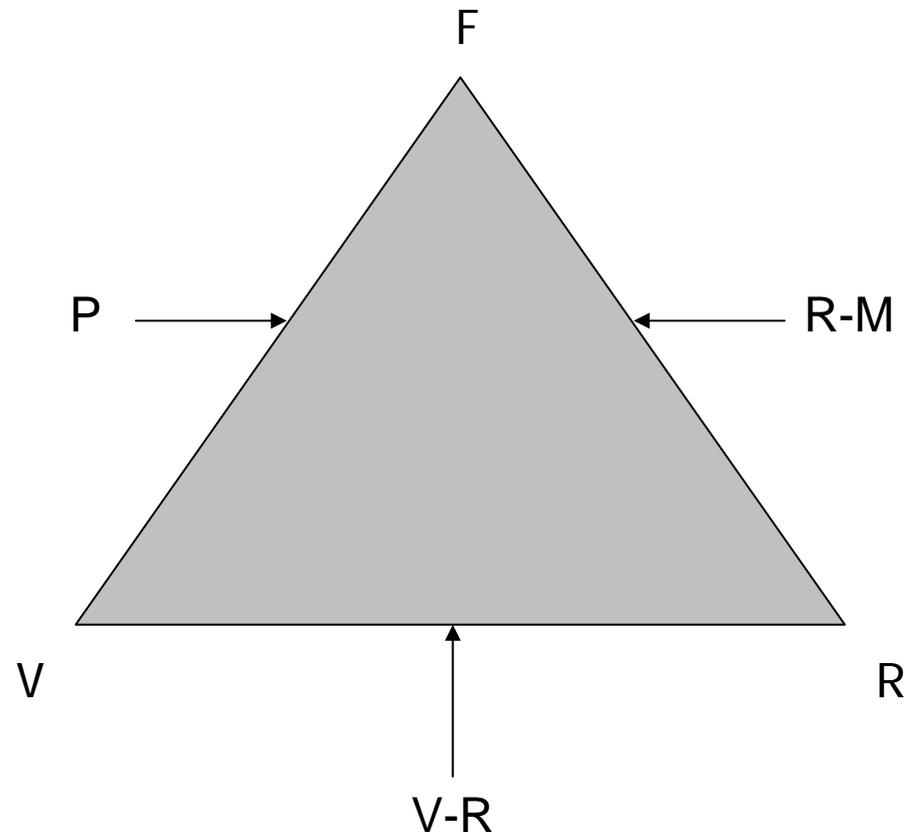
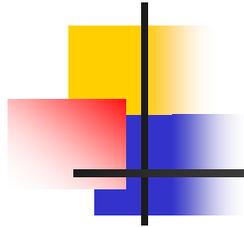


www.fisiokinesiterapia.biz

Biomeccanica

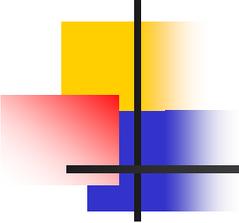




Biomeccanica

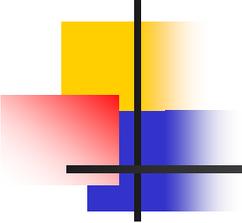
Bio + meccanica

Applicazione della meccanica allo studio
dei sistemi biologici



Meccanica

studio del moto ed equilibrio
di un sistema soggetto a
forze.



Meccanica

cinematica + dinamica

- Cinematica: ramo della meccanica che si occupa di descrivere il moto degli oggetti senza porsi il problema di trovare le cause che lo determinano
- Dinamica: ramo della meccanica che si occupa dello studio del moto dei corpi e delle sue cause cioè delle circostanze che lo determinano e lo modificano



Variabili cinematiche

- Velocità media: $V_m = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$
- Velocità istantanea: $V_i = \frac{S_i}{t_i}$
- Accelerazione media: $a_m = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$
- Accelerazione istantanea: $a_i = \frac{V_i}{t_i}$



Leggi della dinamica

- Legge 1 – legge di inerzia di Galilei

Ciascun corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, salvo che sia costretto a mutare quello stato da forze esterne



Leggi della dinamica

- Legge II – Legge di Newton

- Il cambiamento di moto è proporzionale alla forza risultante motrice impressa, ed avviene lungo la linea retta secondo la quale la forza è stata impressa
- l'accelerazione di un corpo è proporzionale alla forza risultante esercitata sul corpo stesso

$$a \propto F$$

Costante di proporzionalità = m = proprietà intrinseca del corpo, indice della sua inerzia:

$$F = m \cdot a$$

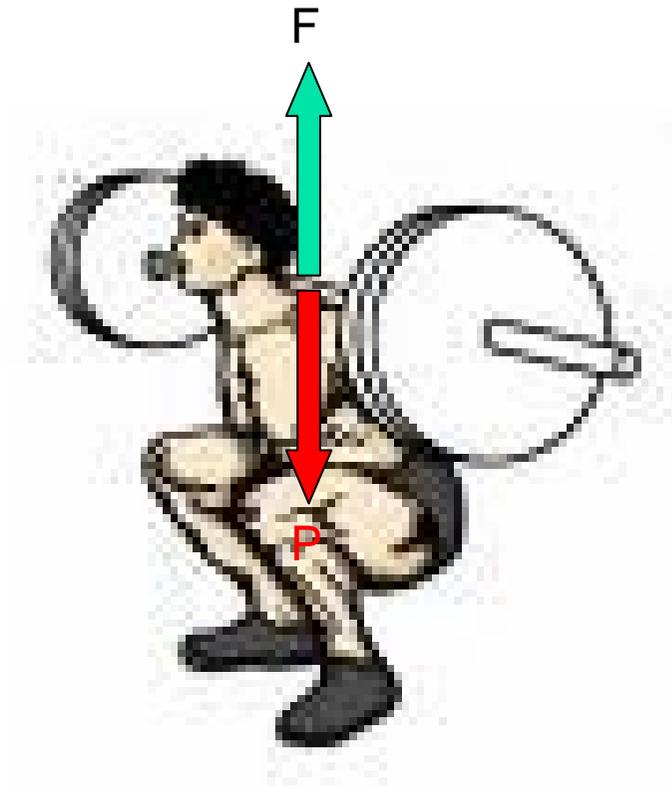


Leggi delle dinamica

- Legge III – Principio di azione e reazione

Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria

Esempio di applicazione delle leggi della dinamica



$$P = m \times g$$

- Se $F=P$ contrazione isometrica

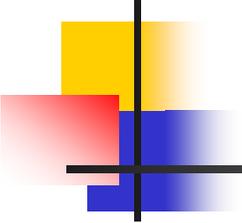
$$\Rightarrow F = m \times g$$

- Se $F>P$ contrazione concentrica

$$\Rightarrow F = (m \times g) + (m \times a)$$

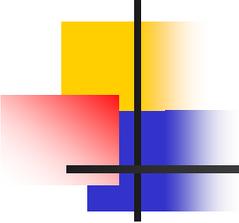
- Se $F<P$ contrazione eccentrica

$$\Rightarrow F = (m \times g) - (m \times a)$$



Biologia

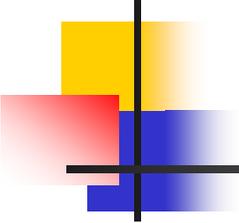
scienza che studia le
caratteristiche degli organismi
viventi nei loro diversi aspetti
(morfologico, fisiologico,
anatomico, etc...)



Biologia

La forza muscolare

- “La forza muscolare si può definire come la capacità che i componenti intimi della materia muscolare hanno di contrarsi, in pratica di accorciarsi”. (VITTORI)
- “La forza è la capacità del muscolo scheletrico di produrre tensione nelle varie manifestazioni”. (VERCHOSANSKIJ)
- “Si può definire la forza dell’uomo come la sua capacità di vincere una resistenza esterna o di opporvisi con un impegno muscolare”. (ZACIORRSKIJ)



La forza muscolare

Quali sono le caratteristiche del corpo umano che influenzano la produzione di forza?

- Caratteristiche immutabili:

1. Tipo di fibre muscolari
2. Angolo di pennazione
3. Punto di inserzione dei tendini
4. Caratteristiche cinematiche delle articolazioni

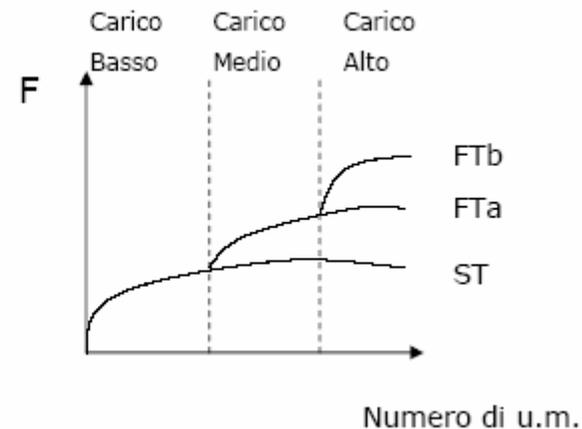
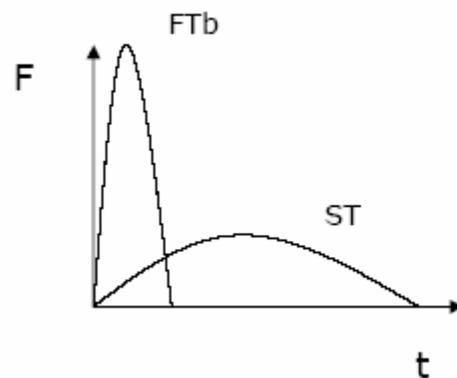
- Caratteristiche migliorabili:

1. Sezione trasversa del muscolo (ipertrofia)
2. Reclutamento delle fibre
3. Coordinazione intra ed intermuscolari
4. Fattori legati allo stiramento

Caratteristiche immutabili

1. Tipo di fibre muscolari

- Tipo I (rosse o Slow Twitch)
- Tipo IIa (intermedie)
- Tipo IIb (bianche o Fast Twitch)



Caratteristiche immutabili

2. Angolo di pennazione

Effetto dell'angolo di pennazione:

- A. le fibre parallele trasmettono tutta la loro capacità contrattile al tendine; quelle pennate invece ne trasmettono solo una parte. Un angolo di 30° trasmette al tendine circa il 90% della tensione esercitata dalle fibre ($\cos(30^\circ)=0,87$).
- B. anche se ho una perdita del potere contrattile delle fibre, la pennazione permette di compattare un gran numero di fibre in un'area trasversale minore.

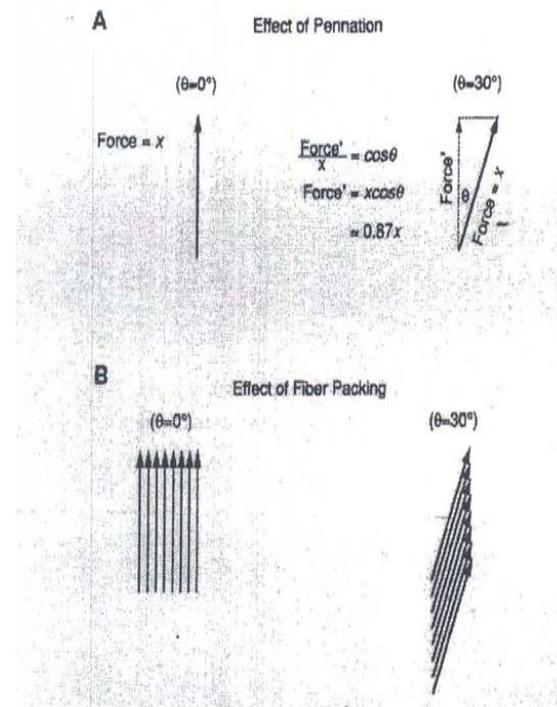
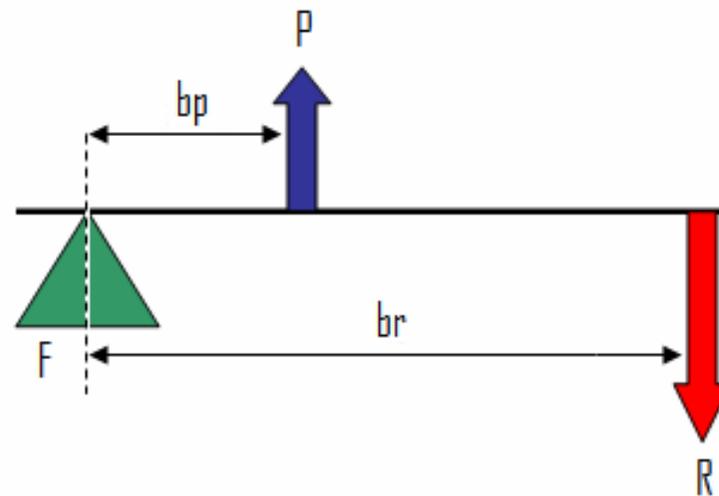
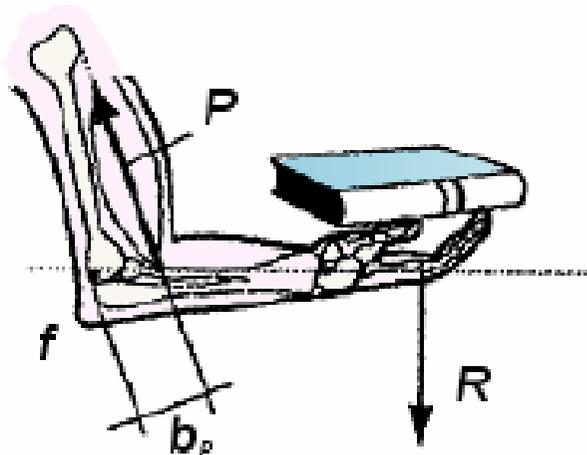


Figura 4
Effetto dell'angolo di pennazione:
A: Le fibre parallele trasmettono tutta la loro capacità contrattile al tendine; quelle pennate invece ne trasmettono solo una parte. Un angolo di 30° trasmette al tendine circa il 90% della tensione esercitata dalle fibre ($\cos(30^\circ)=0,87$).
B: Anche se ho una perdita del potere contrattile delle fibre, la pennazione permette di compattare un gran numero di fibre in un'area trasversale minore.

Caratteristiche immutabili

3. Punto di inserzione dei tendini



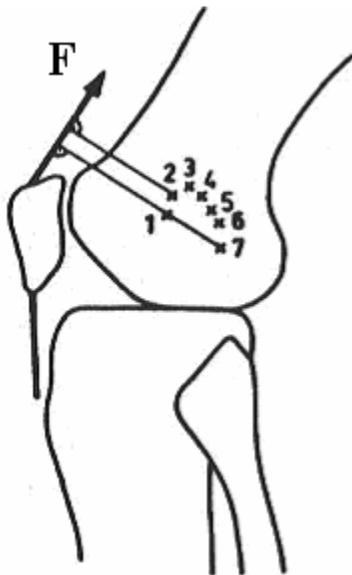
$$P = \frac{b_r}{b_p} \times R$$

$$\left. \begin{array}{l} b_r = 10 \\ b_p = 5 \end{array} \right\} \Rightarrow P = 2 R$$
$$\left. \begin{array}{l} b_r = 10 \\ b_p = 2 \end{array} \right\} \Rightarrow P = 5 R$$

Caratteristiche immutabili

4. Caratteristiche cinematiche delle articolazioni

- la posizione del centro di istantanea rotazione (CIR) varia al variare dell'angolo articolare e quindi varia il braccio di leva corrispondente al momento articolare prodotto da un determinato muscolo



Posizion e del CIR	α (gradi)	b (cm)
1	180	2,5
2	165	3,4
3	150	3,9
4	135	4,1
5	120	4,0
6	105	3,6
7	90	2,5

b = braccio di leva

È la distanza tra il CIR e la linea d'azione della forza prodotta da un determinato muscolo

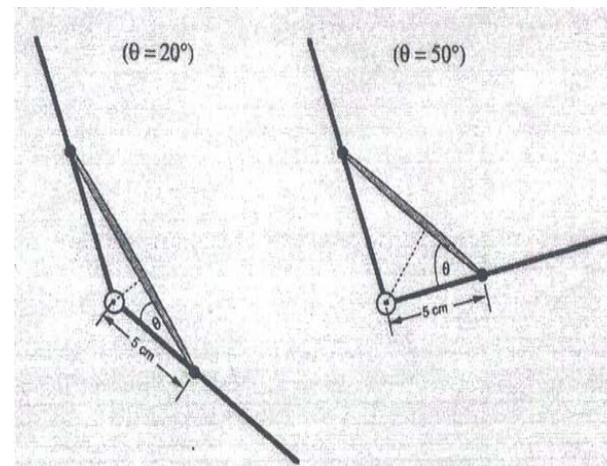
Caratteristiche immutabili

4. Caratteristiche cinematiche delle articolazioni

- Il braccio di leva cambia al variare dell'angolo articolare

a) l'articolazione è in estensione quasi completa; il braccio risulta piccolo (1,7 cm) ed il muscolo lavora in condizioni meccaniche sfavorevoli; la maggior parte della forza muscolare provocherà una compressione dell'articolazione piuttosto che una rotazione relativa.

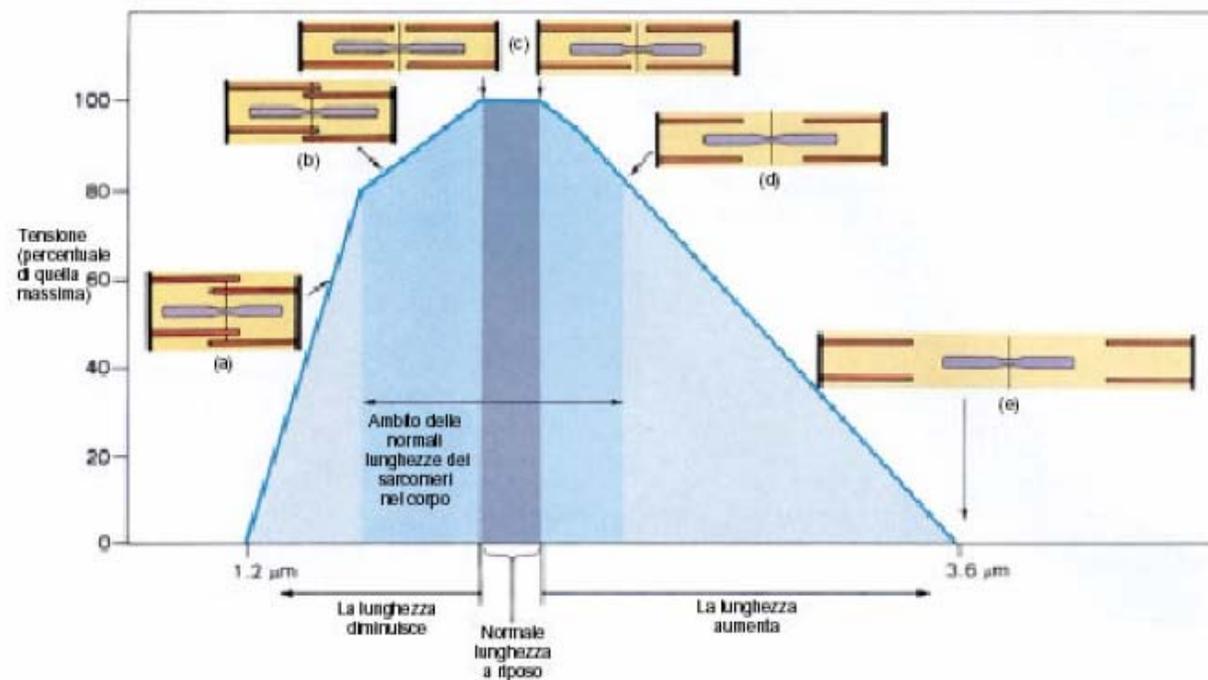
b) il braccio di leva è aumentato considerevolmente (4,3 cm); la forza muscolare è tradotta quasi interamente in rotazione



Caratteristiche immutabili

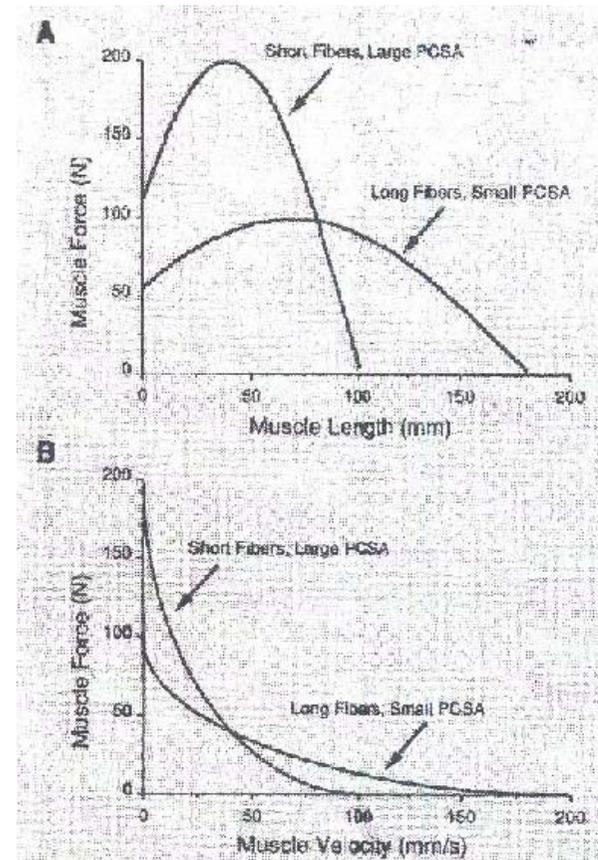
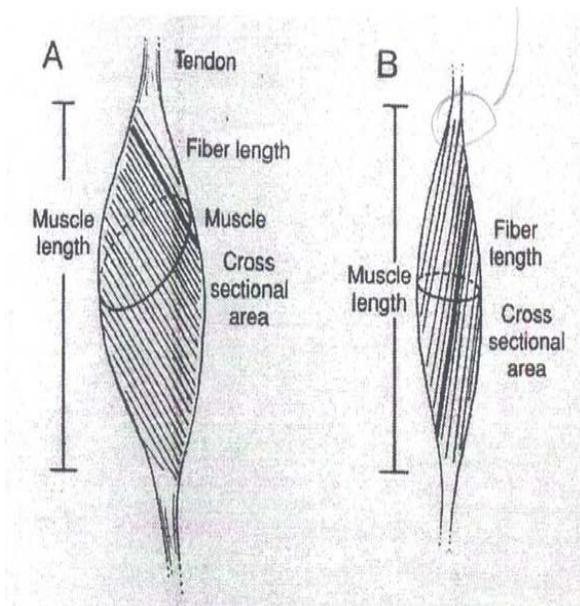
4. Caratteristiche cinematiche delle articolazioni

- L'angolo articolare influenza la lunghezza del sarcomero e quindi il numero di ponti actomiosinici in presa



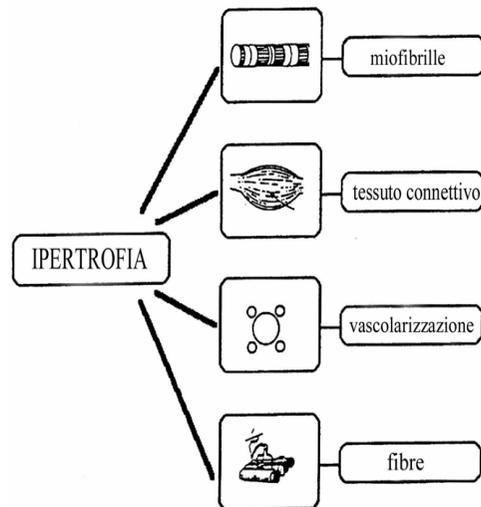
Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

1. Sezione trasversale del muscolo (ipertrofia)

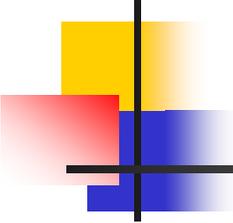


Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

■ Le cause dell'ipertrofia (da: Cometti)



- Aumento delle miofibrille
- Sviluppo degli involucri muscolari (tessuto connettivo)
- Aumento della vascolarizzazione
- Aumento del numero di fibre (iperplasia). Argomento questo ancora molto discusso e criticato da diversi ricercatori, perciò da non prendere in considerazione



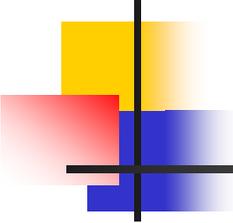
Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

2. Reclutamento delle fibre muscolari

a. Reclutamento e frequenza

La graduazione della forza sviluppata dipende dalla possibilità di variare la frequenza di stimolazione delle unità neuromotorie e dalla possibilità di variare il numero delle unità neuromotorie stimulate. Il meccanismo che regola il numero di unità motorie da reclutare per sviluppare tensioni diverse viene definito reclutamento.

Un soggetto sedentario normalmente recluta solo il 30-50% delle unità a disposizione, dopo alcune settimane di lavoro il soggetto è in grado di esprimere più forza grazie ad un maggior reclutamento di unità motorie, mentre con il proseguire del tempo la causa del miglioramento di forza diventa l'ipertrofia.

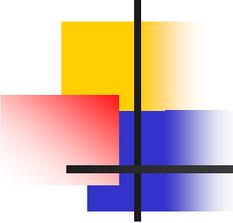


Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

2. Reclutamento delle fibre muscolari

b. sincronizzazione

La sincronizzazione si può definire come la capacità di reclutare tutte le fibre nello stesso istante. Quindi la sincronizzazione ci porta ad un ulteriore miglioramento della forza e soprattutto al miglioramento della forza esplosiva. Secondo Sale (1988) la sincronizzazione delle unità motorie non porta ad un aumento della forza massima ma ad una capacità di sviluppare forza in tempi più brevi.



Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

2. Reclutamento delle fibre muscolari

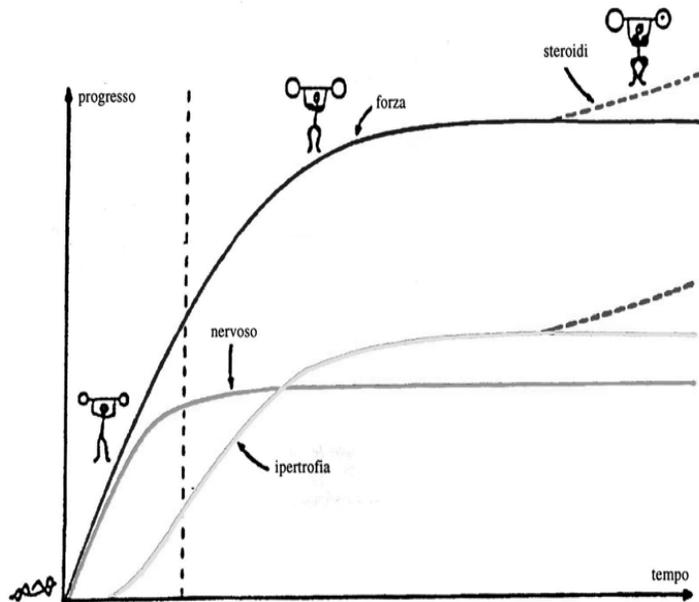
c. Efficienza neuromuscolare

L'incremento di forza che un muscolo ottiene dopo un periodo di allenamento, è dovuto a adattamenti e modificazioni sia della parte miogena sia della parte neurale.

Questi miglioramenti portano ad un diverso rapporto tra forza sviluppata ed attività elettrica prodotta dal sistema nervoso centrale (EMG/Forza).

Una decremento di questo rapporto dovuta ad un riduzione dell'attività elettrica ed un aumento della forza evidenzia un fenomeno definito da Bosco efficienza neuromuscolare.

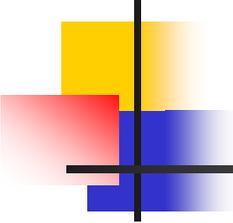
Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)



Rappresentazione dei relativi ruoli di adattamento neurale e morfologico all'allenamento di forza massimale. Nella prima fase di allenamento si nota una fase predominante di adattamento neurale.

Questa fase è stata studiata nella maggior parte delle ricerche pubblicate nella letteratura internazionale.

Lavori sperimentali che sono stati protratti per lungo tempo mostrano un successivo adattamento miogeno e la relativa ipertrofia (modificato da: Sale, 1988)

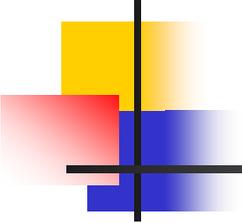


Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

3. Coordinazione intra ed intermuscolare

Molti studi dimostrano che il miglioramento della forza è specifico, cioè un progresso ottenuto in un determinato esercizio, ad esempio lo squat, non è sempre accompagnato da un miglioramento della forza in un altro esercizio. Ciò significa che incrementi di forza in parte sono dovuti alla coordinazione di quei muscoli che intervengono e che sono specifici per quel determinato esercizio.

Si presenta la necessità di inserire esercizi di forza speciale e specifica per ogni determinata disciplina sportiva.



Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

4. Fattori legati allo stiramento

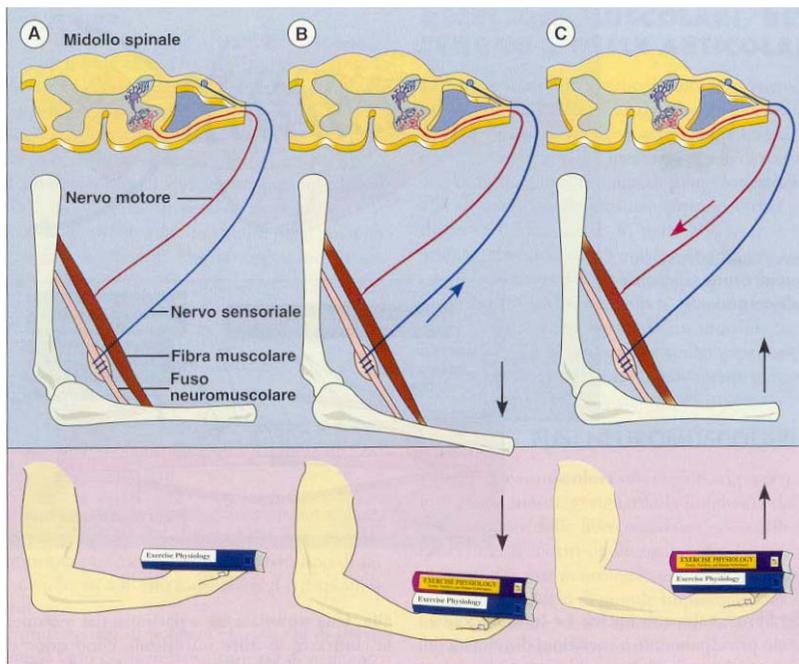
Un muscolo preventivamente allungato esprime nel successivo accorciamento una forza maggiore rispetto ad una semplice contrazione eccentrica.

Le cause di questo fenomeno sono:

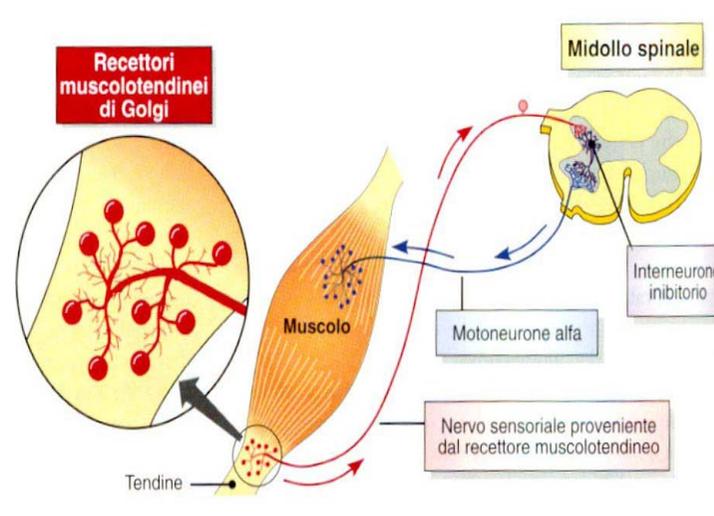
- a. Sollecitazione del sistema nervoso
- b. Proprietà viscoelastiche del muscolo e dei tendini

Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

a. Sollecitazione del sistema nervoso



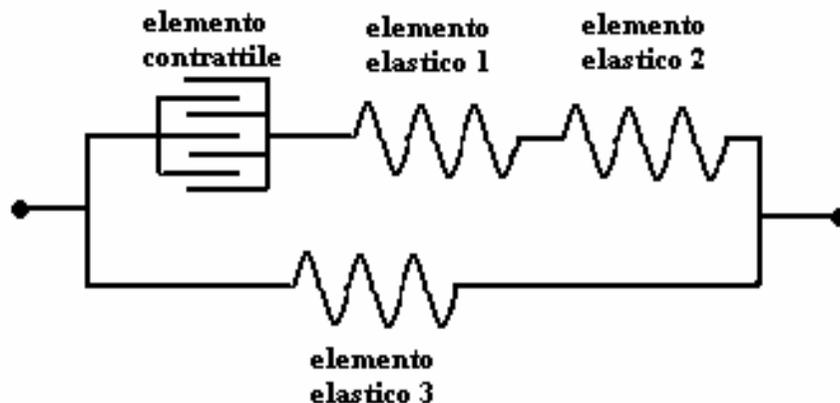
Fuso neuromuscolare
Meccanismo eccitatorio



Apparato muscolo-tendineo del Golgi
Meccanismo inibitorio

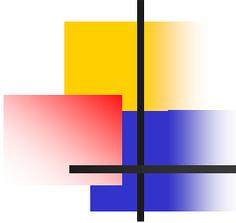
Caratteristiche migliorabili (attraverso l'allenamento)

b. Proprietà viscoelastiche del muscolo e dei tendini



Modello meccanico del muscolo scheletrico. Componente contrattile costituita da actina e miosina (elemento contrattile). Elementi elastici in serie con funzione attiva (ponti actomiosinici = elemento elastico 1) e passiva (tendini e tessuto connettivo = elemento elastico 2). Elementi elastici in parallelo (tessuto connettivo e sarcolemma = elemento elastico 3)

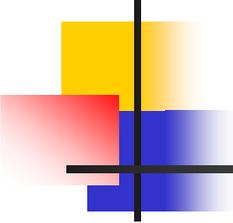
Gli effetti del prestiramento sono dipendenti dal tempo che intercorre tra la fase di lavoro eccentrico (coupling time: CT) e quella di lavoro concentrico. All'aumentare del CT infatti gli effetti del prestiramento vengono attenuati di circa 20 N/ms (Bosco e coll, 1981) e l'energia elastica accumulata si disperde in calore (Fenn e Marsh, 1935).



Caratteristiche biologiche che influenzano la produzione di forza

Riassunto

Parametro	Proprietà influenzata
Tipo di fibre muscolari	Velocità e resistenza
Angolo di pennazione	Forza esercitabile dal muscolo
Proprietà cinematiche delle articolazioni	Momento articolare
Sezione trasversa del muscolo	Forza e velocità
Reclutamento fibre	Forza e velocità
Coordinazione intermuscolare	Forza specifica
Proprietà viscoelastiche del muscolo	Forza e velocità



Bibliografia

- Fondamenti dell'allenamento sportivo – R. Manno – Zanichelli 1993
- La forza muscolare – aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche – C. Bosco – Società Stampa Sportiva Roma 1997
- Periodizzazione dell'allenamento sportivo – Tudor O. Bompa – Calzetti Mariucci editori 2001
- Chinesiologia applicata per fitness e body building – Andrea Umili – Società Stampa Sportiva Roma 2004
- Dispense del corso di "Sistemi per la Riabilitazione Motoria e Posturale" – Prof. Carlo Frigo – Politecnico di Milano, corso di Ingegneria Biomedica
- www.conimarche.it/documentazione/2.pdf - La forza muscolare - Prof. Nicola Silvaggi
- www.wikipedia.it