



FEDERAZIONE ITALIANA
DI ATLETICA LEGGERA

Forza esplosiva

Meccanismi neuromuscolari ed allenamento

18/01/2022

Gennaro Boccia, PhD

Università di Torino

Gruppo di ricerca
funzione neuromuscolare

Percorso

- Cos'è e perchè è importante?
- Da cosa dipende?
- Come allenarla?



Percorso

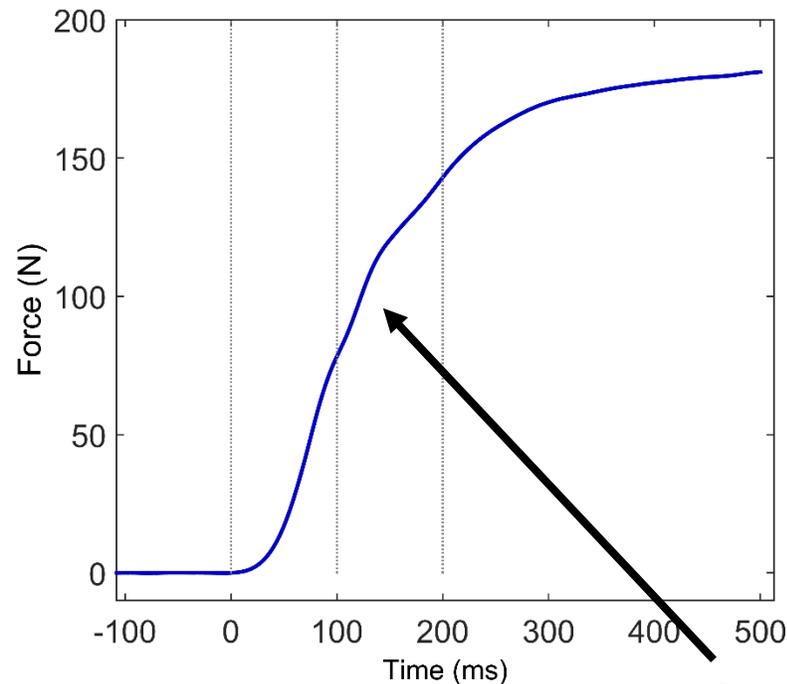
- **Cos'è e perchè è importante?**
- Da cosa dipende?
- Come allenarla?





La forza esplosiva si quantifica con il Tasso di sviluppo della forza (Rate of Force Development)

Quanta forza riesco ad esprimere in un breve tempo (es. 100ms)?



← Maximal force

Tempo per raggiungere la massima forza:

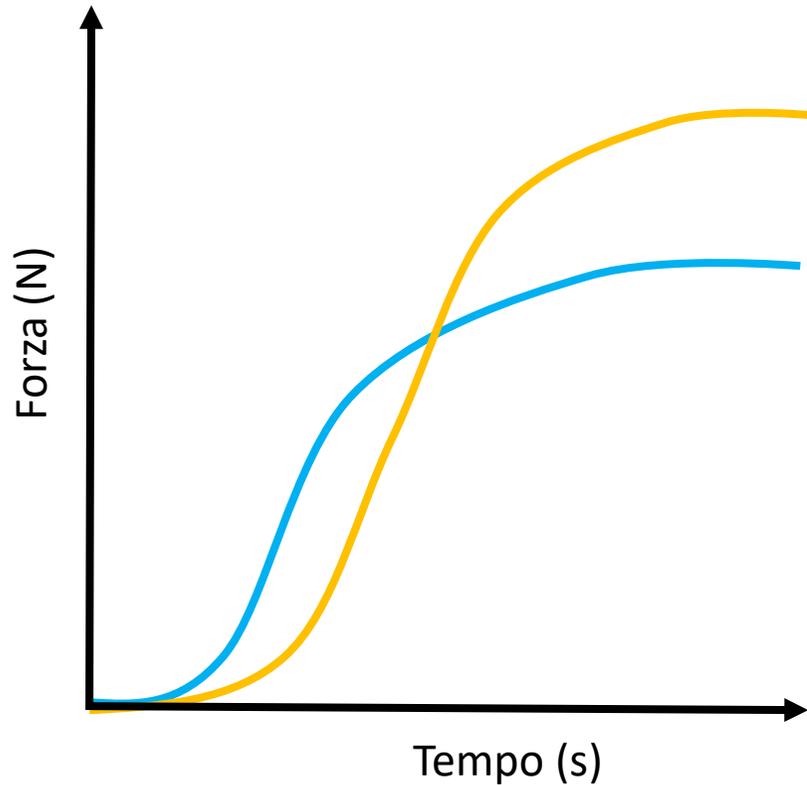
- 300 – 500 ms

Tempi di contrazione negli sport:

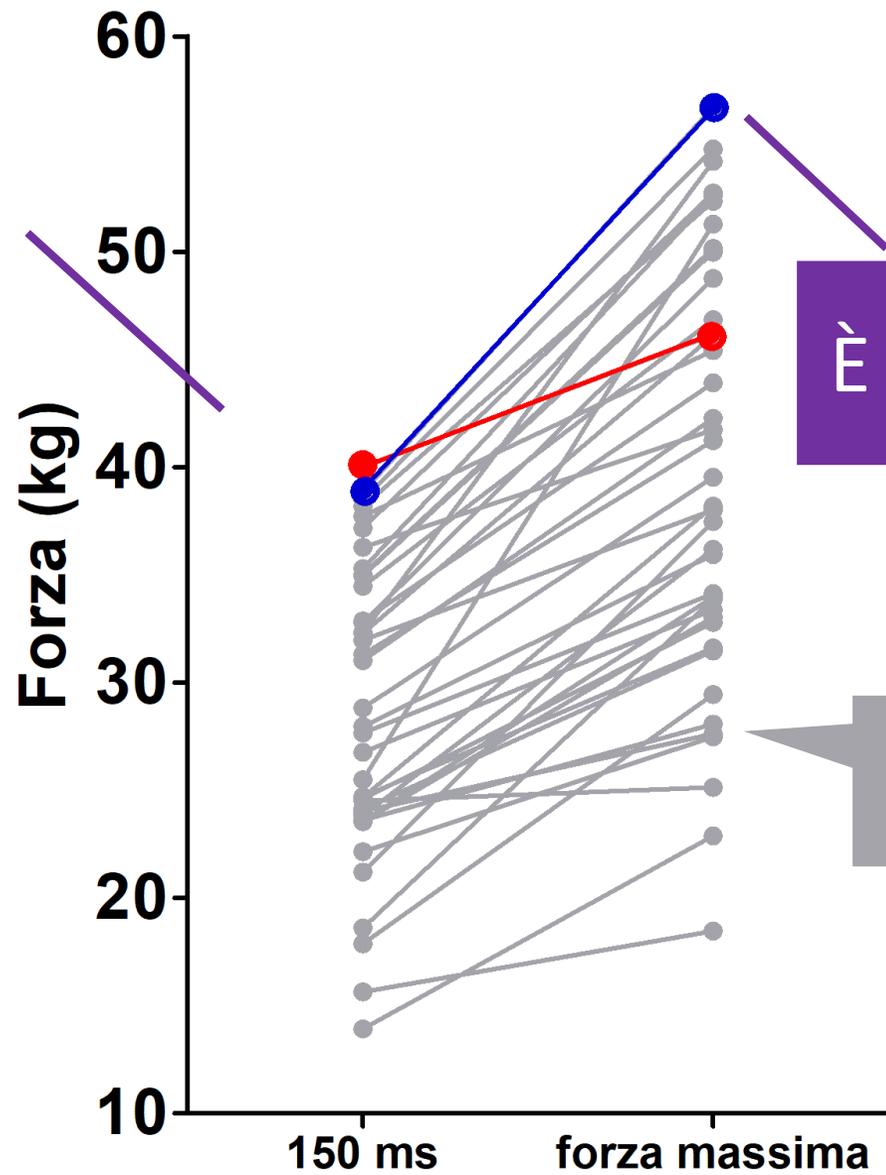
- Sprint: 90-100 ms
- Long jump: 130-140 ms
- Shot put: 180ms
- Endurance running: 250 ms
- Change of direction: 300 ms

Rate of Force Development

Il Rate of Force Development (RFD) è una funzione composita



% di forza espressa
nei primi 150 ms



È davvero il più forte?

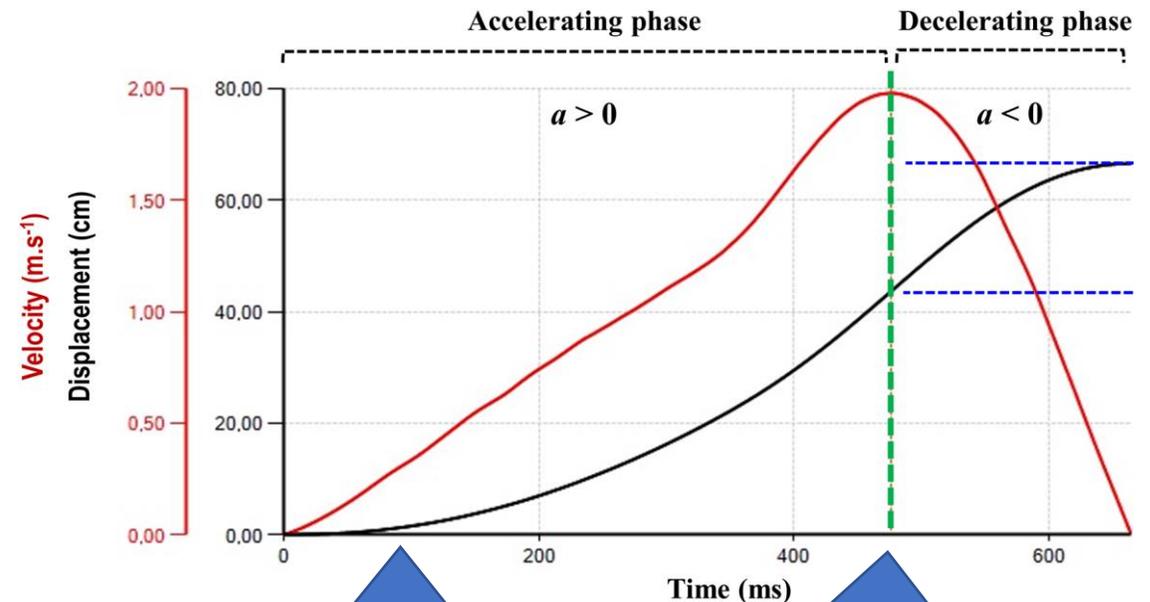
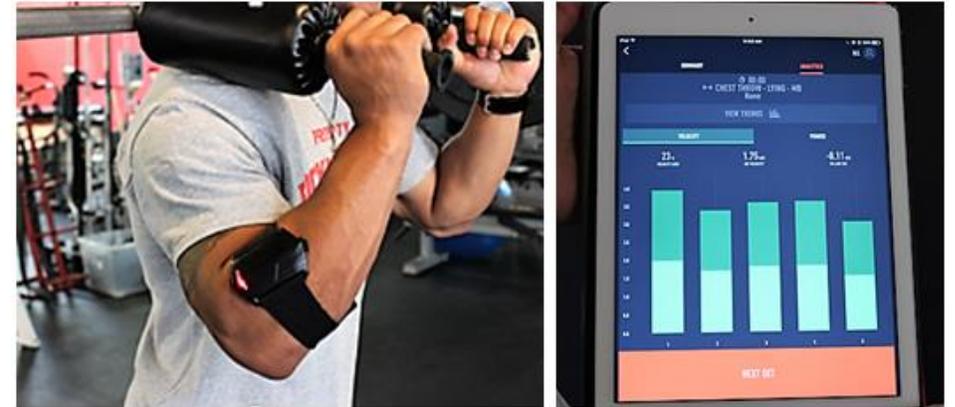
Ogni pallino è un soggetto

Il ruolo della forza esplosiva (che non è la potenza...)



Forza esplosiva vs Velocity Based Training

- La forza esplosiva (misurata nei primi 50 o 100 ms) è correlata alla velocità con si sposta il bilanciere (ed alla potenza espressa) ma **non sono la stessa cosa**
- La velocità che si misura nel Velocity Based Training avviene nella parte finale del movimento, quindi **come feedback per l'esplosività non è perfetto**

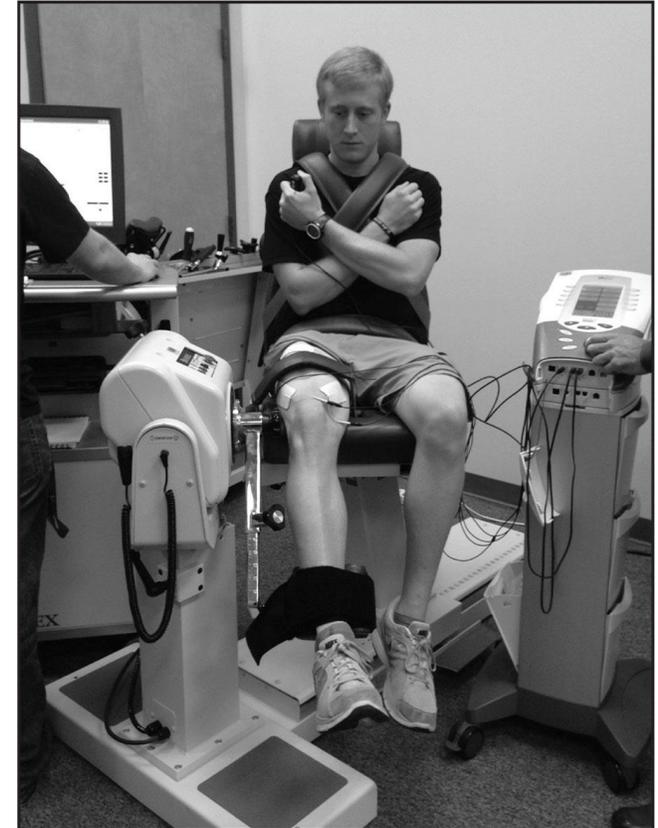


Forza in 100 ms

Picco di velocità
(≈500 ms)

Rate of force development e performance di potenza

Gli atleti di potenza (velocisti e saltatori) hanno il **100% in più di RFD** ma solo il **26% in più di massima forza** rispetto ad un gruppo di controllo



McLellan et al. **The role of rate of force development on vertical jump performance.** *J Strength Cond Res* 2011

West et al. **Relationships between force-time characteristics of the isometric midhigh pull and dynamic performance in professional rugby league players.** *J Strength Cond Res* 2011

Tillin et al. **Neuromuscular performance of explosive power athletes versus untrained individuals.** *Med Sci Sports Exerc.* 2010

Percorso

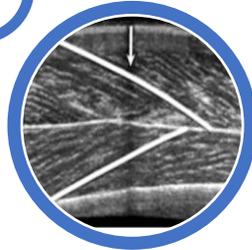
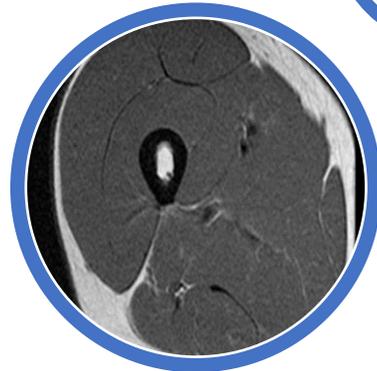
- Cos'è e perchè è importante?
- **Da cosa dipende?**
- Come allenarla?



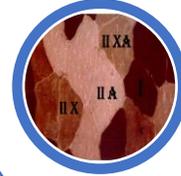
Determinanti della forza esplosiva

Il peso di questo determinanti è diverso da quello per la forza massima

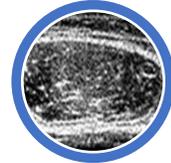
Dimensione muscolare



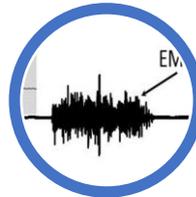
Architettura muscolare



Composizione fibre muscolari

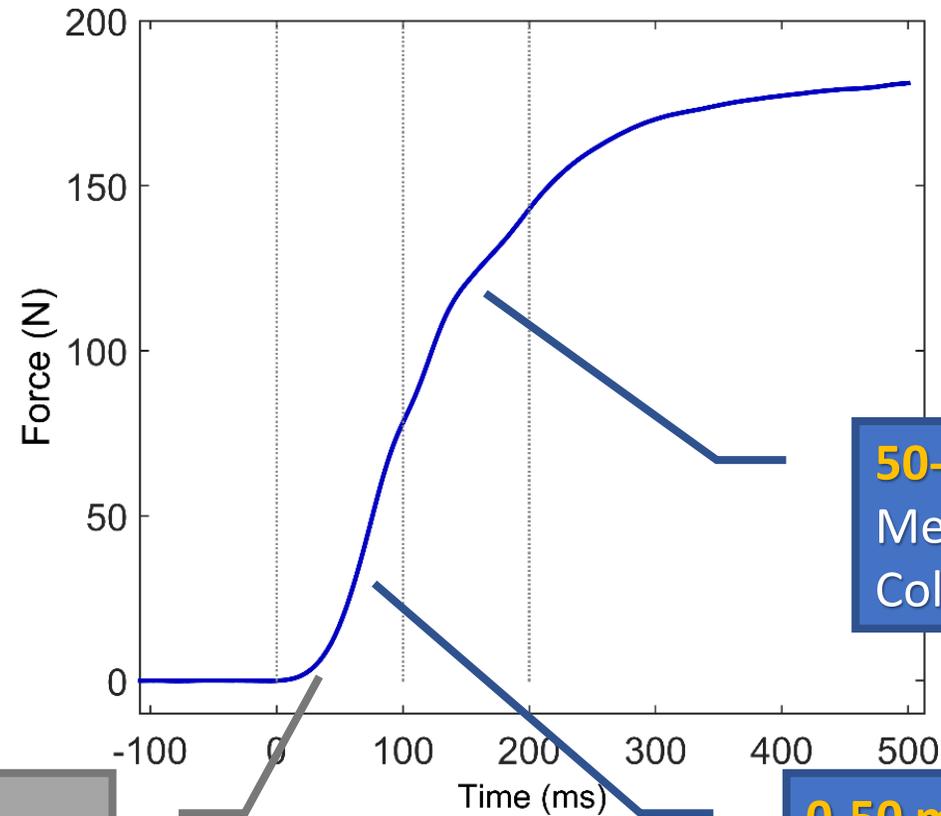


Proprietà meccaniche tendine



Attivazione neurale

Determinanti del RFD



0-50 ms

Stiffness muscolo-tendinea

0-50 ms

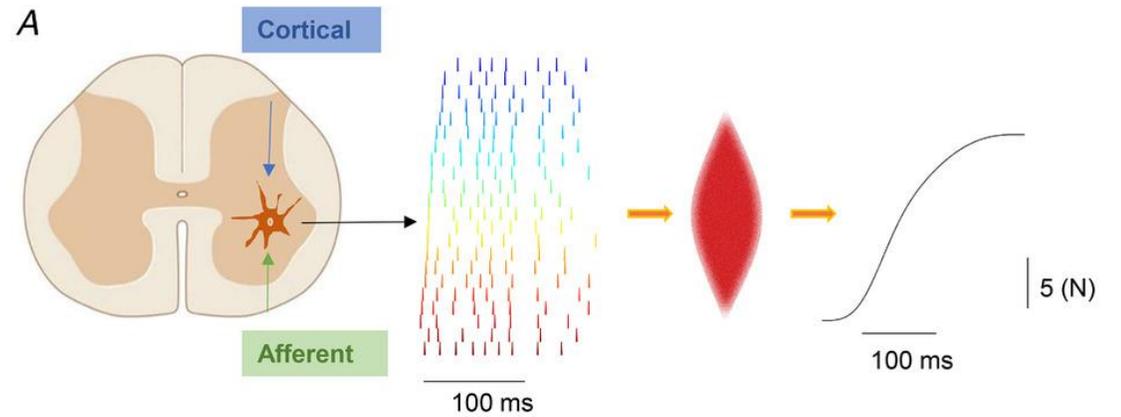
Meccanismi centrali (nervosi)
Indipendente dalla forza massima

50-150 ms

Meccanismi periferici (muscolo)
Collegato alla forza massima

Determinanti neurofisiologici del RFD

- 1. Frequenza di scarica nei primi 50 ms** (Tutte le unità motorie sono reclutate in quel tempo)
- 2. Velocità di reclutamento** (cioè quante unità motorie si è in grado di attivare in breve tempo)
- 3. Non è vero che si reclutano prima le unità motorie veloci**
 - Si reclutano «tutte insieme» in modo più casuale

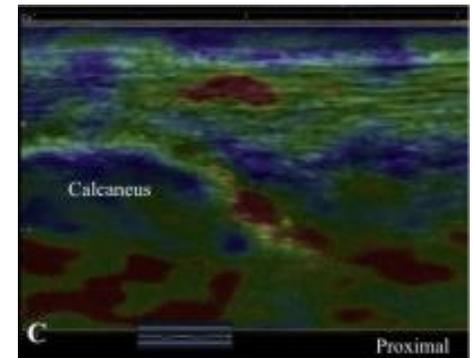
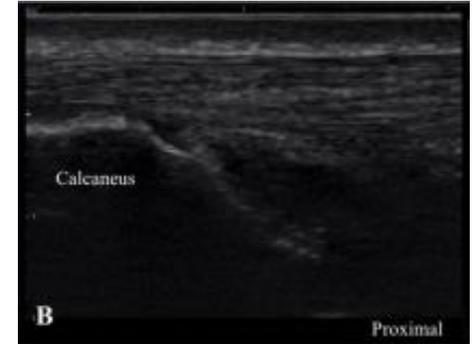


Del Vecchio et al. **You are as fast as your motor neurons: Speed of recruitment and maximal discharge of motor neurons determine the maximal rate of force development in humans**, *J Physiol* 2019

Dideriksen, J. L., Del Vecchio, A., & Farina, D. **Neural and muscular determinants of maximal rate of force development**. *J Neurophysiol* 2019

Il ruolo delle caratteristiche meccaniche del tendine e del connettivo

- La **stiffness tendinea** influenza positivamente la **forza esplosiva**
 - Ed è anche collegata al ritardo elettromeccanico
- **Un tendine più stiff** è migliore perché **trasmette meglio la forza**
- Tuttavia quando si rimuovo gli effetti della forza massima la stiffness tendinea non sembra più essere di per sè rilevante (Hannah 2015, Massey 2017)
 - Migliorare la forza massima fa aumentare la stiffness muscolo tendinea e l'RFD



Bojsen-Moller et al. **Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures.** J Appl Physiol 2005

Waugh et al. **Rapid force production in children and adults: mechanical and neural contributions.** Med Sci Sports Exerc 2013

Hannah R, Folland JP. **Muscle-tendon unit stiffness does not independently affect voluntary explosive force production or muscle intrinsic contractile properties.** Appl Physiol Nutr Metab. 2015

Massey et al. **The influence of patellar tendon and muscle-tendon unit stiffness on quadriceps explosive strength in man.** Exp Physiol. 2017

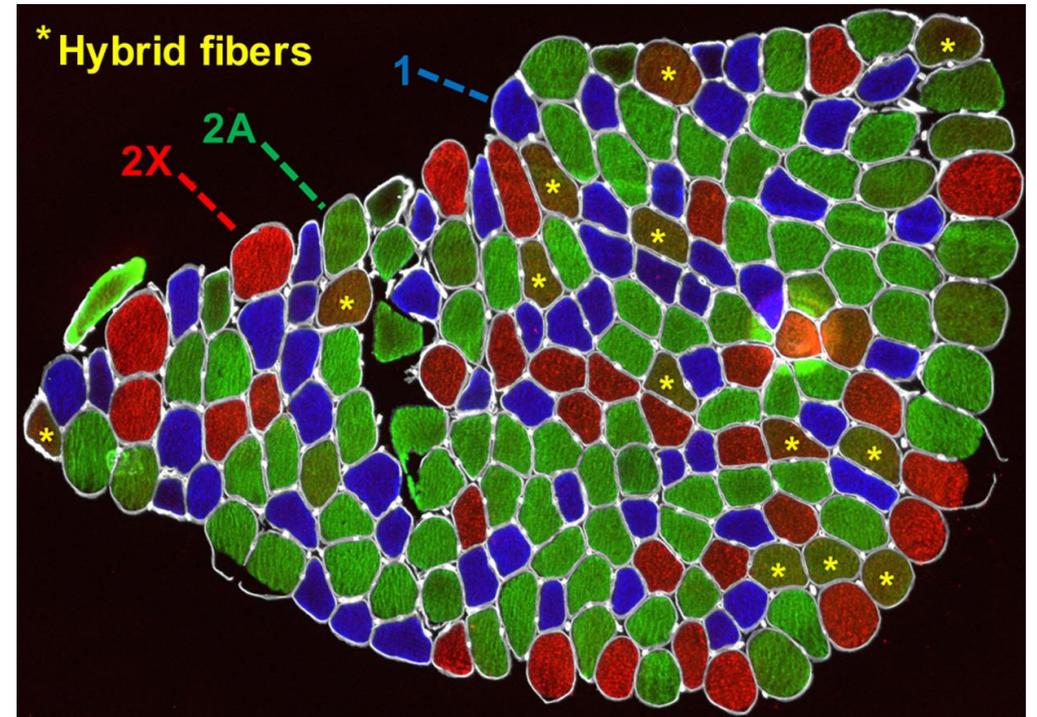
Carico meccanico per i tendini

- **Il tendine migliora la sua stiffness attraverso l'applicazione di carico meccanico**
 - Nel breve termine cambia il materiale, non la morfologia
 - Nel lungo termine (anni) cambia anche la morfologia
- **Carico meccanico per i tendini:**
 - **Carichi alti** > 70% massima forza
 - **Esecuzione lenta** e progressiva
 - Isometrico, eccentrico o concentrico



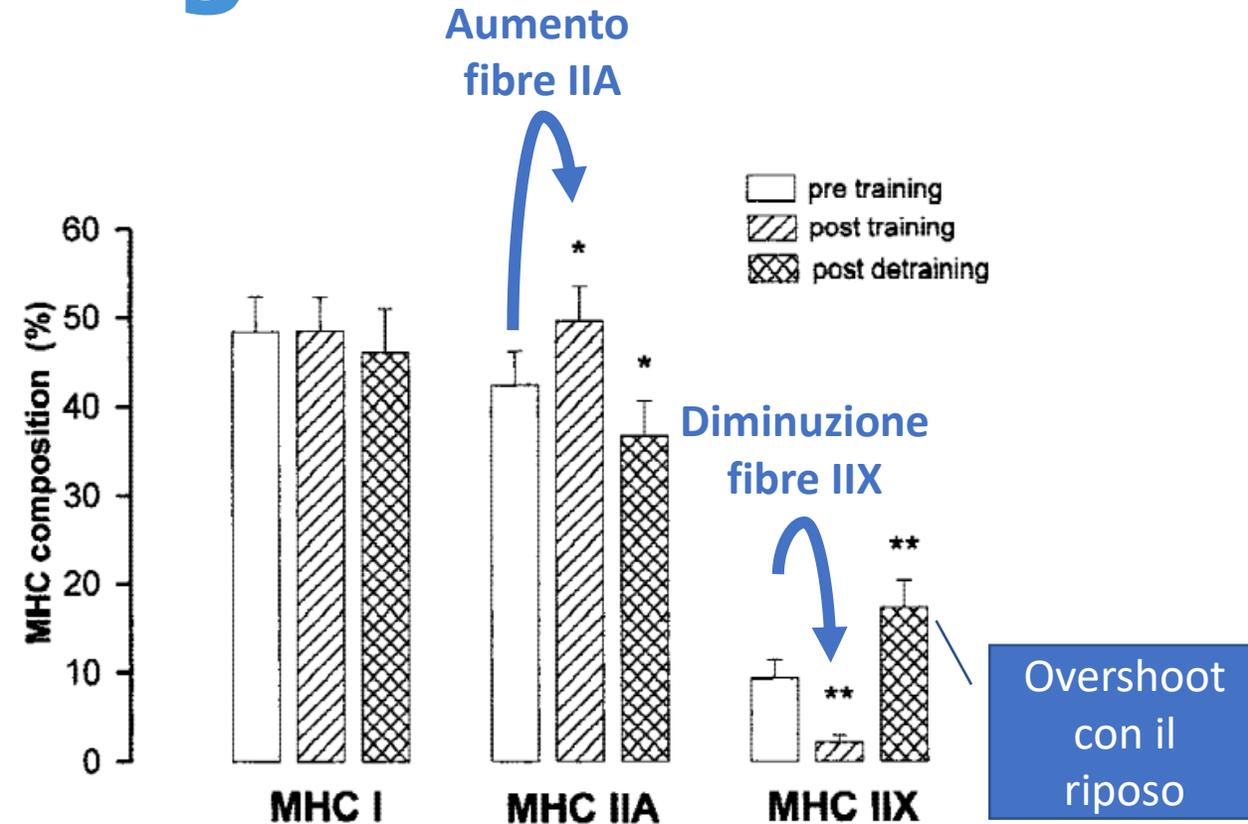
Tipologia di fibre muscolari

- La forza esplosiva (RFD) è molto **correlata con la percentuale di fibre IIX**
- È diverso dalla forza massima perché le **fibre IIX** non sono necessariamente più forti delle fibre I (hanno una simile forza specifica) sono però **4 volte più veloci**



Modifiche della tipologia di fibre

- Non ci deve stupire se l'esplosività non aumenta con l'inizio di un programma di allenamento della forza
- Le fibre IIX tendono a diminuire con l'allenamento con sovraccarichi (in favore delle fibre IIA)



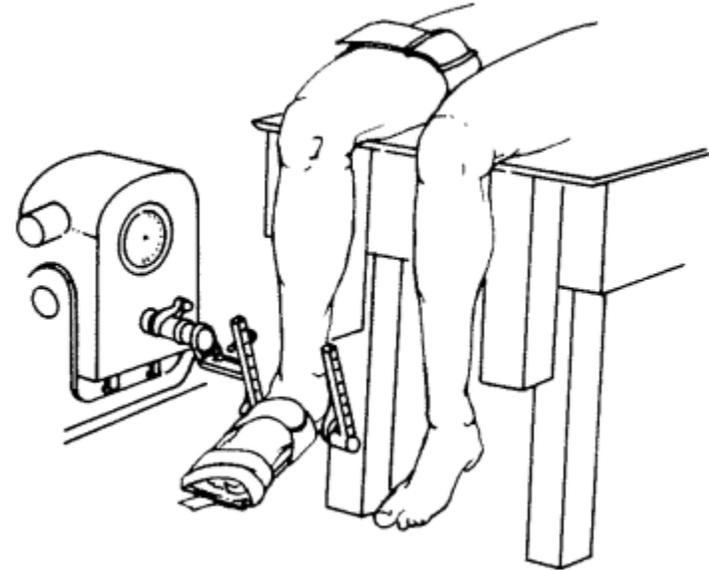
Percorso

- Cos'è e perchè è importante?
- Da cosa dipende?
- **Come allenarla?**

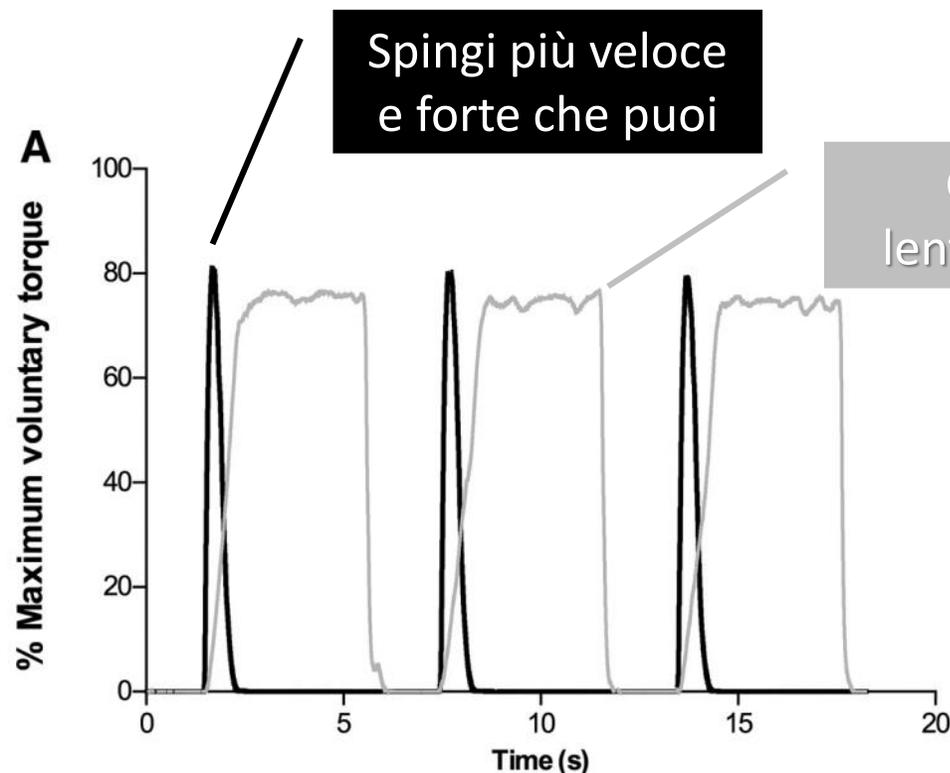


Intended rather than actual velocity

- 16 settimane di allenamento con l'intenzione di «**contrarre più veloce e forte possibile**»
 - Un arto: isometrico
 - L'altro arto: dinamico ($300^\circ/\text{s}$)
- Uguale miglioramento di forza esplosiva nei due arti!
- **La chiave è l'intenzione** di fare il movimento esplosivo, indipendentemente dalla velocità reale (può anche essere zero), la quale dipende dal carico utilizzato



Il miglioramento della forza nei primi 50 ms si ottiene solo con contrazioni esplosive



Spingi più veloce e forte che puoi

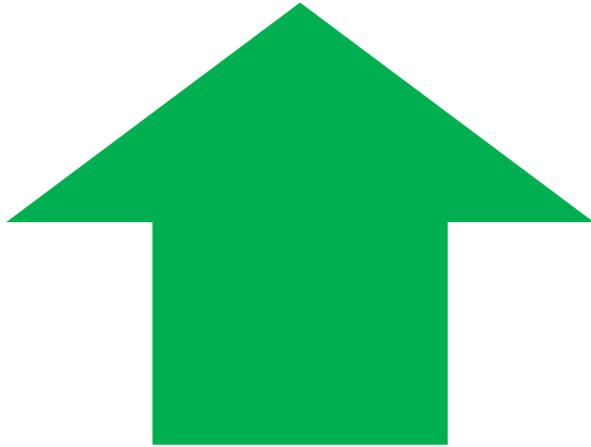
Contrazioni lente e sostenute

RFD	0-50ms	0-100ms	0-150ms
Esplosivo:	+34%	+17%	+18%
Sostenuto:	0%	+5%	+12%

12 settimane 3 sedute a settimana
4 x 10 ripetizioni recupero 2 minuti

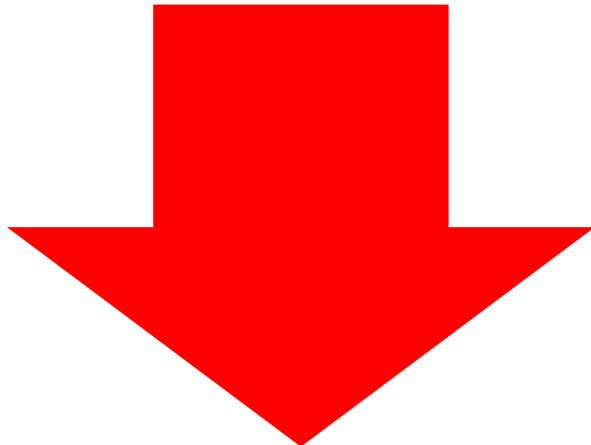
Le contrazioni lente e sostenute sono inadeguate ad allenare i primi 50 ms di contrazione muscolare

Le istruzioni verbali sono la chiave per il tasso di sviluppo della forza



«Più veloce e forte che puoi»

- Focalizzarsi sull'esplosività dell'*inizio* della contrazione



«Più forte e veloce che puoi»

- Non va bene, fa concentrare sulla forza, non sull'esplosività

Due modalità completamente diverse

Focus sui primi ms di contrazione



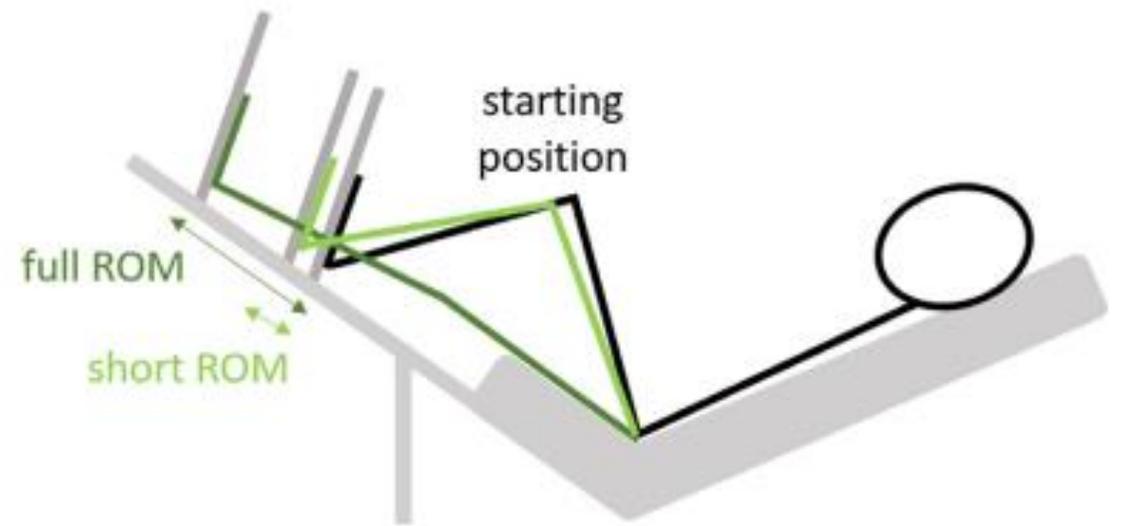
Focus sulla velocità finale di stacco



Usare un range di movimento breve

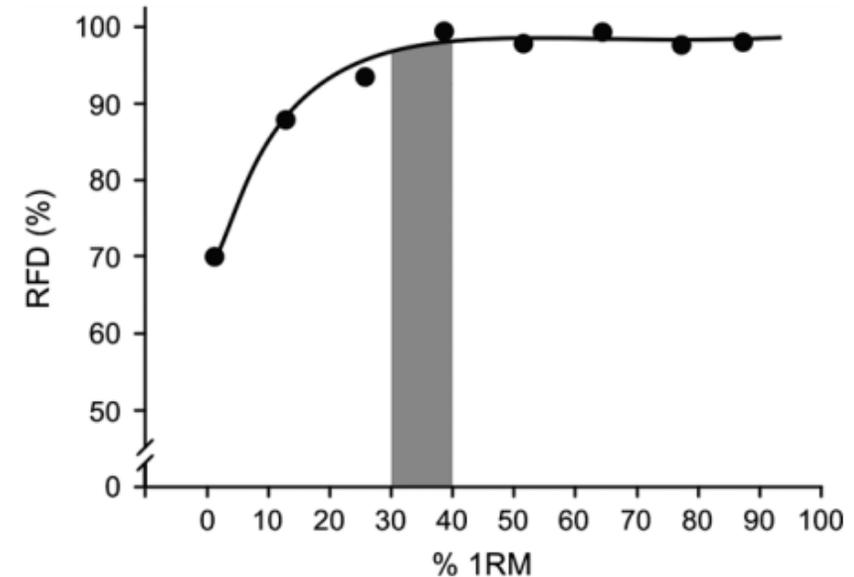
- L'esplosività all'inizio della contrazione è più importante del range di movimento utilizzato
- Usare un **range di movimento breve** permette di concentrarsi più sull'inizio della contrazione
 - Vantaggi in termini di RFD e anche forza dinamica a $60^\circ/s$

10 settimane: 3 x 8RM esplosive



Indicazioni per il tasso di sviluppo della forza

Per stimolare l'RFD nell'esercizio su panca piana bisogna utilizzare un carico almeno pari al **40% di 1RM**, con enfasi sulla velocità di movimento, altrimenti non si esprime abbastanza forza



Rodríguez-Rosell et al. Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle, *Clin Physiol Funct Imaging* 2017

Unhjem et al. External Resistance Is Imperative for Training-Induced Efferent Neural Drive Enhancement in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2021

Se non si esegue in modo esplosivo, meglio usare carichi alti e puntare alla forza massima

L'intensità è più importante del volume per migliorare l'early phase (<100ms)
4 x 5RM rec 3 minuti è meglio di
4 x 10RM rec 1 minuto



Non arrivare ad esaurimento

- Eseguire le serie ad esaurimento limita (talvolta totalmente) gli aumenti di **rate of force development**
 - Soprattutto in atleti ben allenati (Carroll 2018)
- Due spiegazioni:
 - Maggiore fatica neuromuscolare
 - Maggiore limitazione dello sviluppo delle fibre IIX (Carroll 2019)



Carroll et al. *Divergent Performance Outcomes Following Resistance Training Using Repetition Maximums or Relative Intensity*. Int J Sports Physiol Perform. 2018

Carroll et al. *Skeletal Muscle Fiber Adaptations Following Resistance Training Using Repetition Maximums or Relative Intensity*. Sports 2019

Allenare l'esplosività nell'esprimere forza

- La chiave è l'**intento di produrre rapidamente forza**, indipendentemente dall'entità carico:
 - Carichi bassi → velocità del carico alta
 - Carichi alti → velocità del carico bassa
 - Isometrico → velocità del carico nulla
- Migliora di più nel gesto specifico
 - Quanto meno il gesto è specifico, quanto più è indispensabile essere esplosivi
- Migliora di più nelle prime 6 settimane
 - Può essere una buona idea alternare periodi in cui ci si concentra su RFD con altri in cui ci si concentra su altro

Actual velocity vs.
Intended velocity

Vanno bene tutti

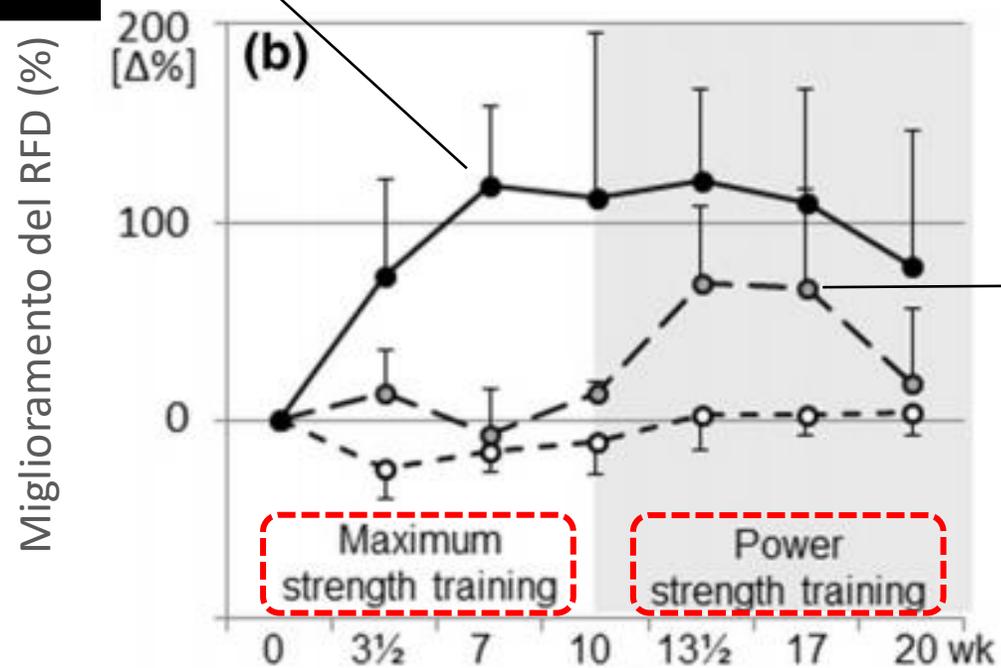
Ma allora alleniamo solo l'esplosività?

- Assolutamente no!
- **Chi ha un basso early RFD (<100ms)** migliora anche con contrazioni non esplosive Blazevich (2008)
- **Chi ha un poca forza massima** (squat < 1.6 del proprio peso corporeo) meglio che si concentri prima sulla forza massima (Cormie 2010)
- **Chi è più forte** ha una migliore stiffness muscolo tendinea (Massey 2017) la quale è molto correlata al RFD
- **Nei giovani: prima la forza e poi l'esplosività**



Anche per la forza esplosiva, le risposte sono molto individuali

Qualcuno migliora di più con l'allenamento di forza



Qualcun'altro migliora di più con l'allenamento di potenza

Le modalità sono diverse ma l'intenzione è una sola

Intenzione totalmente focalizzata ad esprimere forza nella prima fase della contrazione muscolare

- Allenamento balistico
- Allenamento con sovraccarichi con la massima intenzione di accelerare il carico
- Allenamento sensomotorio con l'obiettivo di aumentare la stabilizzazione del tronco (core) in situazioni sport-specifiche

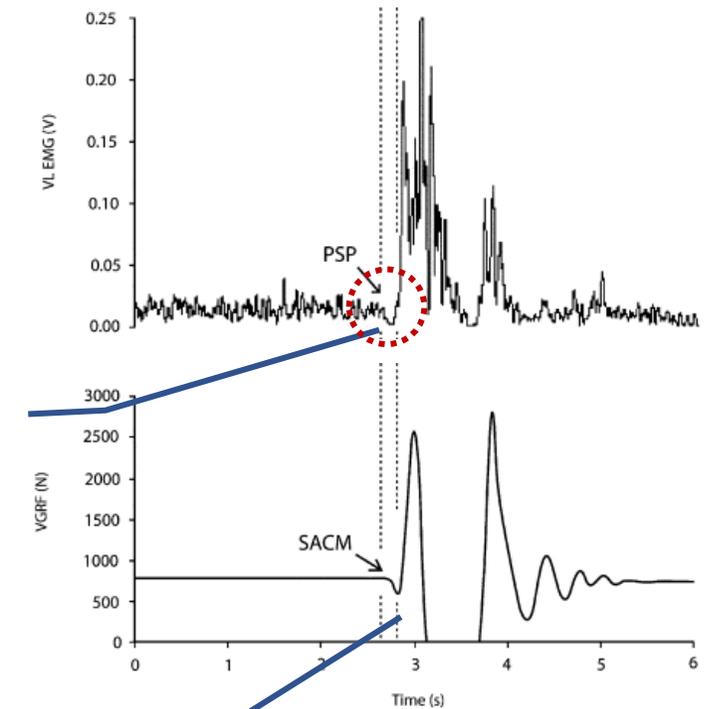


Influenza dello stato di preattivazione



L'esplosività della contrazione **diminuisce** se si parte da uno stato di pre-attivazione. Questi effetti negativi si attenuano se si esegue (volontariamente o meno) un **breve periodo *silent period***

L'effetto che vediamo è un **piccolo contro-movimento**



Pre-attivazione

Riposo

Pre-rilassamento

Contrazione
antagonista



Esplosività della contrazione (fase iniziale)

Van Cutsem and Duchateau, **Preceding muscle activity influences motor unit discharge and rate of torque development during ballistic contractions in humans.** *J Physiol* 2005

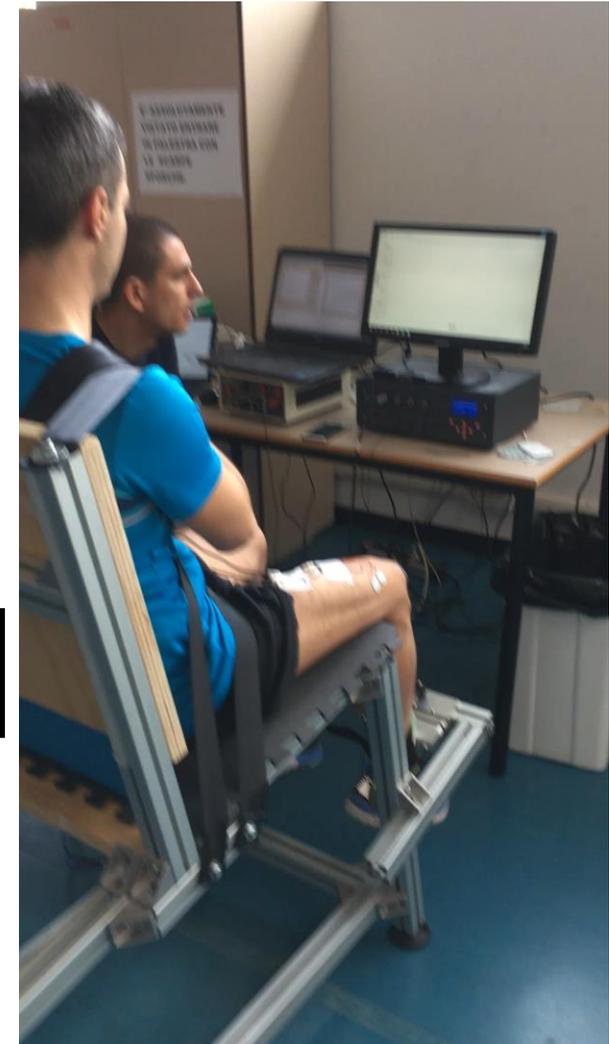
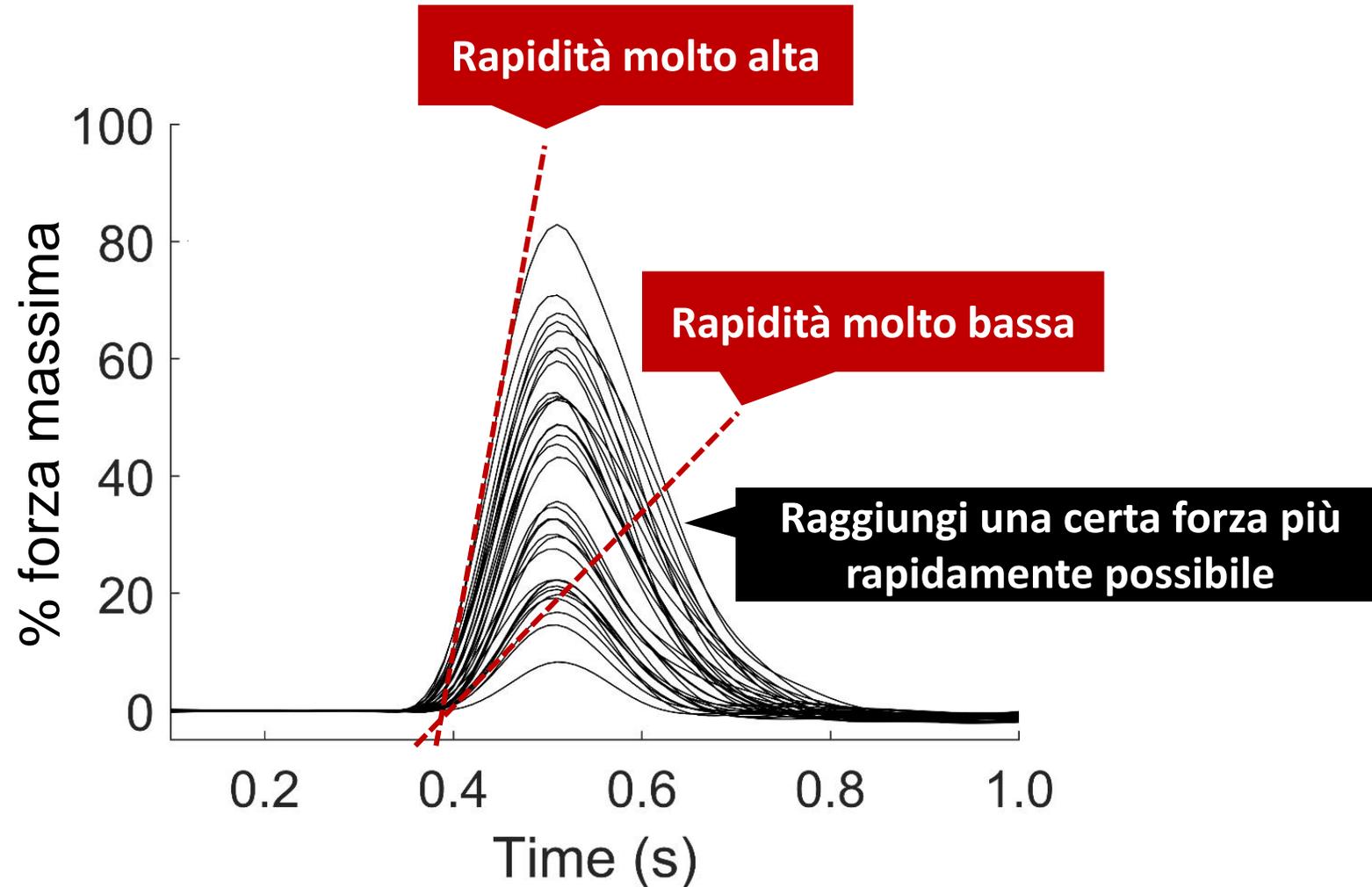
Richartz et al. **Initial conditions influence the characteristics of ballistic contractions in the ankle dorsiflexors,** *Eur J Appl Physiol*, 2010

Perché gli esercizi di *rapidità* non sono sufficienti per stimolare l'esplosività?

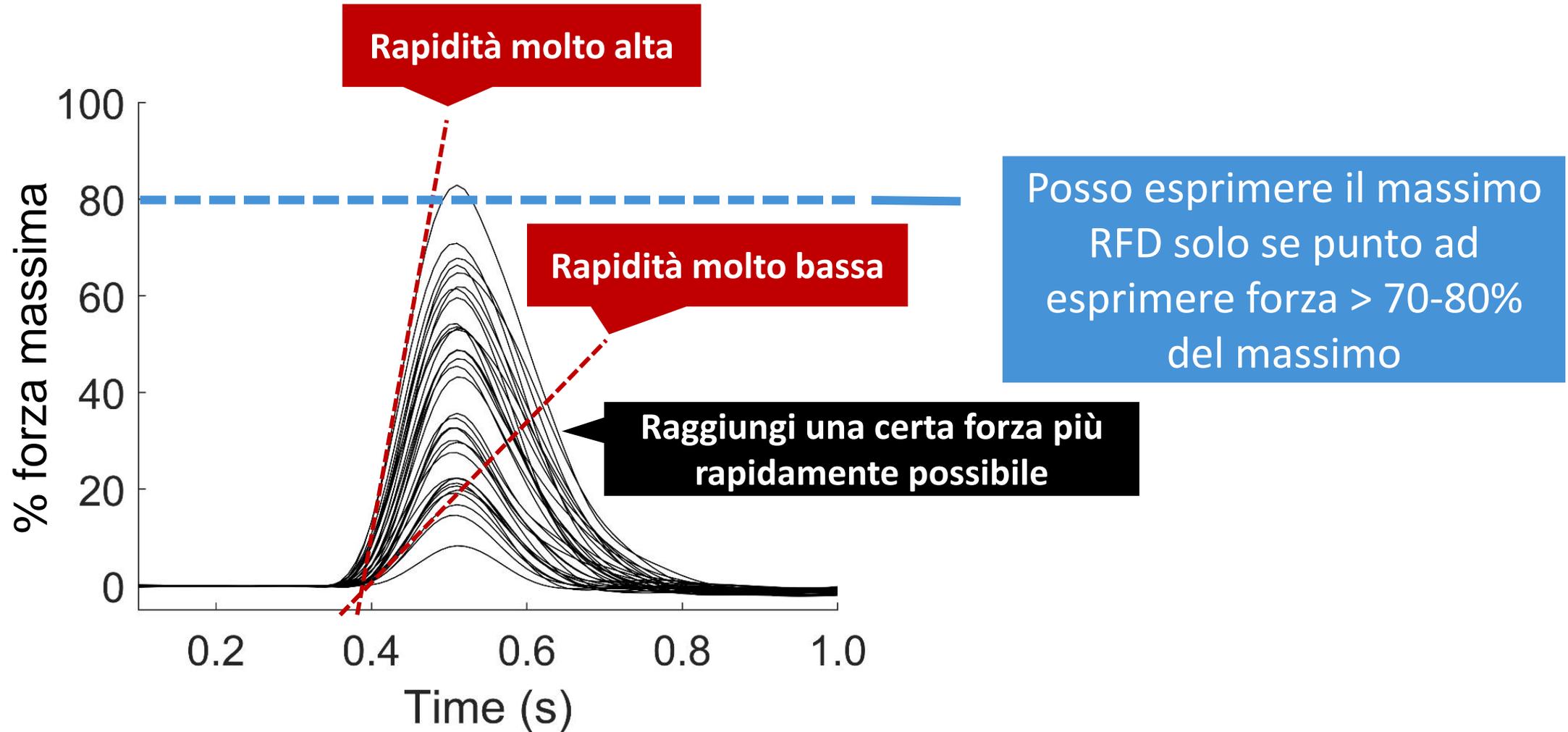


Perché si cerca di raggiungere forze troppo basse (giusto quelle necessarie per appoggiare il piede a terra), ma questo non basta...

Cercare di raggiungere rapidamente forze basse non è sufficiente!



Cercare di raggiungere rapidamente forze basse non è sufficiente!



Riassunto

1. Necessità di allenare **specificatamente contrazioni esplosive**, anche in fase di *return to sport*
2. I **determinanti neuromuscolari** dell'esplosività sono diversi da quelli della forza massima
3. I classici allenamenti di forza non sono adeguati a stimolare **l'esplosività nei primi 50 ms**
4. L'importante è l'**intenzione** di contrarre «più veloce e più forte» possibile
5. Allenare RFD in tutte le **modalità di contrazione**: *isometrico, eccentrico, concentrico*
6. **Non arrivare ad esaurimento** nelle serie
7. Chi ha una **forza massima molto bassa**, cominci con migliorare quella
8. **Range di movimento ridotti** per concentrarsi sulla prima fase di contrazione
9. Lo stato di **attivazione precedente** la fase esplosiva influenza la rapidità di contrazione
10. Fare esercizi di «rapidità di piedi» non basta



FEDERAZIONE ITALIANA
DI ATLETICA LEGGERA

Forza esplosiva

Meccanismi neuromuscolari e allenamento del *rate of force development*

GRAZIE

Gennaro Boccia, PhD

gennaro.boccia@unito.it

sport.science.seminars

s-info.it