

Antonio Squillante

# VELOCITY-BASED TRAINING

**L'ALLENAMENTO DELLA FORZA NELLA PREPARAZIONE  
ATLETICA: TEORIE E PRATICHE EVIDENCE-BASED**

**ELIKA EDITRICE**



*Declinazione di responsabilità*

Tutti i contenuti, inclusi testo, grafica e immagini, sono da intendersi a solo scopo informativo e non costituiscono diagnosi medica, consulto o terapia per patologie specifiche. È consigliabile consultare il proprio medico prima di cominciare qualsiasi programma di allenamento o per problemi generici o specifici riguardanti la salute. L'autore e l'editore declinano ogni responsabilità per qualsiasi danno o rischio, personale o di terzi, che possa derivare come conseguenza diretta o indiretta dall'uso o dalla messa in pratica del materiale di questa pubblicazione.

© 2025 Elika srl  
Via Fossalta, 3895  
47522 Cesena (FC) – Italy  
info@elika.it  
www.elika.it

ISBN 9791281787018

Finito di stampare nel mese di maggio 2025 da Digital Book srl - Città di Castello (Italy)

Editing: Clizia Rocchi  
Impaginazione: Martina Picone  
Grafica di copertina: Sarah Bocconi  
Immagini di copertina: ©Elika srl, ©GymAware  
Immagini: ©Elika srl; p. IX ©GettyImages/NurPhoto

Tutti i diritti riservati secondo le convenzioni internazionali e universali sul copyright. Sono vietate la riproduzione e la trasmissione, anche parziali, di questo libro in qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo senza il permesso scritto dei detentori dei diritti.

*Julia ed Elena,  
la mia vita è cominciata con voi.  
Papà vi ama tantissimo.*

# INDICE

<b>Prefazione</b>	<b>VII</b>
<b>Ad Alex</b>	<b>IX</b>
<b>Premessa</b>	<b>XI</b>
Capitolo 1. L'allenamento della forza: introduzione	1
Capitolo 2. Test di profilazione	21
Capitolo 3. La <i>minimum effective dose</i>	43
Capitolo 4. Programmazione e periodizzazione nell'allenamento della forza	67
Capitolo 5. Il velocity-based training	81
Capitolo 6. Il profilo carico-velocità	99
Capitolo 7. La programmazione nel velocity-based-training	113
Capitolo 8. La periodizzazione con il velocity-based training	135
Capitolo 9. Autoregolazione	165
<b>Bibliografia</b>	<b>185</b>

## Capitolo 2

# TEST DI PROFILAZIONE

*I test di profilazione vengono utilizzati per quantificare in maniera il più possibile accurata e precisa i livelli di forza e potenza che un atleta è in grado di esprimere. L'altezza di salto e i valori di forza massima isometrica vengono confrontati con valori normativi disponibili in letteratura. Questo permette di identificare priorità nello sviluppo fisico di un atleta, ottimizzando il processo di allenamento.*

### POTENZA

La potenza è una grandezza fisica fondamentale in preparazione atletica, ma purtroppo è difficile da misurare. Per questo motivo, si tende a utilizzare quella che in letteratura viene definita una proxy, ossia una misura indiretta che, se confrontata con valori di potenza, dimostra un indice di correlazione forte. **La proxy più comunemente utilizzata per la potenza è l'altezza di salto nel countermovement jump.** Altezza di salto e potenza hanno due unità di misura e grandezze differenti, ma la correlazione tra le due tende a essere forte: al variare dei valori di altezza di salto, è quindi possibile osservare un cambiamento nei livelli di potenza espressi.

I test di salto verticale sono normalmente utilizzati per valutare la potenza degli arti inferiori. Nel salto verticale con contromovimento (CMJ), la contrazione muscolare è di tipo pliometrico e a una breve ma violenta fase di pre-carico eccentrico segue una fase concentrica molto rapida, che dura poco più di 220 ms; durante la fase di spinta il centro di massa si muove verso l'alto. McMahon et al. (2018) hanno descritto le fasi di un salto verticale con contromovimento indicando valori di forza al suolo, velocità e spostamento verticale del centro di massa. Nel CMJ è possibile distinguere tre fasi principali:

- **Unweighted phase:** la fase di contromovimento è caratterizzata da valori di velocità negativi. Questa fase rappresenta l'inizio del contromovimento, con una rapida discesa del centro di gravità che ha l'obiettivo di aumentare il carico eccentrico.
- **Braking phase:** la fase di decelerazione è caratterizzata da un rapido cambiamento di direzione. Questa fase contribuisce a creare il pre-carico eccentrico tipico di un regime di contrazione pliometrica, noto come ciclo di allungamento-accorciamento (Stretch-Shortening Cycle, SSC).
- **Propulsive phase:** la fase di spinta è caratterizzata da valori di velocità positivi. Questa è la fase di spinta vera e propria, caratterizzata da una rapida produzione di forza al suolo e da un'accelerazione verticale intensa.

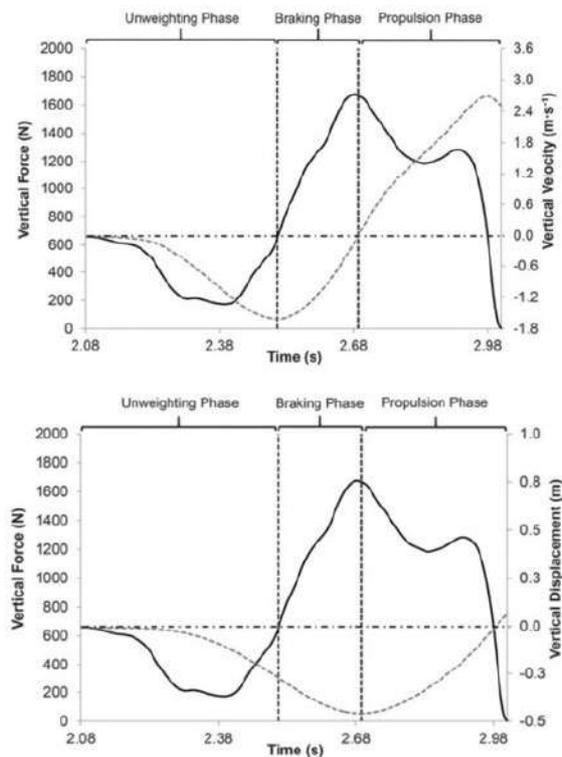


Immagine 2.1: Vettore di forza verticale (vertical force), velocità verticale del centro di massa (vertical velocity) e spostamento verticale del centro di massa (vertical displacement) misurati in funzione del tempo di contrazione (time) in un salto verticale con contromovimento (CMJ). Da: McMahon, et al (2018). Understanding the key phases of the counter-movement jump force-time curve. *Strength & Conditioning Journal*, 40(4), 96-106.

L'altezza di salto è determinata dalla velocità di stacco o *take off velocity* che l'atleta riesce a raggiungere durante la fase di spinta. L'utilizzo di un regime di contrazione pliometrica permette di sfruttare la fase di pre-carico eccentrica per aumentare in maniera notevole la velocità di contrazione muscolare durante la fase di spinta. Questo fa sì che i livelli di potenza espressi durante la fase concentrica del movimento siano particolarmente elevati.

Per questo motivo, l'altezza di salto raggiunta in un countermovement jump sarà sempre superiore all'altezza di salto raggiunta in un salto verticale senza contromovimento o squat jump.

Livello	Valori medi		Atleti	
	Uomo	Donna	Uomo	Donna
eccellente	>50 cm	>40 cm	>65 cm	>55 cm
sopra la media	44-48 cm	34-38 cm	58-62 cm	48-52 cm
nella media	38-42 cm	28-33 cm	52-56 cm	42-46 cm
sotto la media	32-36 cm	22-26 cm	46-50 cm	36-40 cm
molto basso	<30 cm	<20 cm	<44 cm	<34 cm

Tabella 2.1: Valori di altezza di salto (cm) per popolazione e sesso. Test: countermovement jump (CMJ). Valori calcolati utilizzando pedane di forza con una frequenza di campionamento di 1000 Hz (imp-mom).

Il salto verticale senza contromovimento o **squat jump** (SJ) è un esercizio di tipo concentrico e, in quanto tale, non permette di raggiungere una velocità di contrazione muscolare particolarmente alta. Di conseguenza, i valori di potenza espressi sono inferiori. Lo squat jump è stato utilizzato per molti anni come test di valutazione per la forza muscolare e ancora oggi rappresenta una valida alternativa agli esercizi di tipo isometrico

Livello	Valori medi		Atleti	
	Uomo	Donna	Uomo	Donna
eccellente	>40 cm	>35 cm	>55 cm	>45 cm
sopra la media	34-38 cm	28-32 cm	48-52 cm	38-42 cm
nella media	28-32 cm	26-30 cm	40-46 cm	32-36 cm
sotto la media	22-26 cm	20-24 cm	34-38 cm	26-30 cm
molto basso	<22 cm	<20 cm	<32 cm	<26 cm

Tabella 2.2: Valori di altezza di salto (cm) per popolazione e sesso. Test: squat jump (SJ). Valori calcolati utilizzando pedane di forza con una frequenza di campionamento di 1000 Hz (imp-mom).

L'altezza di salto non misura direttamente la potenza che un atleta è in grado di esprimere. Tuttavia, un cambiamento significativo nei valori di altezza di salto, soprattutto in un test molto semplice come il salto verticale con contromovimento, può indicare con buona approssimazione un cambiamento nei livelli di potenza di un atleta. Esiste, infatti, una correlazione diretta tra l'altezza del salto e la potenza media concentrica ( $r = 0.49-0.81$ ;  $p < .05$ ) – o potenza di picco sia assoluta che relativa ( $r = 0.47-0.87$ ;  $p < .05$ ) – che un atleta è in grado di produrre.

Un'altezza di salto superiore a 50-60 cm è quindi indicativa di valori di potenza superiori alla media. L'altezza di salto può essere calcolata utilizzando il tempo di volo o **flight time**. Assumendo che lo spostamento del centro di massa durante la fase di volo corrisponda al moto parabolico normalmente studiato in balistica, si può prevedere con precisione l'altezza del salto, che corrisponde all'apice della traiettoria ascendente.

Utilizzando il tempo di volo come misura di riferimento, una misura relativamente facile da ottenere anche tramite tappetini di salto o applicazioni per smartphone, è possibile calcolare l'altezza del salto utilizzando una semplice formula matematica:

$$h = (ft^2 \times g) \div 8$$

dove I: impulso (N·s) | F: forza (N) |  $\Delta t$ : tempo (s)

Una volta calcolata l'altezza di salto è possibile stimare il livelli di potenza espressi da un atleta in una prova di salto utilizzando la formula pubblicata da Sayers et al. (1999):

$$P = (60.7 \times h) + (45.3 \times m) - 2055$$

dove h: altezza di salto (cm) I m: massa (kg)

Nel salto verticale con contromovimento, questa equazione tende a sovrastimare il picco di potenza di circa il 2-3% e ha quindi un margine di errore relativamente basso. Nel salto verticale senza contromovimento, il margine di errore è superiore. I risultati ottenuti tendono a essere quindi poco accurati.

Metrica	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Min	Max	Media
PPO	5223 W	5172 W	5056 W	5056 W	5223 W	5150 W
PPO/kg	59 W/kg	58.4 W/kg	57.1 W/kg	57.1 W/kg	59 W/kg	58.1 W/kg

Tabella 2.3: CMJ. Potenza concentrica (PPO) e potenza concentrica relativa (PPO/kg). Valore minimo (min), massimo (max) e media per tre tentativi (Rep 1-3). Dati raccolti con pedane di forza.

Metrica	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Min	Max	Media
PPO	4867 W	4843 W	5103 W	4843 W	5103 W	4937 W
PPO/kg	55 W/kg	54.8 W/kg	57.7 W/kg	54.8 W/kg	57.7 W/kg	55.8 W/kg

Tabella 2.4: SJ. Potenza concentrica (PPO) e potenza concentrica relativa (PPO/kg). Valore minimo (min), massimo (max) e media per tre tentativi (Rep 1-3). Dati raccolti con pedane di forza.

Un modo più accurato e preciso per misurare l'altezza del salto prevede l'uso di pedane di forza. Questi strumenti consentono di misurare direttamente i livelli di forza esercitati da un atleta al suolo durante la fase di spinta che precede il decollo, per intervalli di tempo molto brevi della durata di 0,001 secondi. Pedane di forza ad uso commerciale hanno una frequenza media di campionamento di 1000 Hz, il che rende possibile misurare l'impulso generato nel momento che precede la fase di volo.

$$I = F \times \Delta t$$

dove I: impulso (N·s) I F: forza (N) I Δt: tempo (s)

Nel caso di un salto verticale, è possibile misurare la forza prodotta a terra nel breve intervallo di tempo che precede la fase di stacco. L'impulso calcolato corrisponderà alla **quantità di moto** generata nella fase di spinta:

$$p = m \times v$$

dove p: quantità di moto (kg·m/s) I m: massa (kg) I v: velocità (m/s)

Metrica	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Min	Max	Media
Flight Time	44.7 cm	45 cm	43.5 cm	43.5 cm	45 cm	44.4 cm
Imp-Mom	41 cm	41.4 cm	41.1 cm	41 cm	41.4 cm	41.1 cm

Tabella 2.5: CMJ. Altezza di salto in centimetri (cm) calcolata utilizzando il tempo di volo (flight time) o l'impulso-momento (Imp-Mom). Valore minimo (min), massimo (max) e media per tre tentativi (Rep 1-3). Dati raccolti con pedane di forza.

Metrica	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Min	Max	Media
Flight Time	41.5 cm	39.8 cm	41.8 cm	39.8 cm	41.8 cm	41 cm
Imp-Mom	37 cm	35.3 cm	38.3 cm	35.3 cm	38.3 cm	36.9 cm

Tabella 2.6: SJ. Altezza di salto in centimetri (cm) calcolata utilizzando il tempo di volo (flight time) o l'impulso-momento (Imp-Mom). Valore minimo (Min), massimo (max) e media per tre tentativi (Rep 1-3). Dati raccolti con pedane di forza.

L'impulso può essere usato per stimare la velocità di stacco. Le pedane di forza permettono di misurare con estrema accuratezza la quantità di forza media applicata al suolo durante la fase di spinta e il tempo che l'atleta spende a contatto con il suolo. L'impulso è uguale alla variazione della quantità di moto; è quindi possibile ottenere una stima indiretta della velocità verticale di stacco, poiché le pedane di forza misurano solamente la variazione di forza nel tempo e tutte le altre grandezze sono calcolate o derivate utilizzando modelli matematici.

Metrica	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Min	Max	Media
Altezza (FT)	44.7 cm	45 cm	43.5 cm	43.5 cm	45 cm	44.4 cm
Altezza (IM)	41 cm	41.4 cm	41.1 cm	41 cm	41.4 cm	41.1 cm
Impulso	250.2 N·s	251.7 N·s	250.4 N·s	250.2 N·s	251.4 N·s	250.7 N·s
Potenza	5223 W	5172 W	5056 W	5056 W	5223 W	5150 W
P. Relativa	59 W/kg	58.4 W/kg	57.1 W/kg	57.1 W/kg	59 W/kg	58.1 W/kg

Tabella 2.7: CMJ. Altezza di salto calcolata utilizzando il tempo di volo (FT) e l'impulso-momento (IM), l'impulso, la potenza concentrica di picco e la potenza concentrica di picco relativa. Valore minimo (min), massimo (max) e media per tre tentativi (Rep 1-3). Dati raccolti con pedane di forza.

Metrica	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Min	Max	Media
Altezza (FT)	41.5 cm	39.8 cm	41.8 cm	39.8 cm	41.8 cm	41 cm
Altezza (IM)	37 cm	35.3 cm	38.3 cm	35.3 cm	38.3 cm	36.9 cm
Impulso	238.3 N·s	232.7 N·s	242.4 N·s	232.7 N·s	242.4 N·s	237.8 N·s
Potenza	4867 W	4843 W	5103 W	4843 W	5103 W	4937 W
P. Relativa	55 W/kg	54.8 W/kg	57.7 W/kg	54.8 W/kg	57.7 W/kg	55.8 W/kg

Tabella 2.8: SJ. Altezza di salto calcolata utilizzando il tempo di volo (FT) e l'impulso-momento (IM), l'impulso, la potenza concentrica di picco e la potenza concentrica di picco relativa. Valore minimo (min), massimo (max) e media per tre tentativi (Rep 1-3). Dati raccolti con pedane di forza.

L'uso delle pedane di forza non solo consente di calcolare in modo accurato l'altezza del salto, ma permette anche di stimare con altrettanta precisione i livelli di potenza espressi da un atleta durante la fase di stacco, riportandoli sia in valori assoluti che relativi.

## FORZA

La forza muscolare viene normalmente misurata attraverso test isometrici di tipo massimale. Rispetto a test massimali di tipo dinamico, come un test di forza massima dinamica (1RM), i test isometrici permettono di misurare in maniera più accurata e precisa i livelli di forza che un atleta è in grado di esprimere. In letteratura si parla spesso di massima contrazione volontaria isometrica o *maximum voluntary isometric contraction* (MVIC). Questi test tendono a essere eseguiti ad angoli articolari precisi che permettono di massimizzare il vantaggio meccanico, esprimendo così livelli di forza superiori alla media.

Il test isometrico più utilizzato in preparazione atletica è la **tirata isometrica da metà coscia** o *isometric mid-thigh pull* (IMTP), proposto dal dott. Michael Stone come alternativa a test di laboratorio più complessi, come i test di dinamometria o test isocinetici, normalmente usati in ambito riabilitativo. Questo test non è quindi da intendersi come un test specifico per sollevatori di pesi. I criteri per standardizzare l'esecuzione lo rendono facile da svolgere per qualsiasi atleta. Inoltre, essendo un test usato ormai da oltre trent'anni, è possibile trovare valori normativi affidabili.

È possibile trovare valori normativi anche per i livelli di forza massima dinamica (1RM) espressi in termini relativi al peso corpo dell'atleta. Si tratta, in questo caso, di valori normativi meno utilizzati in letteratura, ma pur sempre validi in ambito pratico. Sebbene sia possibile testare il massimale in esercizi diversi, in letteratura il test più comunemente utilizzato è l'**accosciata con bilanciere** o *barbell back squat* con un angolo di flessione al ginocchio pari o superiore a 90 gradi. Si tratta, in questo caso, di un test che ha dimostrato negli anni un grado di precisione e accuratezza superiore rispetto ad altri esercizi di pesistica tradizionale, oltre che un'alta ripetibilità (*test-retest reliability*).

**SPORT DI FORZA:** per queste discipline, un aumento dei livelli di forza muscolare è direttamente correlato a un miglioramento delle prestazioni sportive. Pertanto, l'allenamento della forza riveste un ruolo fondamentale.

TEST	BACK SQUAT (1RM)		PEAK ISOMETRIC FORCE (IMTP)	
	Assoluto	Relativo	Assoluto	Relativo
Uomo	170-225 kg	2.0-2.4	4,400-5,700 N	55-60 N/kg
Donna	120-160 kg	1.6-1.8	3,000-4.000 N	40-45 N/kg

Tabella 2.9: Valori di forza massima dinamica (1RM) e forza massima isometrica (IMTP) media per atleti di discipline di forza. I valori relativi vengono riportati in funzione del peso corporeo.

**SPORT DI RESISTENZA:** per queste discipline, un aumento dei livelli di forza muscolare non è direttamente correlato a un miglioramento delle prestazioni sportive. In questo caso, l'allenamento della forza riveste quindi un ruolo secondario.

TEST	BACK SQUAT (1RM)		PEAK ISOMETRIC FORCE (IMTP)	
	Assoluto	Relativo	Assoluto	Relativo
Uomo	65-110 kg	1.2-1.4	2,100-3.300 N	38-42 N/kg
Donna	40-65 kg	0.8-1.0	1,600-2,400 N	32-36 N/kg

Tabella 2.10: Valori di forza massima dinamica (1RM) e forza massima isometrica (IMTP) media per atleti di discipline di resistenza. I valori relativi vengono riportati in funzione del peso corporeo.

**SPORT DI SITUAZIONE:** per queste discipline, un aumento dei livelli di forza muscolare è comunque importante per migliorare le prestazioni sportive ma soprattutto contribuisce in maniera significativa a ridurre l'incidenza di infortuni.

TEST	BACK SQUAT (1RM)		PEAK ISOMETRIC FORCE (IMTP)	
	Assoluto	Relativo	Assoluto	Relativo
Uomo	120-180 kg	1.6-2.0	3,200-4,500 N	42-50 N/kg
Donna	80-130 kg	1.2-1.6	2,300-3,200 N	36-40 N/kg

Tabella 2.11: Valori di forza massima dinamica (1RM) e forza massima isometrica (IMTP) media per atleti di discipline miste. I valori relativi vengono riportati in funzione del peso corporeo.