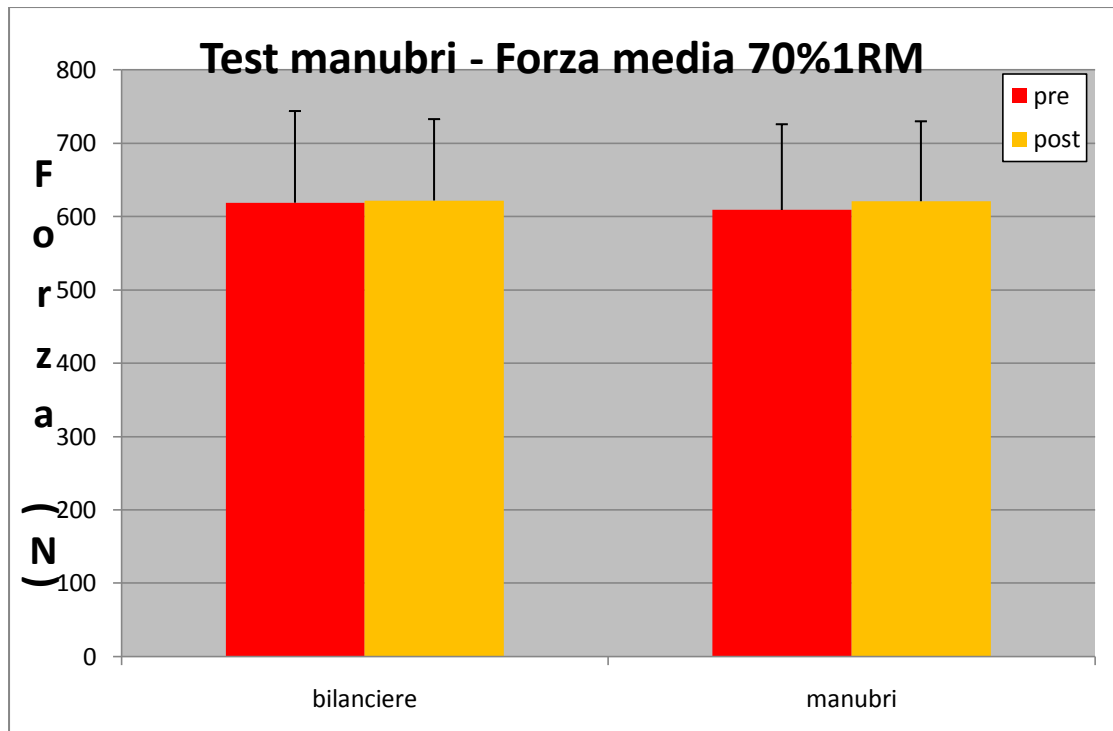


Grafico 32 - variazioni della forza media tra gruppi nel test con manubri al 70% 1RM

Entrambi i gruppi hanno incrementato la forza media senza significatività; il gruppo bilanciere appena lo 0,6% e il gruppo manubri dell'1,9%.

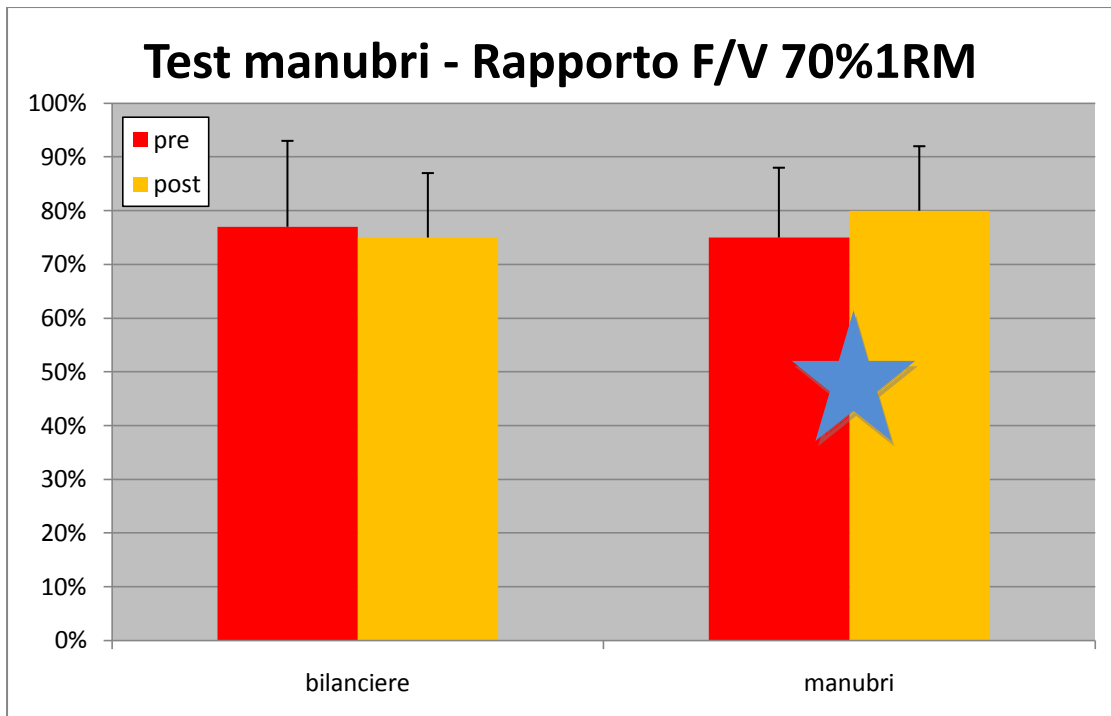


Grafico 33 - variazioni del rapporto F/V tra gruppi nel test con manubri 70%1RM

Il rapporto F/V peggiora nel gruppo bilanciere (-2,1% ns) mentre migliora nel gruppo che si è allenato con i manubri (+7,5%; $p=0,003$).

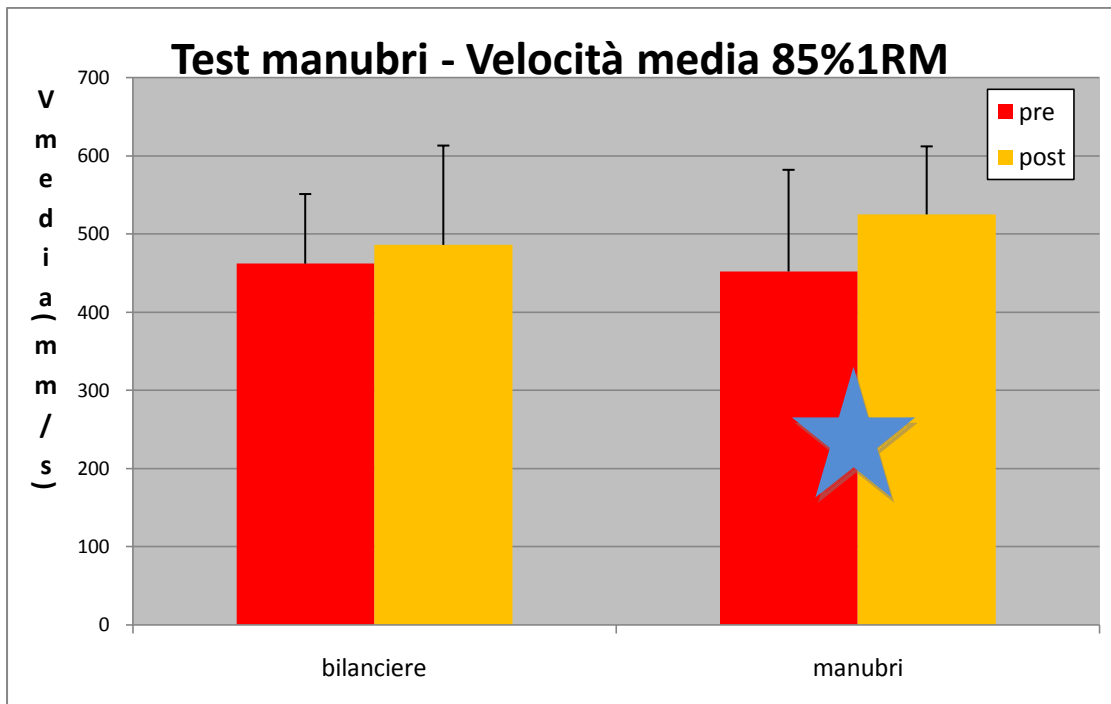


Grafico 34 - variazioni della velocità media tra gruppi nel test con manubri al 85% 1RM

Con carichi vicini al massimale la velocità aumenta nel gruppo bilanciare (+5,2; ns) ma maggiormente nel gruppo manubri (+16%; p = 0,02).

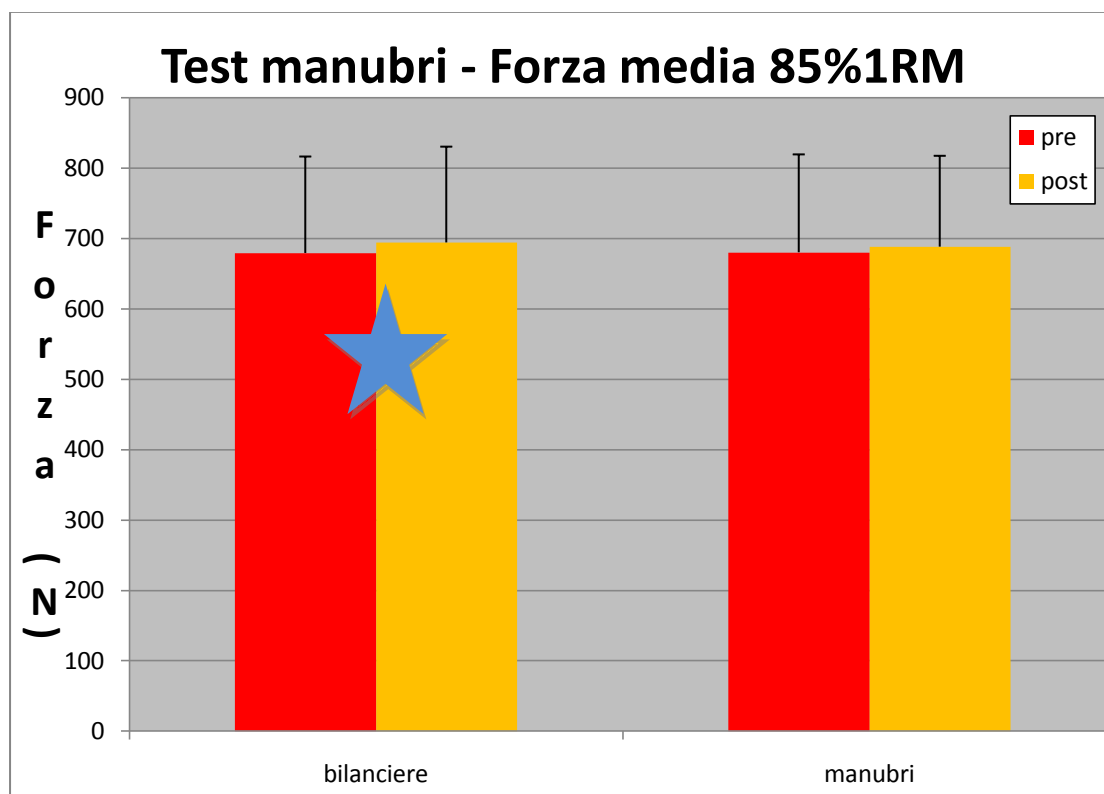


Grafico 35 - variazioni della forza media tra gruppi nel test con manubri al 85% 1RM

La forza media aumenta maggiormente ed in modo significativo nel gruppo che ha utilizzato il bilanciare (+2,3%; p = 0,02), mentre più modestamente nel gruppo che si è allenato con i manubri (+1%; p = 0,19).

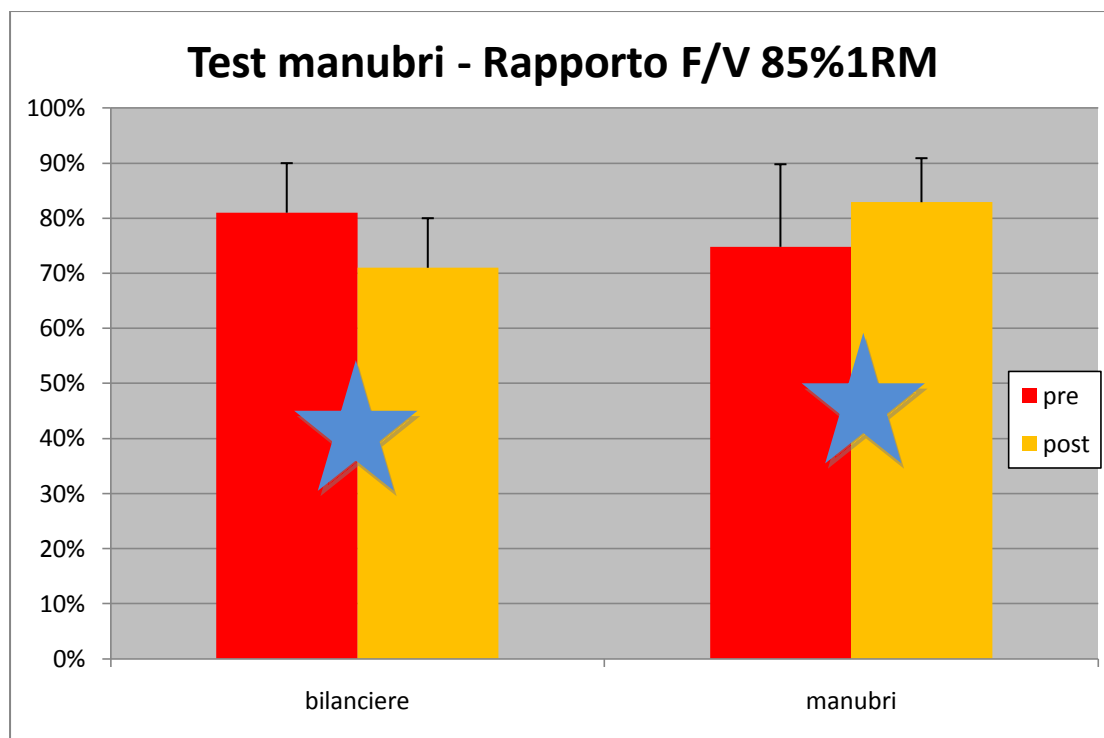


Grafico 36 - variazioni del rapporto F/V tra gruppi nel test con manubri 85%1RM

Il rapporto F/V peggiora nettamente nel gruppo bilanciere (-12,1%; $p = 0,02$) mentre migliora nel gruppo manubri (+10,7%; $p = 0,05$).

	<i>Bilanciere</i>			<i>Manubri</i>		
	<i>70%</i>	<i>85%</i>	<i>1RM nuovo</i>	<i>70%</i>	<i>85%</i>	<i>1RM nuovo</i>
Velocità	+1,9%	+5,2%		+8,3%	+16%	
Forza	+0,6%	+2,3%		+1,9%	+1%	
F/V	-2,1%	-12,1%		+7,5%	+10,7%	
Carico			0,9%			+5,6%

Tab.14 – Riassunto risultati nel test con manubri su entrambi i gruppi

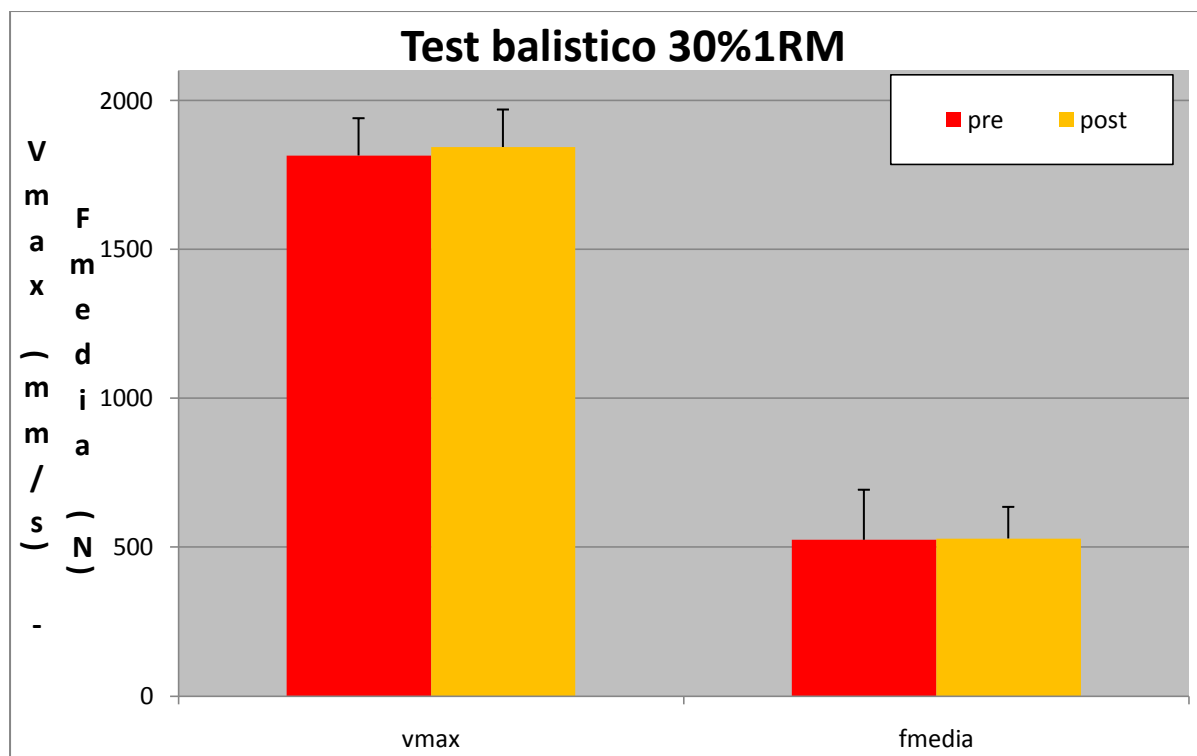


Grafico 37 – Effetti sul test balistico (bench throw)

La Vmax sembra aumentare in misura lieve tra l'inizio e la fine dei due mesocicli di allenamento senza significatività (1,6% ; $p = 0,38$).

La Forza media non subisce particolari cambiamenti (0,8%; $p = 0,48$).

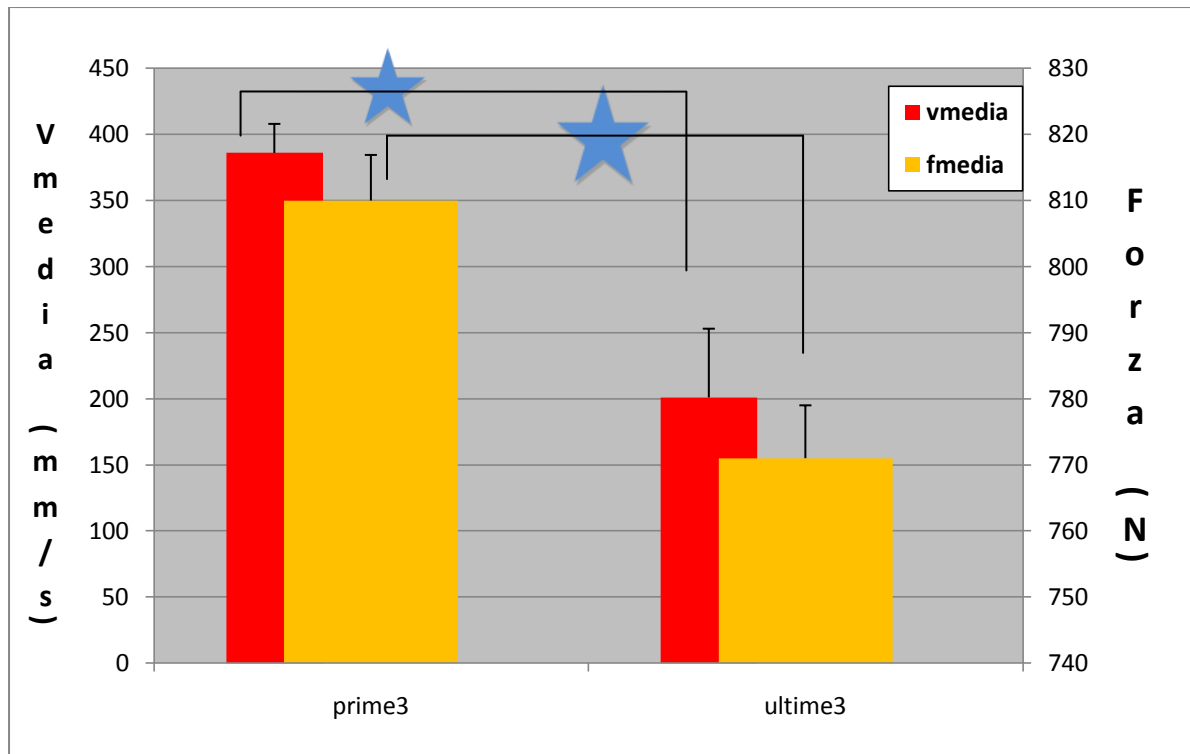


Grafico 38– Variazione della forza media e della velocità durante una serie di spinte su panca con bilanciere ad esaurimento

Nel corso della serie si nota come la velocità subisca un calo vistoso (-47,9%; $p = 0,01$), mentre la forza subisce un decremento molto più modesto (-4,8%; $p = 0,0005$). Dalla tabella 15, che mostra i parametri meccanici di tre serie di allenamento con il bilanciere, vediamo che il calo vistoso della velocità non è dovuto ad una perdita di forza, che è sempre moderata, ma è da ricondurre ad una perdita di coordinazione intermuscolare molto maggiore.

	Velocità	Forza media	Rapporto F/V
1 SERIE	-47,9% ★	-4,8% ★	-28,9% ★
4 SERIE	-48,2% ★	-5% ★	-21,1% ★
8 SERIE	-38,9% ★	-2,8% ★	-29,3% ★

Tab.15 – Variazione dei parametri meccanici in tre serie di allenamento nelle distensioni su panca con bilanciere

★ $P < 0,05$

DISCUSSIONI

5.1. Discussione 1° protocollo

Il primo protocollo di lavoro ha evidenziato come le velocità registrate con un encoder lineare siano differenti tra arti superiori ed inferiori a parità di % di 1RM. Le velocità di spostamento che si ottengono nelle spinte su panca piana infatti, sono notevolmente inferiori a quelle ottenute nell'esecuzione di uno squat parallelo. Questo è dovuto al fatto che nello squat, così come negli altri esercizi a catena cinetica chiusa per gli arti inferiori (affondi, stacchi da terra), il carico riesce ad essere sollevato a velocità maggiori per effetto dell'intervento coordinato di più muscoli (quadricipite, gluteo, muscoli paravertebrali e dorsali) rispetto alle spinte su panca, dove il numero di muscoli che intervengono è minore e di dimensioni più piccole. Oltre a ciò è visibile una maggiore forza applicabile all'apertura dell'angolo al ginocchio rispetto all'apertura del gomito che rende più veloce la parte finale del movimento dello squat e quindi ne influenza la velocità media.

Il metodo di calcolo indiretto del carico massimale utilizzando la velocità di spostamento, nelle spinte su panca piana, risulta essere maggiormente attendibile con soggetti che si allenano con alte velocità di spostamento senza arrivare mai all'esaurimento muscolare, mentre il metodo ad esaurimento (Brzicky) sembra essere più indicato per soggetti che sono adattati ad allenamenti con serie portate sempre all'esaurimento totale. Infatti come mostrato dalla tabella 4, il carico massimale ottenuto con questo metodo in atleti body builders mostra una variabilità minore rispetto al metodo della velocità, mentre il contrario avviene in soggetti non specializzati a tale tipologia di lavoro.

Per gli arti inferiori invece, sembra che il metodo Brzicky sia fuorviante e sovrastimi il reale carico massimale. In questo caso il metodo della velocità risulta sicuramente più attendibile. Questa notevole differenza è da ricondursi a quanto detto sopra: nello squat intervengono numerosi gruppi muscolari, che permettono al soggetto di eseguire un numero notevole di ripetizioni con un dato carico, cosa che non avviene negli esercizi per gli arti superiori. A nostro avviso quindi l'utilizzo di tabelle di conversione presenti in numerosi testi che utilizzano il massimo numero di

ripetizioni con un dato carico, sono fuorvianti e da tenere in scarsa considerazione con atleti impegnati in discipline dove si richiedono espressioni di forza esplosiva (sport di squadra, sport di combattimento, tennis, scherma ecc). Il metodo ad esaurimento può essere utilizzato invece con soggetti body builders, oppure con soggetti poco esperti all'allenamento con i sovraccarichi (con atleti giovani e nel fitness) dove il calcolo diretto dell'1RM potrebbe essere rischioso.

Negli esercizi per gli arti inferiori inoltre, le cose cambiano se si considera o meno il peso corporeo del soggetto. È da tener presente infatti che durante l'esecuzione di uno squat il soggetto non solleva solo il sovraccarico posto sul bilanciere, ma anche il suo peso corporeo che quindi va considerato come un sovraccarico ulteriore. Come mostrato dalla tabella 7 ci sono molte differenze tra le stesse percentuali di carico prendendo in considerazione o no il Body Weight, che naturalmente diventano sempre minori avvicinandosi al carico massimale. Quindi soggetti con pari massimale ma di peso differente utilizzeranno sovraccarichi diversi. In base a ciò anche le velocità di spostamento ricalcolate comprendendo il peso del soggetto risultano diverse. Notiamo dalla tabella 8 che intorno a 700 mm/s di velocità, che senza peso corporeo risulta essere un carico del 70% di 1RM, con il BW diventa l'82% del carico 1RM, con il 12,5% di differenza. Naturalmente tali differenze si assottigliano man mano che ci si avvicina al carico massimale. In termini pratici il calcolo complessivo del BW con il sovraccarico extra BW, ci permette di lavorare con sovraccarichi minori sulle spalle, con vantaggi notevoli sulle strutture articolari e soprattutto sui dischi intervertebrali.

Considerare il Bw come carico aggiuntivo ci porta inoltre a riconsiderare anche le indicazioni presenti in letteratura sui carichi di allenamento della Potenza. La tabella 9 confronta i valori di Potenza espressi nelle due modalità di calcolo (con BW e senza): notiamo anche in questo caso delle differenze notevoli in quanto la potenza massima viene ottenuta nel primo caso (senza BW) al 40% del carico 1RM, come indicato in letteratura, mentre calcolando il BW come sovraccarico la potenza massima viene ottenuta senza un carico extra, ma a carico naturale. Quindi esercitazioni balistiche a carico naturale o con piccoli sovraccarichi già sono ottimi mezzi di allenamento per lo sviluppo della potenza. In questo ambito possono anche rientrare le esercitazioni mutuata dalla pesistica, e riadattate alle esigenze specifiche

degli altri sport (angoli di lavoro, esecuzioni a velocità elevate, caratteristiche balistiche) con carichi medio – bassi (40%-50% del BW).

Altro aspetto da considerare è la differenza tra carico e forza. La curva carico velocità ci indica che all'aumentare della percentuale di carico rispetto all'1RM le velocità tendono a diminuire. Il fatto di non avere un sovraccarico però, non significa non esprimere forza. Se non si considera quindi il sovraccarico, si vede che la forza espressa sia a carico naturale che con un carico del 50% di 1RM nella parte dinamica della curva, va dal 60% al 79% di quella espressa per spostare un carico pari all'1RM.

5.2. Discussione 2° protocollo

Alla luce dei risultati, possiamo affermare che esistono degli adattamenti differenti per ciascuna tipologia di allenamento. Possiamo inoltre affermare che i risultati ottenuti non sono stati inficiati da altre tipologie di allenamento sia di natura fisica che tecnica, in quanto ai soggetti era stato chiesto di non partecipare agli allenamenti delle loro rispettive discipline sportive.

L'aspetto originale dell'indagine è inconfutabilmente il **rapporto F/V per quanto riguarda i test con i sovraccarichi, ed il Costo Muscolare nelle azioni balistiche.**

Questi due nuovi parametri a nostro avviso devono e dovranno in futuro essere valutati assieme agli altri parametri meccanici (forza e velocità) in quanto rappresentano degli indici di efficienza e coordinazione intermuscolare della catena cinetica impegnata nell'esecuzione di un determinato mezzo di allenamento. Nelle azioni non balistiche questo rapporto indica la quantità di forza (N) impiegata per accelerare il bilanciere, mentre nelle esercitazioni a carattere esplosivo – balistico (sj) indica la quantità di Forza che serve per sollevare di 1 metro 1kg di peso corporeo e ciò va sempre rapportato a parità di carico perché la velocità può variare nel tempo anche per effetto di un miglioramento coordinativo .

Nello specifico vediamo che nei test di natura balistica senza sovraccarico (HSJ), i metodi derivati dalle teorie del Prof. Carmelo Bosco (alte velocità di esecuzione e serie non portate all'esaurimento) tendono a migliorare l'altezza di salto, in particolar modo nel momento in cui il volume di lavoro con carichi di FMAX (75-80% 1RM) viene ridotto a favore di esercitazioni con carichi medi a carattere balistico.

Ad un aumento dell'altezza di salto, vediamo che non corrisponde un aumento della forza espressa a terra come all'inizio si poteva presumere. Infatti dal grafico 4 osserviamo che addirittura la forza diminuisce nonostante un miglioramento dell'altezza di salto e in modo significativo dopo il secondo protocollo (MB –FDM).

I miglioramenti ottenuti nell'altezza di salto quindi, sono da attribuire ad un miglioramento del Costo Muscolare, che si abbassa sia dopo il primo protocollo sia, ed in modo significativo, dopo il secondo (MB – FDM).

A conferma dei risultati ottenuti, si vede che anche a distanza di un anno e dopo svariati metodi di allenamento, ripetendo il MB2 si ottengono gli stessi dati ma naturalmente con variazioni inferiori a causa degli adattamenti ottenuti.

Il metodo ad esaurimento invece, sembra avere effetti contrari. Nell'HSJ l'altezza di salto non subisce sostanziali cambiamenti, mentre invece la forza espressa migliora significativamente. Anche in questo caso quindi gli aspetti coordinativi influenzano l'esecuzione del gesto di salto: infatti il Costo Muscolare peggiora significativamente. Le spiegazioni di ciò possono essere diverse: la prima è che i soggetti si sono sempre allenati all'esaurimento, quindi raggiungendo velocità di spostamento molto basse (300-400 mm/s) che sono molto differenti dalle velocità raggiunte in un salto (1,2-1,4 m/s); infine, e forse più importante, tale metodica di allenamento non prevedeva azioni di tipo balistico né a carico naturale e né con sovraccarichi medi, quindi il mancato miglioramento dell'altezza di salto sembra dovuto alla mancanza di coordinazione specifica più che ad una carenza di forza.

Così come il Metodo di Bosco, anche il 3x90% ha determinato un incremento dell'altezza di salto, migliorando il Costo Muscolare senza alcun miglioramento della forza espressa. Non abbiamo una spiegazione chiara a questo fenomeno

Analizzando le espressioni di FDM, vediamo invece che protocolli che prevedono un volume cospicuo di carichi di FMAX (MB1, MB2) aumentano l'altezza di salto con un carico pari al BW, incrementando in questo caso sia la forza espressa che il Costo Muscolare; anche il ME provoca un miglioramento della forza, che però non si manifesta in un incremento dell'altezza di salto per un peggioramento coordinativo. Al contrario di quanto visto nell'HSJ, riducendo il volume di lavoro di FMAX (MB-FDM), le azioni esplosive con sovraccarichi medi non migliorano. Sembra quindi che, come un volume elevato di esercizi balistici con carichi medi influenzi le azioni

esplosive, i carichi di FMAX incrementano il livelli di FDM. I metodi con carichi massimali sembrano non influenzare troppo invece tale tipo di espressione di forza. Nei carichi di forza massima (75%1RM) la velocità dello squat parallelo aumenta solo al termine dei protocolli di Bosco (MB1,MB2 e MB –FDM), associata però ad una perdita di forza. Anche in questo caso sembra che la causa di tale incremento sia esclusivamente di natura coordinativa, infatti il rapporto F/V subisce un miglioramento significativo. Nel ME invece, ad un incremento della forza media, non corrisponde un miglioramento della velocità, spiegato dal fatto che il rapporto F/V è peggiorato. Anche in questo caso l'allenamento ad esaurimento sembra provocare peggioramenti a livello di efficienza intermuscolare, ma un vantaggio nell'aumento di forza. Altra spiegazione potrebbe essere quella che esecuzioni a bassa velocità, anche se non volontarie, potrebbero influenzare esecuzioni dove si richiede la massima velocità, in quanto i pattern di reclutamento neuromuscolare sarebbero diversi. Anche l'utilizzo di carichi massimali migliora la forza espressa senza un notevole aumento della velocità, con peggioramento degli aspetti coordinativi. In questo caso ciò può essere ricondotto al fatto che i carichi di allenamento (90% 1RM) sono molto diversi da quelli del test (75% 1RM), quindi risulta chiaro anche in questo caso che gli effetti maggiori si notano effettuando test con carichi vicini a quelli di allenamento. I soggetti molto probabilmente hanno sviluppato una coordinazione specifica a carichi vicini al massimale.

Questo lo possiamo notare analizzando gli effetti sul carico massimale. Proprio il metodo del 3 x 90% permette di incrementare il massimale in misura maggiore rispetto agli altri metodi. Infatti dal grafico 12 vediamo un guadagno di carico extra Body Weight (EBW) dell'11,9%, rispetto ad incrementi più modesti del ME (4%). Anche il MB1 permette notevoli guadagni (+12,8%), ma questo sembra essere dovuto più ad un effetto di grande adattamento dovuto al fatto che tale tipo di allenamento è stato fatto per primo del primo . Infatti ripetendolo dopo un anno (MB2), lo stesso metodo non sembra più avere grossi effetti (+2,8%).

Il MB – FDM invece non provoca alcun incremento dell'1RM, ma sembra mantenere i valori ottenuti precedentemente. Appare chiaro che, anche riducendo il volume di carichi di forza massima, l'1RM viene mantenuto costante, almeno per tre settimane.

Ma poiché carico e forza non sono la stessa cosa, vediamo che la forza espressa durante una prova massimale subisce delle variazioni differenti. Infatti dal grafico 13 si evince che il ME è quello che ha permesso di aumentare maggiormente i livelli di forza media (+8%) a fronte di un miglioramento di solo il 4% del 1RM, mentre il 3 x 90% ha aumentato la forza del 6,9% ma l'1RM è aumentato dell' 11,2%. Il MB1 permette anch'esso dei buoni guadagni ma questi sono amplificati dal fatto di essere il primo protocollo; anche in questo caso infatti, il MB2 non provoca ulteriori incrementi, segno che i soggetti erano adattati a tale tipologia di allenamento.

Appare quindi, anche in questo caso, che i fattori di natura coordinativa rivestono grande importanza. Il 3 x 90% ha aumentato notevolmente il massimale ma più per un vantaggio coordinativo che di forza espressa realmente, perché i soggetti si erano allenati a spostare carichi vicini al massimale, e quindi avevano migliorato le strategie di intervento della catena muscolare coinvolta con quei carichi. Il ME invece, è quello che effettivamente ha provocato degli ottimi guadagni di forza, anche se in termini di carico sollevato potrebbe sembrare il contrario (Colli, Cipriani, Lucarini, Marcheggiani, Cesali 2008). Anche in questo caso la coordinazione intermuscolare gioca un ruolo importante, in quanto i soggetti, avendo utilizzato carichi intorno al 75-80% dell'1RM, non erano diventati "bravi" a sollevare carichi più elevati. Gli altri metodi (MB e MB – FDM) utilizzati all'inizio di un processo di allenamento con i sovraccarichi, permettono guadagni sul massimale, sia in termini di forza che di carico, ma se ripetuti non hanno gli stessi effetti.

In termini applicativi pratici, se il mio obiettivo è sollevare più carico il miglior metodo di allenamento è il 3 x 90%, o comunque metodi in cui si utilizzano carichi massimali. Questo può essere necessario in sport come il sollevamento pesi o il powerlifting, dove vince chi solleva più carico, oppure in discipline in cui le resistenze esterne da muovere sono di elevata intensità (i piloni nel rugby, nel bob). Ricordiamoci sempre che allenandosi con queste metodiche, si migliora soprattutto la coordinazione intermuscolare specifica, e quindi associare il maggior carico sollevato ad una maggiore forza applicata è riduttivo. Studi effettuati con sollevatori di peso della nazionale italiana (Lucarini, Colli, Urso, 2008), dimostrano che alcuni di loro aumentavano le prestazioni di strappo e slancio non per aumento di forza ma solo ed esclusivamente per una migliore esecuzione tecnica e quindi coordinativa,

spostando il bilanciere a velocità maggiori. Negli sport di squadra e in altre discipline in cui le resistenze non sono elevate, ma vengono richieste elevate velocità di esecuzione, tale metodo di allenamento in molti casi può essere inutile e a volte anche rischioso.

Anche il calcolo dell'1RM sembra a questo punto riduttivo e con numerosi problemi di natura traumatica, perché non è indice di guadagni di forza, a meno che non si stia parlando di soggetti giovani o alle prime esperienze con l'utilizzo dei sovraccarichi. Nelle altre discipline sportive sembrano più indicate le metodiche introdotte da Bosco, dove si spostano carichi del 75-80% a velocità elevate senza arrivare all'esaurimento. Anche qui però, la coordinazione sembra influenzare parecchio le prestazioni dei test. Infatti se ci basiamo sulla velocità di spostamento in una curva carico – velocità, osserviamo che a parità di carico la velocità può aumentare non per effetto della forza espressa ma per il fatto che i soggetti sono più coordinati ed economici nell'effettuazione del gesto. Stessa cosa vale per le azioni di HSJ: nei metodi in cui erano presenti azioni balistiche (MB1, MB2, MB – FDM), l'altezza dello SJ è migliorata non per effetto di un aumento di forza, che anzi è diminuita, ma per un vantaggio di natura coordinativa. Effettuare azioni di salto in allenamento quindi, ha influenzato e migliorato la coordinazione specifica.

Nel campo dell'applicazione pratica, appare riduttivo, alla luce di quanto detto, basarsi sull'altezza del test di Bosco utilizzando un tappetino a conduttanza per valutare i miglioramenti di forza esplosiva di un atleta. In molti casi la preparazione fisica è rivolta principalmente al miglioramento del test, e non alla specificità dello sport in esame. Per esempio sport come il calcio, rugby, tennis, sono discipline in cui le capacità di forza esplosiva sono importanti per la prestazione. Tali sport però non prevedono azioni di salto se non sporadiche, ma sono di gran lunga superiori azioni di spostamenti orizzontale (sprint, cambi di senso, cambi di direzione). Ricercare quindi spasmodicamente una valutazione e un miglioramento nel test di salto verticale da attribuire poi ad un incremento della forza espressa, potrebbe risultare inutile in quanto i soggetti testati, non avendo ripetuto quel gesto centinaia di volte in allenamento, non sono diventati più efficienti e bravi nel compierlo. Confrontando infatti giocatori di basket e di pallavolo ad esempio, si nota che i secondi ottengono valori di salto notevolmente superiori ai primi, ma la forza che applicano è

addirittura inferiore. Questo perché i pallavolisti compiono un numero maggiore di salti in allenamento e in partita rispetto ai cestisti. I cestisti invece, sempre per motivi coordinativi, raggiungono altezze maggiori nei test di salto monopodalici, che svolgono con maggior frequenza rispetto ai pallavolisti. Negli sport in cui ci sono prevalentemente spostamenti orizzontali, sia i mezzi di allenamento che i test di salto andrebbero usati e interpretati con minor importanza, mentre sarebbe più importante valutare le capacità di accelerazione e di frenata con cambio di senso.

Abbiamo notato poi, che a differenza di quanto riscontrato da molti autori, nel corso di un ciclo di lavoro, in questo caso di un anno e mezzo, l'andamento dell'1RM non rispecchia esattamente quello dei test di natura esplosiva balistica. Ad un aumento del 25% del carico 1RM, l'altezza di salto nell'HSJ aumenta solo del 3% mentre nell'HSJ BW addirittura peggiora del 16%. La forza media tende a peggiorare anch'essa nell'HSJ del 9% e nell'HSJ BW si mantiene di poco al di sopra dei livelli di partenza per poi subire un decremento del 3%. Quindi alla luce di ciò, continuare a lavorare in palestra con atleti già molto esperti e allenati alla forza e cercare di incrementare il loro carico massimale, non ci assicura affatto che poi le azioni esplosive subiscano gli stessi incrementi. Questo può essere vero con soggetti giovani, ma con atleti che hanno alle spalle anni di lavoro di forza questa correlazione non è più vera. A nostro avviso quindi, con atleti che dispongono di valori di forza accettabili per quella disciplina, allenamenti mirati ad incrementare il carico massimale non sono necessari, mentre sarebbe più corretto utilizzare mezzi di allenamento con caratteristiche balistiche e a carattere funzionale (Colli, Cipriani, Lucarini, Azzone, 2009) avvicinando il più possibile l'esercitazione in sala pesi al gesto tecnico specifico, sia come intervento muscolare, sia come velocità specifiche richieste.

La coordinazione riveste un ruolo importante anche durante la seduta di allenamento stessa.

Dal grafico 19 si nota chiaramente che in una serie di lavoro, qualsiasi sia il metodo utilizzato, la velocità media tende a diminuire per effetto della fatica. Naturalmente il ME è quello in cui c'è maggior differenza tra la prima e l'ultima ripetizione, proprio per il fatto che la serie viene portata all'esaurimento, mentre nel MB e nel 3 x 90% abbiamo un calo più modesto in quanto la serie si arresta prima. La cosa interessante

da notare è che, al contrario di quanto si potesse pensare, la forza espressa si riduce in misura molto minore rispetto alla velocità esecutiva: appena 1,9% nel MB, 2,9% nel 3 x 90% e 6,9% nel ME, perdite comunque ridotte rispetto al vistoso calo di velocità.

È quindi la coordinazione intermuscolare che subisce i maggiori decrementi. Infatti il rapporto F/V peggiora del 9% nel MB, del 20% nel 3 x 90% e addirittura del 41% nel ME: significa cioè che serve una quantità maggiore di forza a parità di velocità esecutiva, quindi che le fibre muscolari riescono ad esprimere forza, ma questa tensione non viene trasferita nel modo corretto ai tendini e quindi alla muscolatura impegnata nell'esecuzione del gesto specifico. La perdita di velocità probabilmente è da ricondurre all'affaticamento del SNC e soprattutto del cervelletto responsabile della coordinazione dei movimenti.

5.3. Discussione 3° protocollo

Come riportato da diversi autori nel corso di un periodo di detraining, in questo caso di 4 settimane, le prestazioni dello SJ non scadono anzi assistiamo ad un progressivo miglioramento in particolar modo dell'altezza di salto. Come vediamo però, progressivamente la forza espressa tende a subire un peggioramento nel corso del tempo, quindi anche in questo caso i miglioramenti registrati nel salto verticale sono da attribuire a miglioramenti coordinativi. I dati inoltre confermano diversi studi precedenti i quali sostengono che atleti che si allenano con i sovraccarichi ma che non sono atleti specialisti in discipline di forza (sollevatori di peso e powerlifter) hanno dei miglioramenti nei test di salto nel corso del detraining, a differenza di soggetti che competono in tali discipline. Questi dati quindi sembrano confermare ricerche precedenti, anche se in questo studio è stato introdotto un nuovo parametro di valutazione, quello del CM. Tutti gli studi precedenti infatti hanno preso in considerazione solamente parametri quali 1RM, forza eccentrica, concentrica ed isometrica. Gli aspetti coordinativi sembrano avere un ruolo importante nell'azione di salto infatti il progressivo miglioramento sembra non essere affatto dovuto ad un aumento di forza. Da rimarcare il fatto che i soggetti per tutto il periodo non hanno svolto alcun tipo di allenamento, nemmeno di tipo

tecnico. Trasferendo questi dati ad atleti, per esempio pallavolisti e cestisti, che effettuano numerosi salti in allenamento, potremmo dire che gli effetti di incremento dell'altezza di salto sarebbero ancora più marcati.

Nelle azioni con i sovraccarichi in ambito di forza massima (75%1RM), notiamo invece che la forza media tende a migliorare progressivamente nel corso del tempo, mentre la velocità ha un andamento piuttosto altalenante. Se osserviamo bene il grafico 21, notiamo che forza e velocità hanno degli andamenti totalmente opposti: all'aumentare di uno, peggiora il secondo. La velocità ed il Rapporto F/V invece hanno lo stesso andamento, evidenziando il fatto che la prima è fortemente dipendente non tanto dalla forza ma dalla coordinazione intermuscolare.

Praticamente a nostro avviso, parlare di "richiami" di forza dopo un periodo di sospensione dall'allenamento, pensando che la cessazione di quest'ultimo abbia provocato una perdita di forza è scorretto, almeno fino a 4 settimane dopo l'ultima seduta. Sembra che un volume di lavoro importante sulla FMAX perturbi negativamente le azioni di salto. Sospendendo tale tipo di allenamento, l'altezza di salto tende a migliorare nel tempo per un miglioramento puramente coordinativo, mentre nelle azioni con sovraccarico avviene il contrario, aumentando la forza ma perdendo in velocità esecutiva sempre per problemi coordinativi causati da un disallenamento con sovraccarichi.

5.4. Discussione 4° protocollo

I risultati del protocollo sulle distensioni alla panca hanno chiarito definitivamente quale sia il ruolo della coordinazione intermuscolare e che importanza abbia sia in ambito di valutazione funzionale sia dell'allenamento.

Infatti i maggiori incrementi in termini di velocità di spostamento, ci sono stati rispettivamente nei test eseguiti con l'attrezzo usato in allenamento (bilanciere o manubri). Nel test con il bilanciere sia al 70% che all'85% di 1RM, i soggetti che si sono allenati con lo stesso attrezzo, mostrano i maggiori incrementi della velocità media, da attribuire per la maggior parte ad un miglioramento della coordinazione della catena muscolare impegnata (tricipite brachiale, deltoide e gran pettorale). Infatti notiamo che la forza media ha subito degli incrementi ma in misura minore rispetto al gruppo dei manubri. Il gruppo che ha utilizzato i manubri invece, pur

avendo incrementato la forza espressa maggiormente rispetto agli altri nelle spinte in panca, non riesce a trasferirla interamente al bilanciere per uno scadimento netto del rapporto F/V. Anche i dati del vecchio massimale ripetuti alla fine del protocollo, ci mostrano che i soggetti che hanno utilizzato il bilanciere, mostrano i maggiori incrementi di velocità senza un significativo incremento di forza, ma esclusivamente per una migliore coordinazione (+49%). Anche il nuovo carico massimale è migliorato in entrambi i gruppi, ma in misura maggiore sempre nel gruppo che ha utilizzato il bilanciere.

Passando ai risultati del test con i manubri osserviamo le stesse cose: la velocità media del gruppo che si è allenato con i manubri aumenta sempre in misura maggiore rispetto all'altro, ma anche in questo caso non per un aumento di forza, ma più che altro per la migliore efficienza muscolare. Stesso dicasi per il nuovo carico 1RM, che migliora maggiormente nel gruppo dei manubri.

Il test balistico invece non ha mostrato incrementi, né di forza né di velocità, dimostrando che, se non vengono utilizzati esercizi di tipo balistico, allenamenti con carichi di forza massima non inducono incrementi a carichi più bassi (30% 1RM).

Quindi ci sembra che, almeno per gli arti superiori, gli adattamenti siano carico – specifici; si ottengono cioè miglioramenti solamente a carichi e velocità vicine a quelle utilizzate in allenamento.

Nella pratica quindi, valutando gli effetti di un programma di allenamento rivolto alla forza degli arti superiori, l'aumento della velocità a pari carico non è indice di incremento di forza. Se il test viene effettuato con lo stesso mezzo dell'allenamento (es. bilanciere) un aumento della velocità di spostamento è da ricondurre maggiormente ad una maggiore efficienza muscolare che il soggetto ha sviluppato durante gli allenamenti. Se poi oltre alla velocità si misurasse anche la forza, allora si potrebbe arrivare a stabilire effettivamente quanto è il contributo di una e dell'altra. Paradossalmente per avere un'indicazione sull'aumento di forza, il soggetto dovrebbe eseguire il test con un attrezzo differente da quello di allenamento (se ci si è allenati con il bilanciere faremo eseguire il test con i manubri).

Così come per lo squat, vediamo che anche per gli arti superiori, durante una seduta di allenamento, accade la stessa cosa. Tra la prima e l'ultima serie di lavoro,

la velocità tende a scadere, per effetto di una errata coordinazione piuttosto che per una perdita o incapacità di esprimere forza.

CONCLUSIONI

Concludendo questa ampia e approfondita analisi possiamo affermare che, come per la valutazione dell'allenamento aerobico dove oltre al VO2 max si considerano anche gli aspetti coordinativi e di efficienza come il COSTO ENERGETICO, anche nell'allenamento e nella valutazione dell'allenamento con i sovraccarichi esiste anche una coordinazione specifica che abbiamo indicato con COSTO MUSCOLARE e RENDIMENTO F/V.

Spesso si commette l'errore grossolano, sia nella pratica di campo che in letteratura, di considerare solo alcuni parametri come altezza di salto, velocità di spostamento e aumento del sovraccarico, attribuendo ad un loro eventuale incremento un aumento di forza del soggetto. Abbiamo visto invece che il ruolo del miglioramento del gesto specifico, come può essere uno squat con bilanciere, un balzo verticale, delle distensioni in panca con bilanciere o con manubri, in larga misura è dovuto ad una maggiore efficienza delle catene muscolari coinvolte. Il pallavolista migliorerà quindi la propria altezza di salto non per un aumento di forza applicata, ma per una migliore coordinazione; aumentare il carico 1RM non significa sempre aver aumentato la forza, ma se ci siamo allenati con carichi vicini al massimale, gran parte dei miglioramenti sono di natura coordinativa. Nel sollevamento pesi o nel powerlifting infatti, ci si allena sempre con carichi del 90% - 95% del massimale, migliorando quindi la capacità di sollevare carichi vicini all'1RM. Quando invece nell'allenamento sono presenti esercitazioni di balzi con sovraccarico si ottengono incrementi dell'altezza di salto, per una migliore coordinazione muscolare.

Molto spesso quindi una ricerca spasmodica di miglioramenti nell'ambito della valutazione funzionale degli aspetti neuromuscolari (altezza HSJ, 1RM) non è indice

di incremento di forza e molto spesso non è una valutazione specifica per ogni tipo di atleta. È bene continuare a svolgere test di salto, curva carico – velocità e 1RM, ma i risultati che si ottengono devono essere sempre analizzati sapendo che eventuali miglioramenti o peggioramenti non sono sempre segno di guadagni o perdite di forza muscolare, come da tanto tempo si pensa.

Anche se questo lavoro è il primo a valutare tali aspetti, sicuramente le indagini sul Costo Muscolare e sul Rapporto F/V dovranno essere approfondite con altri lavori di ricerca, coinvolgendo un numero più ampio e variegato di soggetti.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLEN M., HAKKINEN K., KOMI P., Changes in neuromuscular performance and muscle fibre characteristics of elite power athletes self – administering androgenic and anabolic steroids, *Acta Physiol Scan*, 122, 535 – 544, 1984
2. BAKER D., WILSON G., CARLYON R., Periodization: The effect on strength of Manipulating Volume and Intensity, *Journal of strength and conditioning research*, 8, 235 – 242, 1994
3. BAKER, D., S. NANCE, AND M. MOORE. The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *J. Strength Cond. Res.* 15:20–24. 2001.
4. BEHM D. SALE D.G, Velocity specificity of resistance training, *Sport Med* 15, 374 – 388, 1993
5. BEHM D. SALE D.G., Intended rather than actual movement velocity determines velocity – specific training response, *J Appl Physiol* 74, 359 – 368, 1993
6. BEMBEN M, ROHRS D, BEMBEN D, WARE J. Effect of resistance training on upper body strength, power and performance. *J Appl Sport Sci Res.* 5 – 162; 1991
7. BOSCO C. La Forza Muscolare: aspetti fisiologici e applicazioni pratiche, *SSS* 1997
8. CAMPOS GE., LUECKE TJ, WENDELN HK, TOMA K, HAGERMAN FC, MURRAY TF, RAGG KE, RATAMESS NA, KRAEMER WJ, STARON RS, Muscular adaptations in response to three different resistance training regimens: specificity of repetition maximum training zones, *European Journal of Applied Physiology*, 88 50-60, 2002
9. CHELLY M., FATHLOUN M., CHERIF N., BEN HAMR M., TABKA Z., VAN PRAAGH E., Effects of a back squat training program on leg power, jump and sprint training performance in junior soccer players, *Journal of strength and conditioning research*, 23 2241 – 2249, 2009

10. COLLI R., CIPRIANI M., LUCARINI L. L'allenamento della forza tra mito e realtà; *Rivista ELAV, anno 1 n°3, 2008*
11. COLLI R., CIPRIANI M., LUCARINI L., MARCHEGGIANI F., CESALI M., L'allenamento della forza tra mito e realtà: I massimali; *Rivista ELAV, anno 1 n°4, 2008*
12. COLLI R., CIPRIANI M., LUCARINI L., AZZONE V., La pesistica adattata per gli sport di squadra: prima parte; *Rivista ELAV, anno 2 n°5, 2009*
13. COLLI R., CIPRIANI M., LUCARINI L., AZZONE V., La pesistica adattata per gli sport di squadra: seconda parte; *Rivista ELAV, anno 2 n°6, 2009*
14. COLLI R., INTROINI E., BUGLIONE A., AZZONE V., PATERNOSTER M., Il Costo Energetico nella canoa – kayak; *Rivista di cultura sportiva SDS; n°80, 55 – 71; 2009*
15. COSTILL D., WILMORE J. Fisiologia dell'esercizio fisico e dello sport, *Calzetti Mariucci Editore, 2005*
16. DELECLUSE C., VAN COPPENOLLE H., WILLEMS E., VAN LEEMPUTTE M., DIELS R., GORIS M. Influence of high resistance training on sprint performance, *Med. Science Sport Exerc 27 1203 – 1209, 1995*
17. DESMEDT JE., GODAUX E., Ballistic contraction of slow and fast human muscle: discharge pattern of single motor units, *J Physiol 285, 185 – 196, 1978*
18. DUDLEY, G.A., P.A. TESCH, B.J. MILLER, AND P. BUCHANAN. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat. Space Environ. Med. 62:543–550. 1991.*
19. FROLICH M, SCMIDTBLACHER D., e coll, Forza e allenamento della forza nei bambini e negli adolescenti, *Rivista SDS, 2009; 82, 19 – 28*
20. HAKKINEN K, KOMI P, Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training; *Scand. J. Sport Sci.; 7; 55-64; 1985*
21. HAKKINEN K, PAKARINEN A, KOMI P., RYUSHI T., AND KAUKHANEN H., Neuromuscular adaptations and hormone balance in strength athletes, physically active males and females during intensive strength training, In:

Proceedings of the XII International Congress of Biomechanics, UCLA 1989; 889-894

22. HAKKINEN K., KOMI P., ALEN M., KAHUANEN H., EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1- year training period in weightlifters, *Eur Journal Appl. Physiol.* 56, 419 – 427, 1987
23. HANNERZ J., GRIMBY L., The afferent influence on the voluntary firing range of individual motor units in man, *Muscle Nerve* 2, 414 – 422, 1979
24. HARRIS G., STONE M., O'BRYANT H., PROULX C., JOHNSON R. Short term performance effect of high power, High Force or Combined Weight Training methods, *Journal of strength and conditioning research*, 14, 14 – 20, 2000
25. HOFF J, HELGERUD J. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine* 2004;34(3):165-80.
26. ISHIDA K, MORITANI T, ITOH K, Changes in voluntary and electrically induced contractions during strength training and de training; *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; 1990;60(4):244-8.
27. JENNIFER HERMAN, SHARON RANA, GARY CHLEBOUN, ROGER GILDERS, FREDRICK HAGEMAN, ROBERT HIKIDA, MICHAEL KUSHNICK, KERRY RAGG, ROBERT STARON, KUMIKA TOMA, CORRELATION BETWEEN MUSCLE; Fibre cross sectional area and strength gain using three different resistance training programs in College - Aged Women, *Journal of strength and conditioning research*, 24, 2010
28. KANEKO M, FUCHIMOTO T, TOJI H, SUEL K. Training effect at different load on the force – velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Sport Sci.* 5, 50 – 55, 1983
29. KAZUSHIGE GOTO, MASANARI NAGASAWA, OSAMU YANAGISAWA TOMOHIRO KIZUKA, NAOKATA HISHII, KAORU TAKAMATSU, Muscular adaptations to combinations of high- and low-intensity resistance exercises; *Journal of strength and conditioning research*, 18 730 –737,2004

30. KOTZAMANIDIS C., CHATZOPOULOS D., MICHAILIDIS C., PAPAIKOVOU G., PATIKAS D., The effect of a combined High Intensity strength and speed training program on running and jumping ability of soccer players, *Journal of strength and conditioning research*, 19, 369 – 375, 2005

31. LAWRENCE W. WEISS, HARVEY D. CONEY AND FRANK C. CLARK, Different functional adaptations to short – term low, Moderate and High repetition weight training, *Journal of strength and conditioning research*, 13 236 – 241, 1999

32. LUCARINI L., COLLI R., URSO A., dati non pubblicati, CENTRO STUDI FIPCF, 2008

33. MANGINE G., RATAMESS N., HOFFMAN J., FAIGENBAUM A., KANG J., CHILAKOS A., The effect of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower limb and upper body strength in recreationally trained men; *Journal of strength and conditioning research*, 22, 132 – 139, 2008

34. MAYHEW, J., R. JOHNS, J. WARE, M. BEMBEN, AND D. BEMBEN.
Changes in absolute upper body power following resistance training in college males *J. Appl. Sport Sci. Res.* 6:187.1992.

35. MC BRIDE J., TRIPLETT – MC BRIDE T., DAVIE A., NEWTON R., The effect of Heavy vs Light load jump squat on the development of strength, power and speed, *Journal of strength and conditioning research*, 16, 75 – 82, 2002

36. MOSS, B. M., P. E. REFSNES, A. ABILDAARD, K. NICOLAYSEN, AND J. JENSEN.
Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load – power and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75:193–199. 1997.

37. MUJIK A., PADILLA S., Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus; *Sports Med*, 2000 Aug;30(2):79-87.

38. NEILS C., UDERMAN B., BRICE G., WINCHESTER J., MCGUIGAN M., Influence of contraction velocity in untrained individuals over the initial early phase of resistance training, *Journal of strength and conditioning research*, 19 883 – 887, 2005

39. NEWTON, R., W. KRAEMER, K. HAKKINEN, B. HUMPHRIES, AND A. MURPHY. Kinematics, kinetics and muscle activation during explosive upper body movements. *J. Appl. Biomech.* 12:31–43.1996.
40. POPRAWSKI, B. Aspects of strength, power and speed in shot put training. *N. Stud. Athletics* 3:89–93. 1988.
41. RONESTAD B., KVAMME N., SUNDE A., RASTAAD R., Short – term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players; *Journal of strength and conditioning research*, 22 773 – 780, 2008
42. SCHMIDTBLEICHER D., HARLAMBIE G., Changes in contractile activity properties of muscle after strength training in man, *Eur J Appl Physiol* 46, 221 -228, 1981
43. SHEPPARD J., CRONIN J.B., GABBET T.J., MC GUIGAN M., EXTEBARRIA N., NEWTON R., Relative importance of strength, power and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players, *Journal of strength and conditioning research*, 3, 758 – 765, 2008
44. TIDOW, G. Muscular adaptations induced by training and detraining— A review of biopsy studies. *N. Stud. Athletics* 10:47– 56. 1995.
45. TONKONOGI M, Allenamento della forza dei bambini: si o no?, *Rivista SDS*, 78, 13 -19, 2008
46. WEIR, J.P., D.J. HOUSH, T.J. HOUSH, AND L.L. WEIR. The effect of unilateral concentric weight training and detraining on joint angle specificity, cross-training, and the bilateral deficit. *J. Orthop.Sports Phys. Ther.* 25:264–270. 1997.
47. WILSON GJ., NEWTON RU., MURPHY AJ., HUMPRIES BJ. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance, *Med. Science Sport Exerc* 25 1279 – 1286, 1993
48. WISLOFF U, CASTAGNA C, HELGERUD J, JONES R, HOFF J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br Journal Sport Med* 2004, 38, 285-288

49. WISLOFF U, HOFF J, HELGERUD J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sport Exerc*, 1998 Mar; 30(3): 462-7.

50. ZATSIORSKY V., KRAEMER W.J., Scienza e pratica dell'allenamento della forza, Calzetti Mariucci Editore 2008