



Available now. LINEAR MOTOR. Rugged and dependable: design optimized by world-wide field testing over an extended period. All models offer the economy of "fuel cell" type energy conversion and will run on a wide range of commonly available fuels. Low standby by power, but can be switched within msec to as much as 1 KW mech/Kg (peak). Modular construction, and wide range of available subunits, permit tailor-made solutions to otherwise intractable mechanical problems.

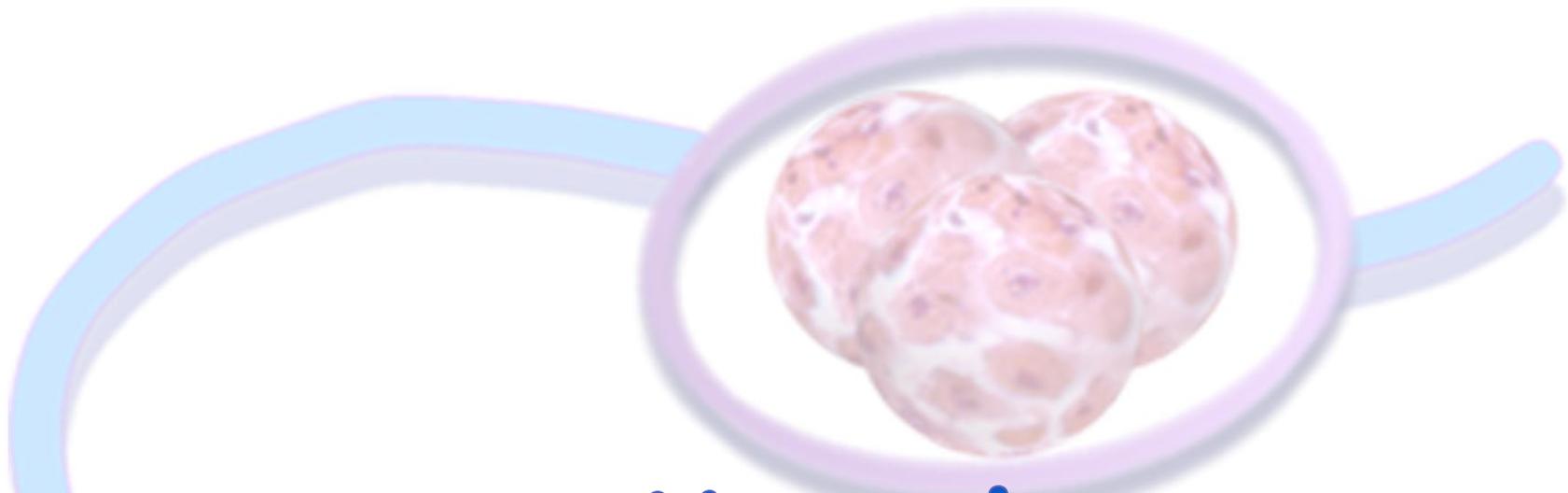
Choice of two control systems:

- 1) Externally triggered mode: Versatile, general purpose units. Digitally controlled by picojoule pulses. Despite low input energy, very high S/N ratio. Approx 10^6 electrical amplification. Mechanical characteristics: (1 cm modules) max. Speed; 0.1 to 100 mm/sec. Stress: 2 to 5×10^5 Newtons/m².
- 2) Autonomous mode with integral oscillator. Especially suitable for pumping applications. Modules available with frequency and mechanical impedance suitable for :
 - a) Solids and slurries (0.01 - 1.0 Hz).
 - b) Liquids (0.5 to 5 Hz) . Typical lifetime 2.6×10^9 cycles, max lifetime 3.6×10^9 cycles, independent of frequency
 - c) Gases (50 - 1000 Hz).

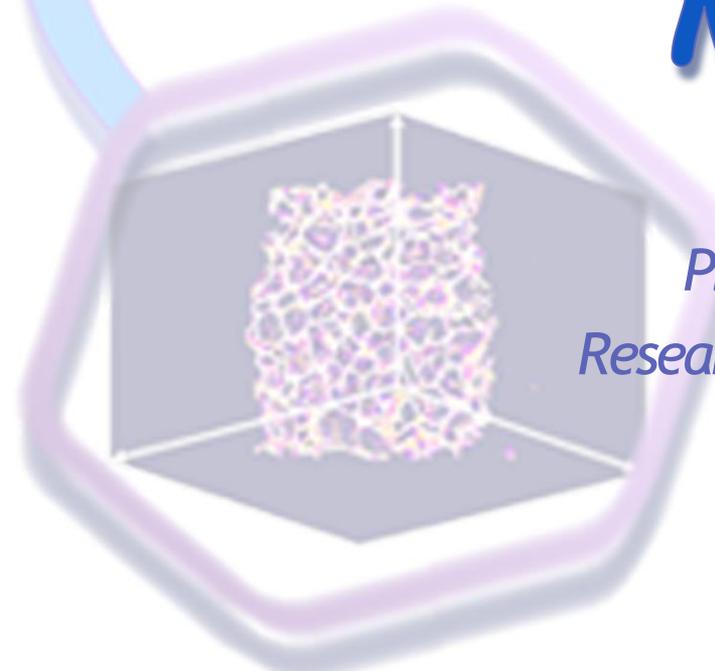
Many optional extras; e.g. built in servo (length and velocity) when fine control is required. Direct piping of oxygen. Thermal generation. Etc... Good to eat.



Abstract di una lettura di Prof D.R. Wilkies, Londra, 1969



Muscolo

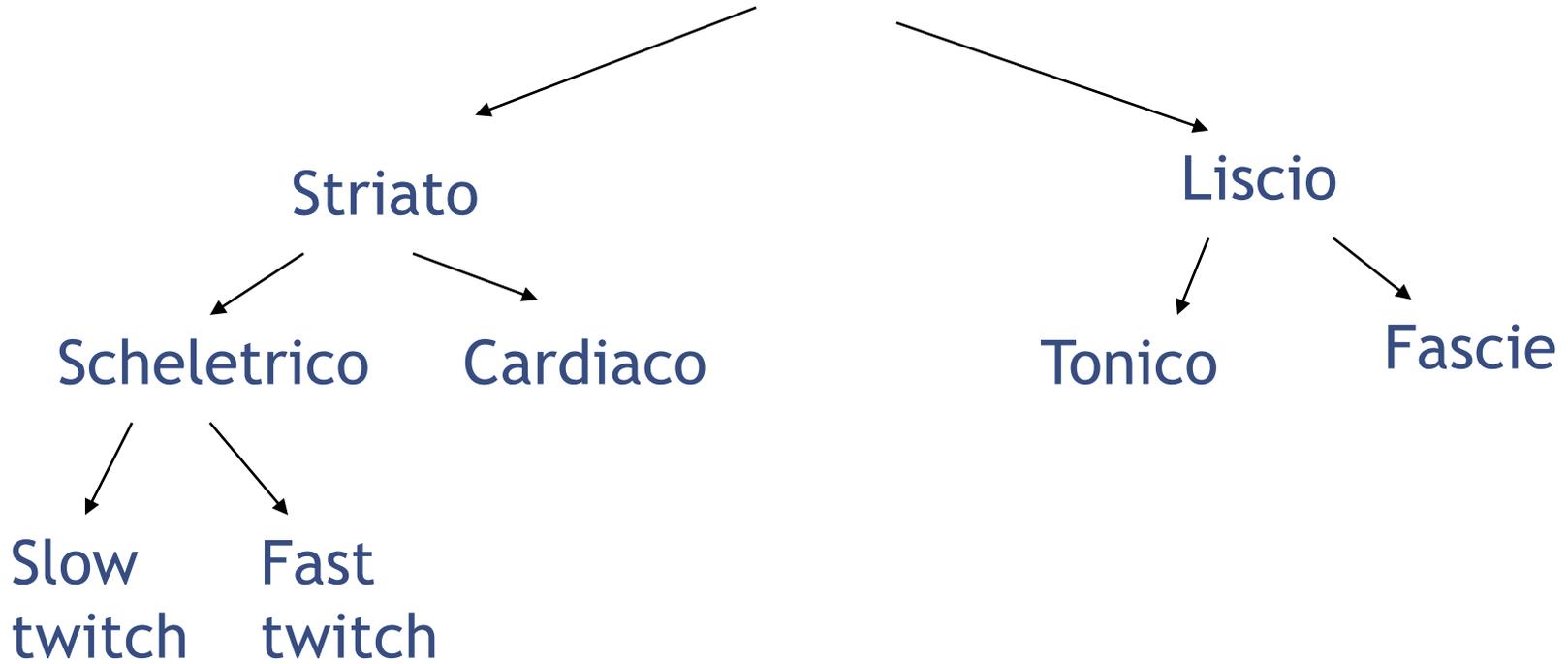


*Prof. Arti Ahluwalia
Research Center “E. Piaggio”
University of Pisa*





Muscolo



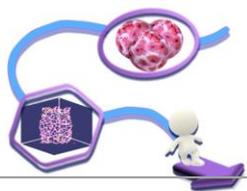


Caratteristiche

Movimento

Forza

Resistenza



	Scheletrico	Cardiaco	Liscio
Diametro μm	50-100	5-10	2-10
Lunghezza μm	centimetri	100-200	20-600
Nucleo	tanti	1-2	1
Mitocondri	2-12% volume	40% volume	5% volume
Tuboli diametro	20 nm	100 nm	Non ci sono
Reticolo sarcoplasmico	Abbondante e ben organizzato (9%)	Poco (1-2%)	<2%
Filamenti	Spesso e sottile	Spesso e sottile	Spesso sottile e intermedie. Actina manca troponina
Innervazione	CNS- volontario Tutto o niente	ANS- involontario	ANS- involontario
Sarcomeri	si	si	no
Calcio	Dal reticolo sarcoplasmico	Extra cellulare	Caveolae (vescicoli sotto il sarcolemma)
Calcio si lega a	Troponina	Troponina	Calmodulina
Regenerazione	Solo tramite cellule precursori	No	Si



Muscolo scheletrico

Muscolo Scheletrico: attaccato alle osse tramite i tendini. Serve per produrre movimenti o esercitare forze.

Serve per locomozione, postura, respirazione, mangiare, espressione...

Energia chimica viene trasformata in energia meccanica



Muscolo Scheletrico

Fast Twitch

Anerobico: ATP prodotto in assenza di O_2

Percorso meno efficace (glycolysis), produce acido lattico

Slow twitch

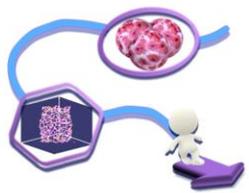
Aerobico: ATP prodotto con l'ossidazione di glucosio

Percorso metabolico efficace, necessita O_2

C'è anche il tipo intermedio: Intermediate twitch

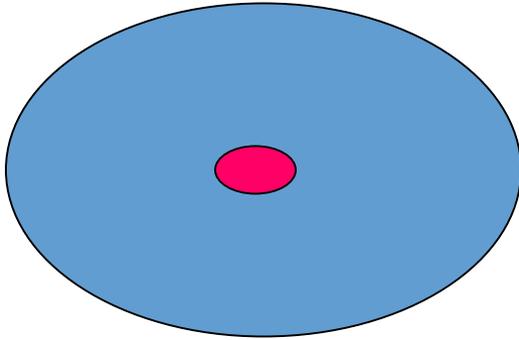
Queste fibre possono trasformare da aerobico a glycolysis

I muscoli contengono tutti i 3 tipi, cambia la %



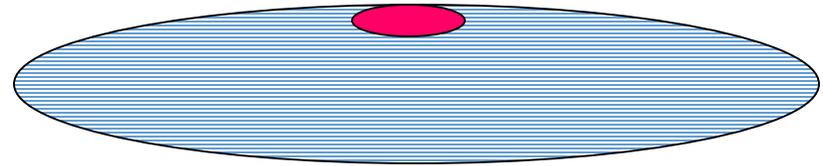
Nomi

Cellula
commune



Nucleo
membrana
Citoplasma
mitochondri

Cellula del muscolo striato=
una fibra muscolare



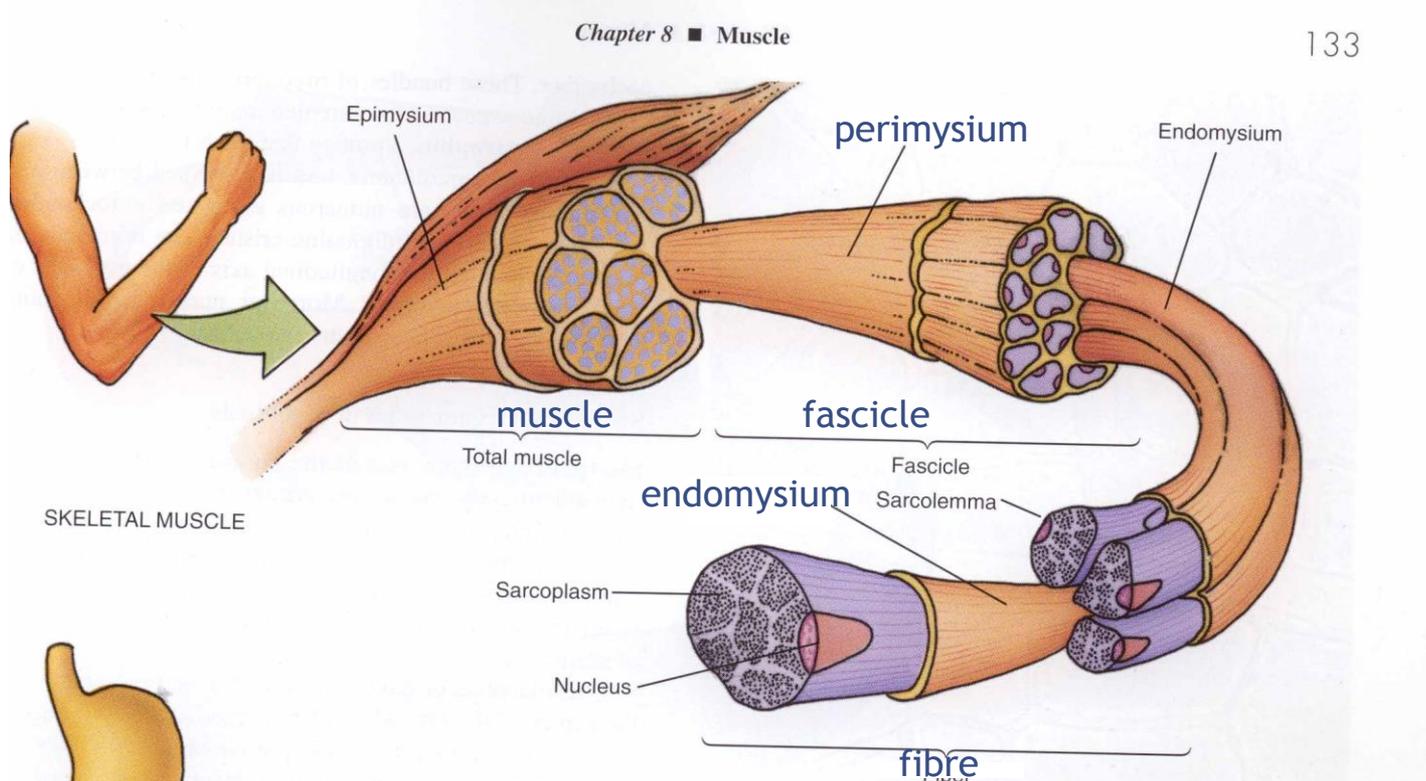
Nucleo :
multinucleato
Sarcolemma
Sarcoplasma
sarcosomi

Le cellule sono multinucleate perché formate dalla fusione di cellule precursori. Non possono dividere ma possono crescere in diametro attraverso il body building, o sforzi (ipertrofia o trofia). Il nucleo è periferico perché di minore importanza.

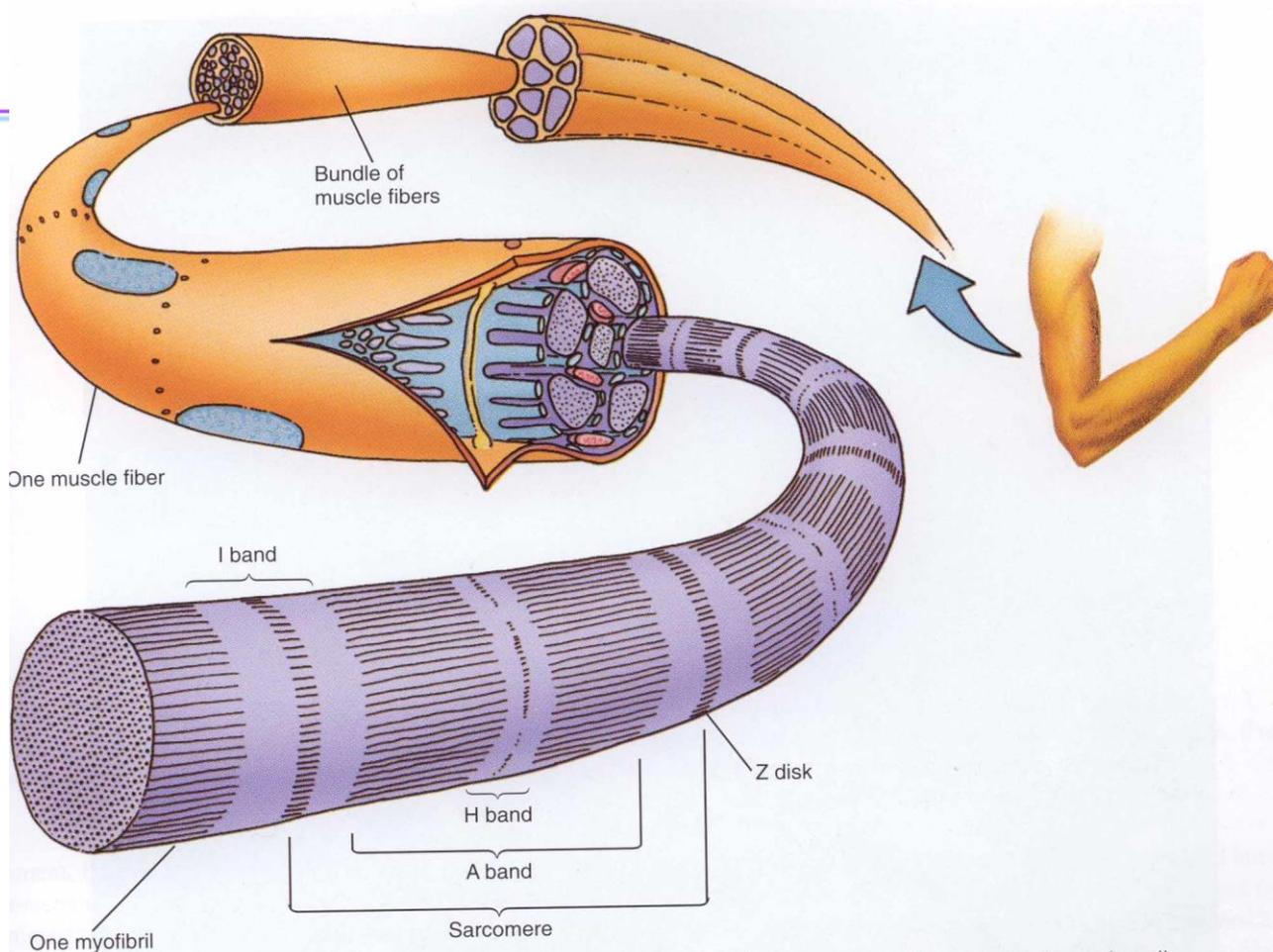
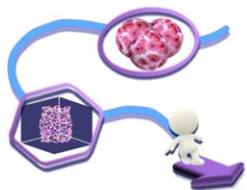
Se il muscolo non viene stimolato porta a atrofia- perdita' dei sarcomeri



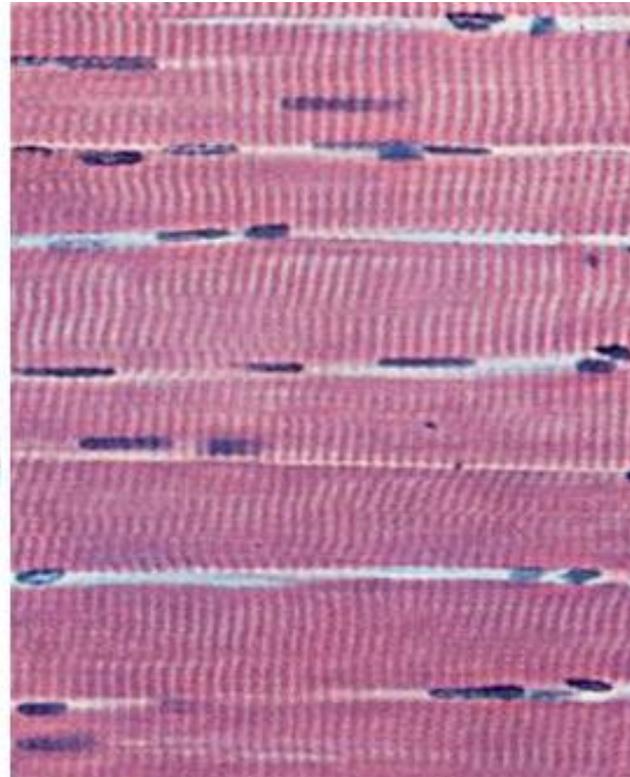
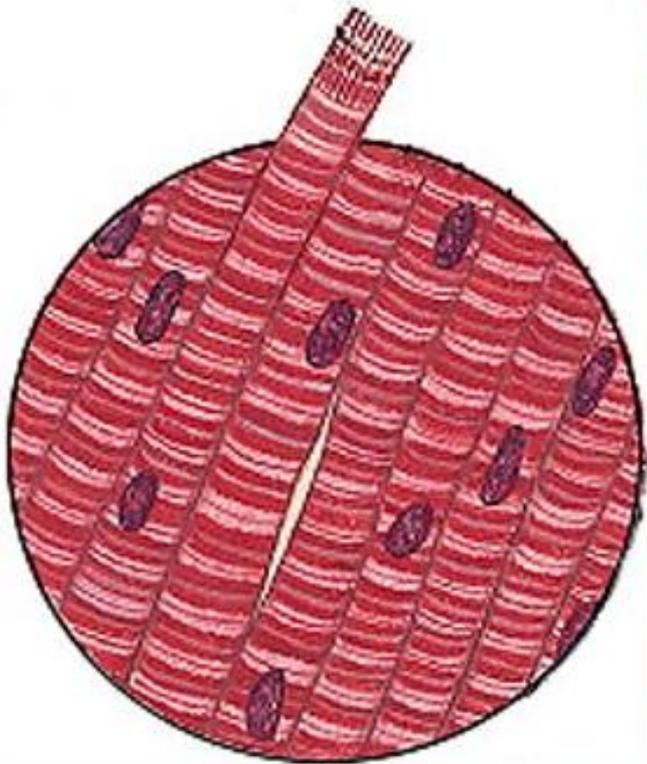
Muscolo scheletro: la cellula (**FIBRA**) e' spesso lunga quanto il muscolo (30 cm), diametro da 10 a 100 micron (anche se il muscolo trofico e' piu spesso)



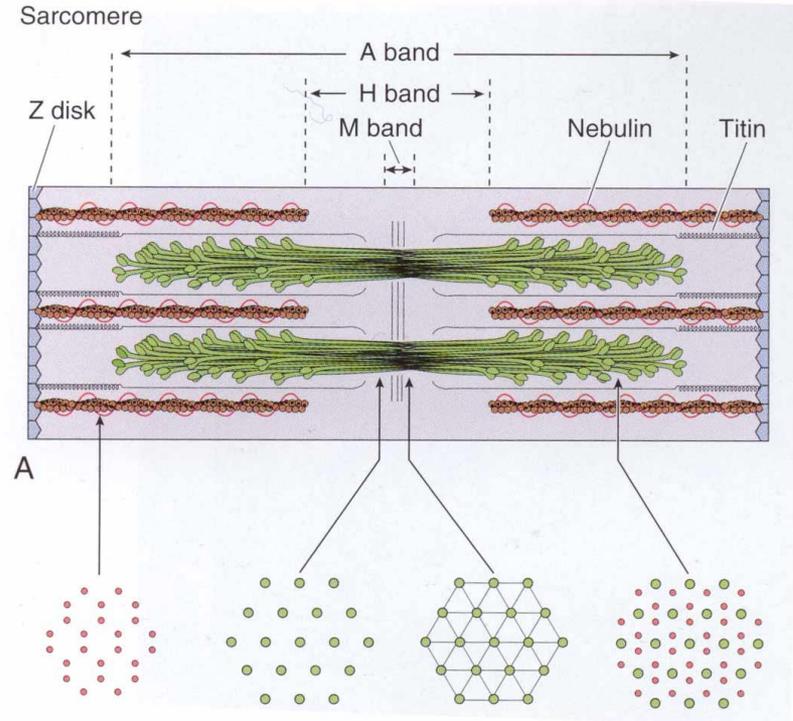
Un muscolo e' formato dalla fusione di centinaia di fibre. Grande parte del interno della fibra muscolare e formato da filamenti proteici , "miofibrille".



Miofibrilla: lunga quanto la cellula, e allineato con altre miofibrille. Diametro, della fibra è circa 2 micron. Lunghezza sarcomero a riposo, 2.5 micron.



Il muscolo si chiama striato perche' visto sotto microscopio, forma delle bande chiare e scure altamente ripetute. Le bande sono allineate in senso trasverso rispetto alla direzione della fibra.



Organizzazione molto ordinata

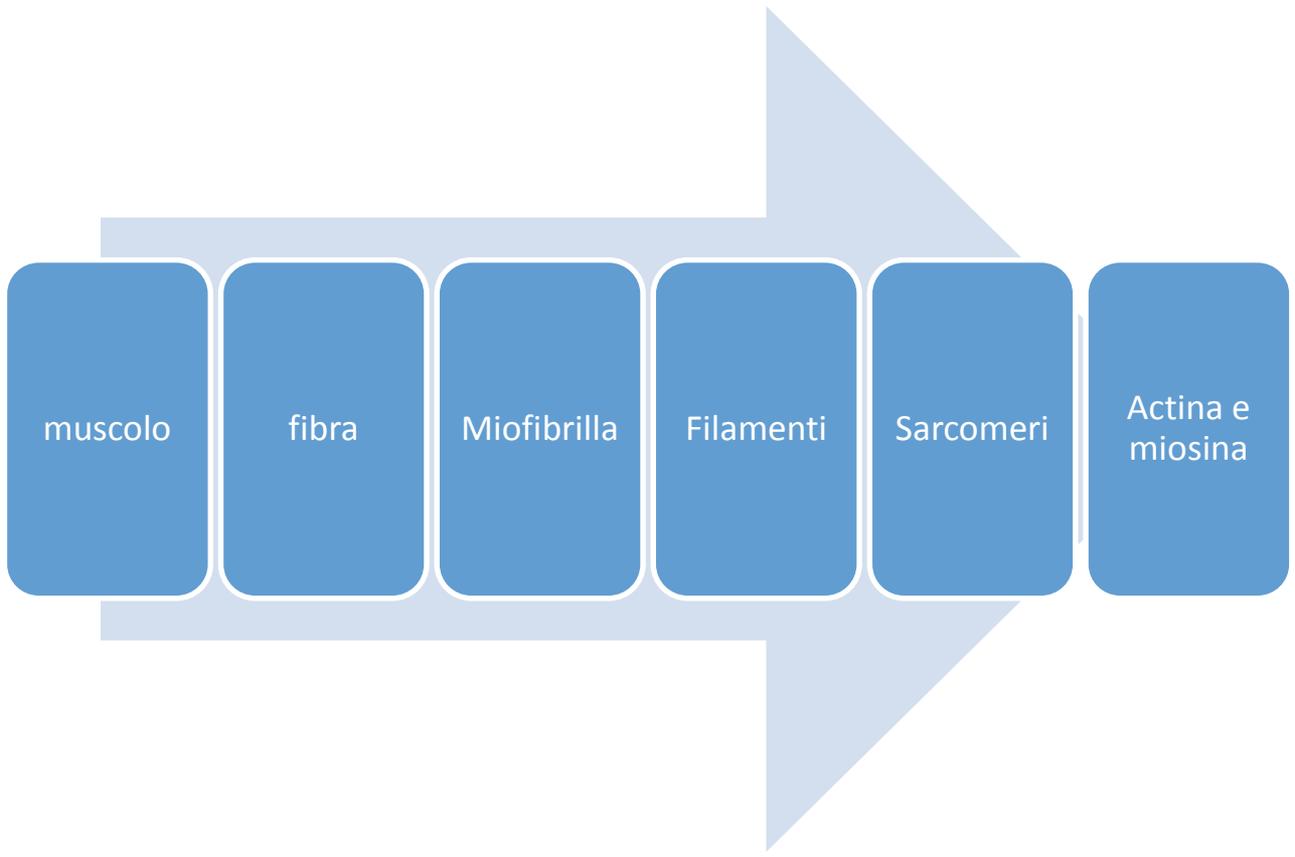
Le miofibrille hanno due tipi di filamenti che contengono due tipi di proteine.

Filamento spesso di diametro 10-12 nm, di *miosina*. Le teste si legano con actina e funzionano da ATPase (idrolizzano ATP in ADP +P rilasciando energia).

Filamento sottile di diametro 6-7 nm, di *actina*.

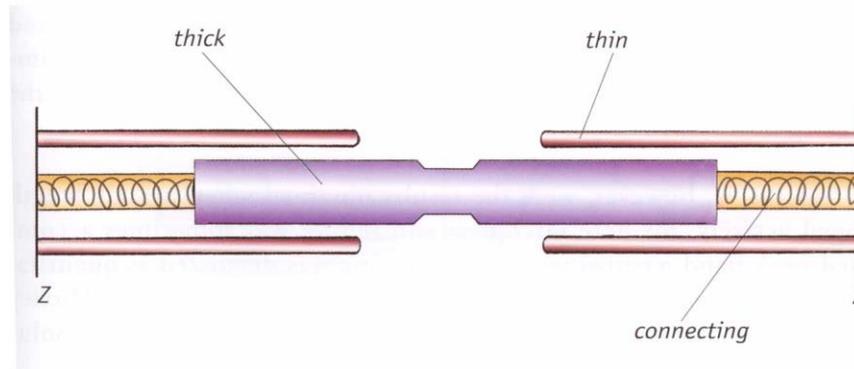
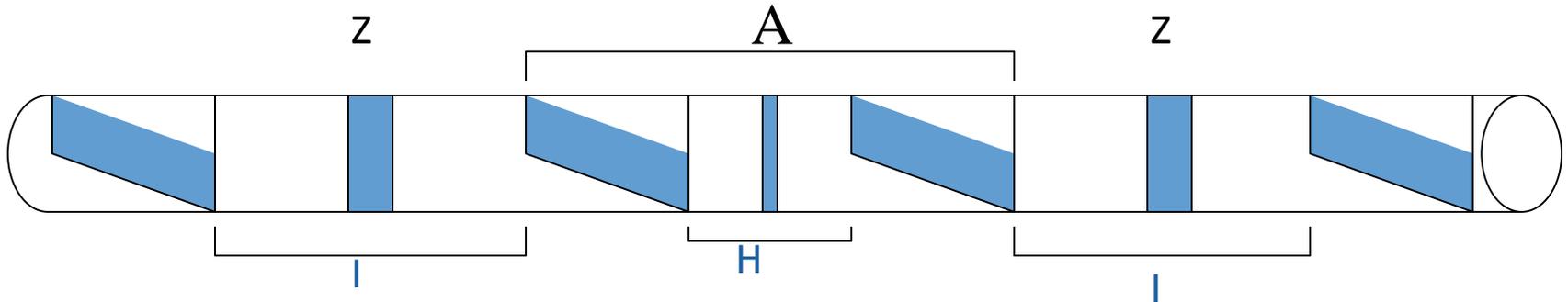
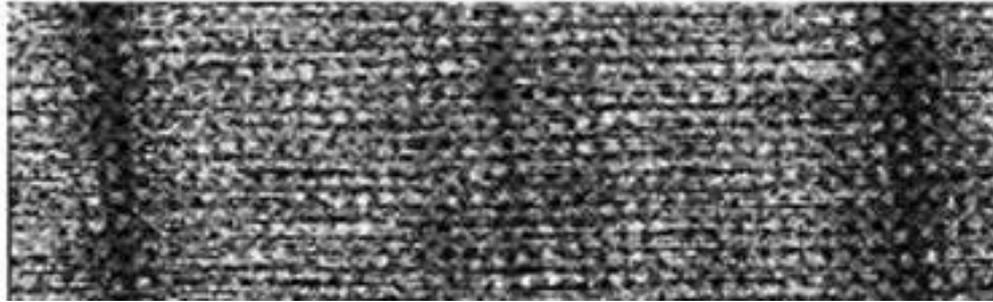
I filamenti spessi hanno delle proiezioni ogni 40 nm.

Secondo la teoria del “sliding filaments” o scorrimento dei filamenti dove i filamenti si sovrappongono, le proiezioni formano i cosiddetti “cross-bridges”





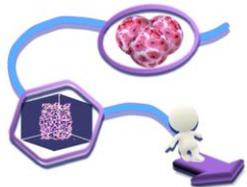
Sarcomero: unità contrattile



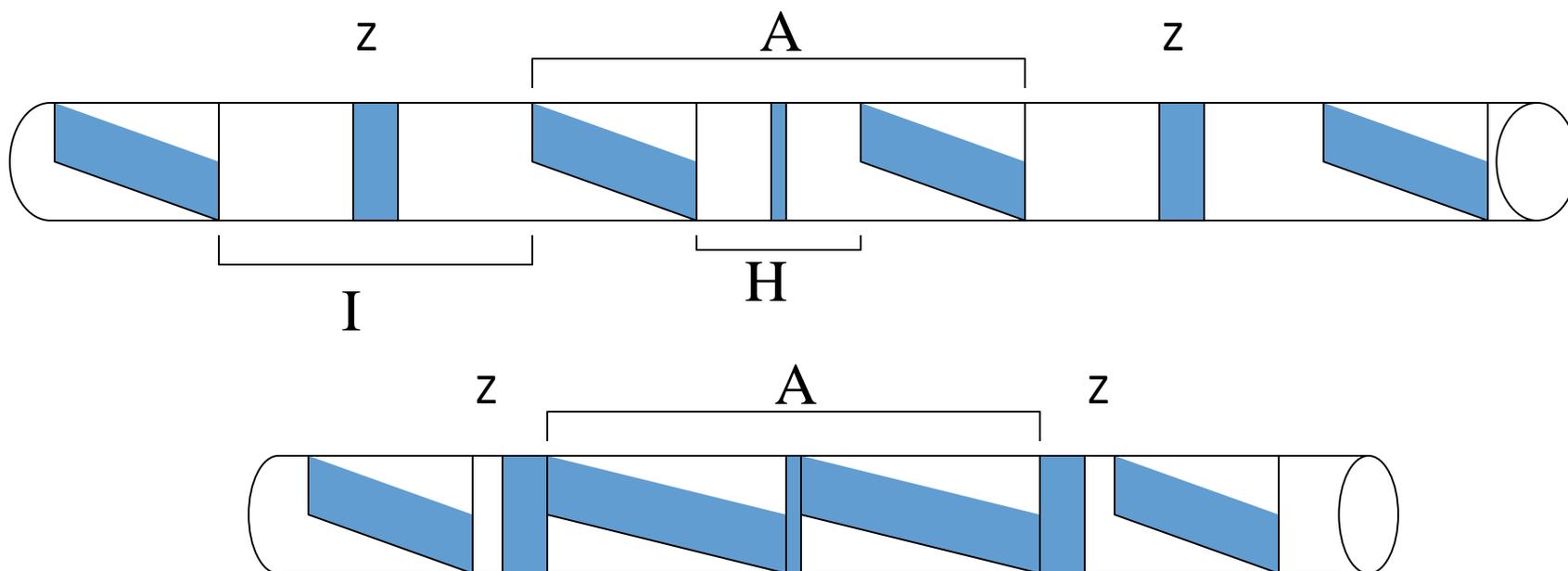
Durante la contrazione: la distanza tra le linee Z diminuisce, I diventa più piccolo, H sparisce, ma A rimane costante.

Lungo 2.5 micron

A: Scuro, anisotropico
I: chiaro, isotropico
Z: disco Z, o linea
H: nel centro della zona A, e' chiara

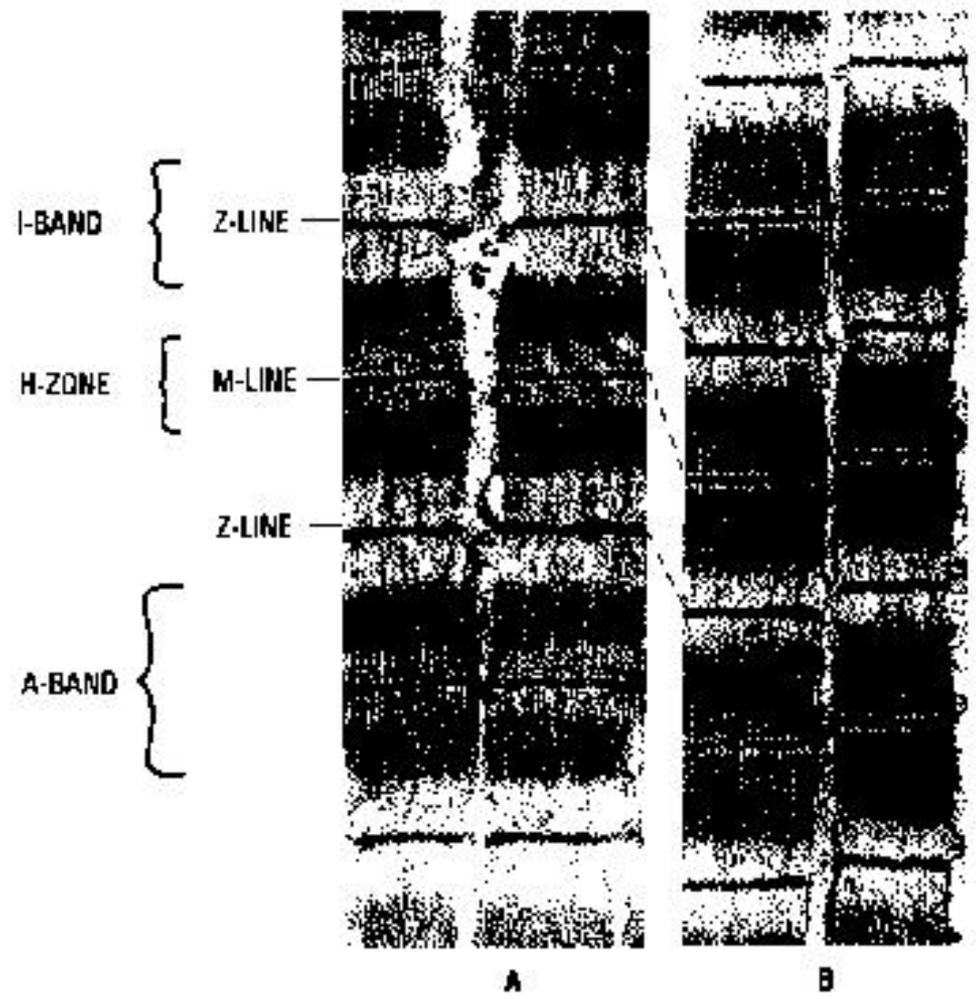


Durante la contrazione: la distanza tra le linee Z diminuisce, I diventa più piccolo, H sparisce, ma A rimane costante



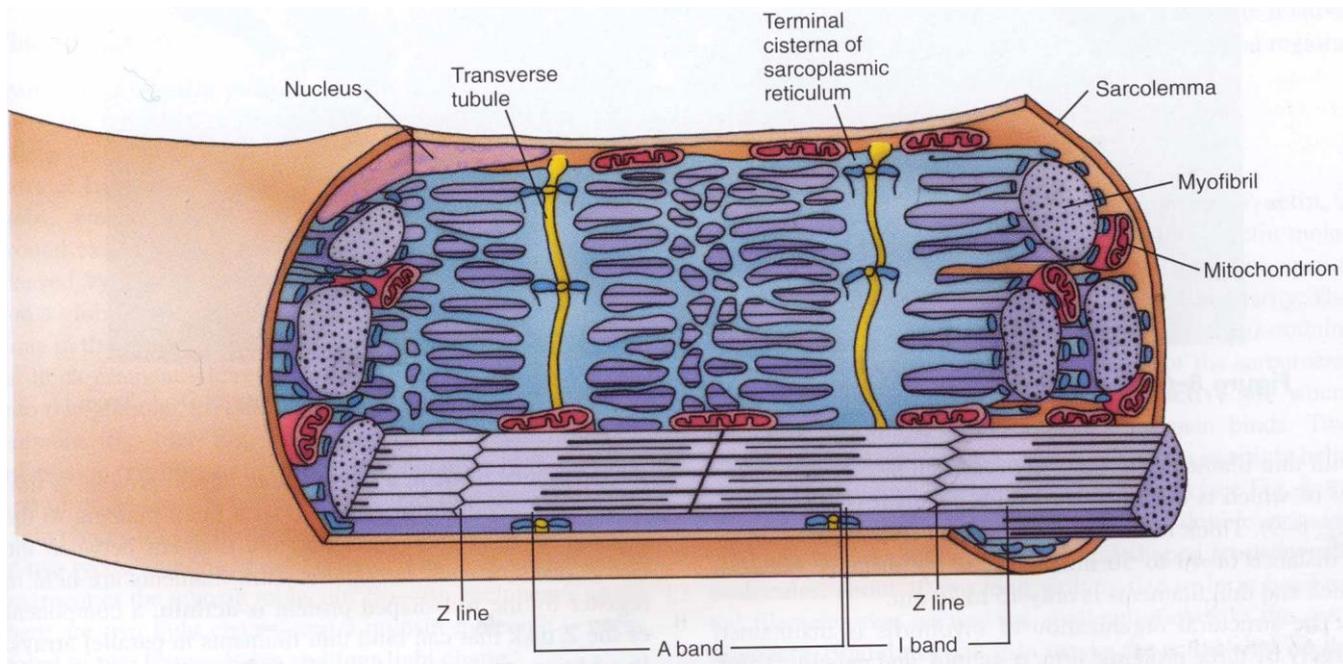


Change of Sarcomere Length with Contraction



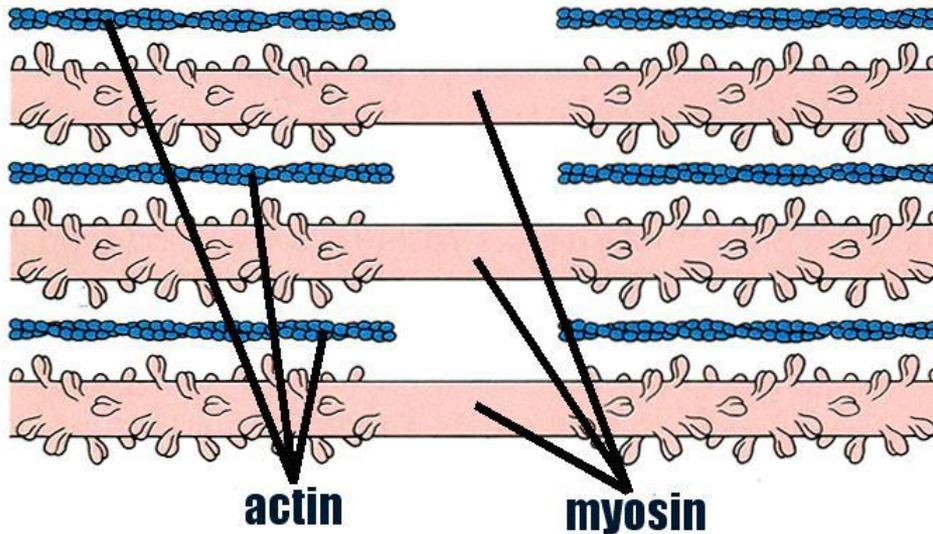


Il sarcolemma, la membrana esterna che circonda ogni fibra, ha il ruolo di spandere l'onda di potenziale su tutta la superficie della cellula che permette il rilascio di Ca dal reticolo sarcoplasmico





Actin and Myosin Filaments



L'interazione tra A & M e' regolato da Ca. Quando Ca lega al complesso proteico M&A si possono legare . Per staccarli ci vuole ATP



Per ricordare:

Muscolo

Fascicolo

Fibra muscolare

Miofibrilla

Miofilamenti

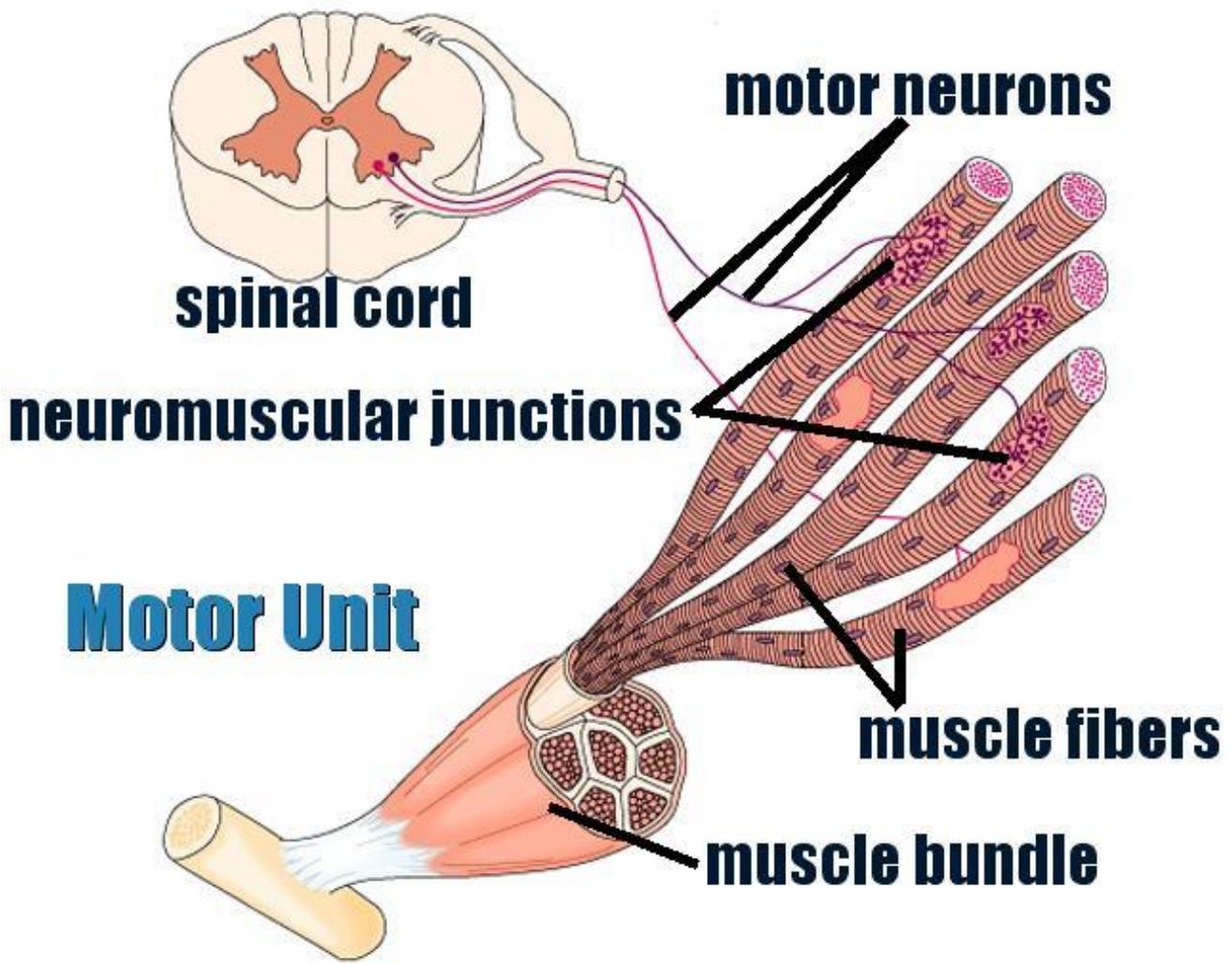
Filamenti sottili: soprattutto actina

Filamenti sottili: soprattutto miosina

Ripassare appunti sulla teoria dei
filamenti scorrevoli



Muscolo Scheletro:
attacato alle osse
tramite i tendini. I
muscoli sono attivati
da neuroni motorie
che sono comandate
dal sistema nervoso
centrale. L'unita'
motoria comprende il
neurone, e la fibre
muscolare che il
neurone attiva.
La risposta graduata è
dovuta alla variazione
nel grado di attivazione
del tessuto dai
nervi.(un nervo attiva
tutte le fibre dell'unità,
ma altri nervi possono
non essere attivati)





L'unità motoria è il moto neurone e tutte le fibre che innerva. Un unita contiene solo fibre di un tipo (fast o slow)

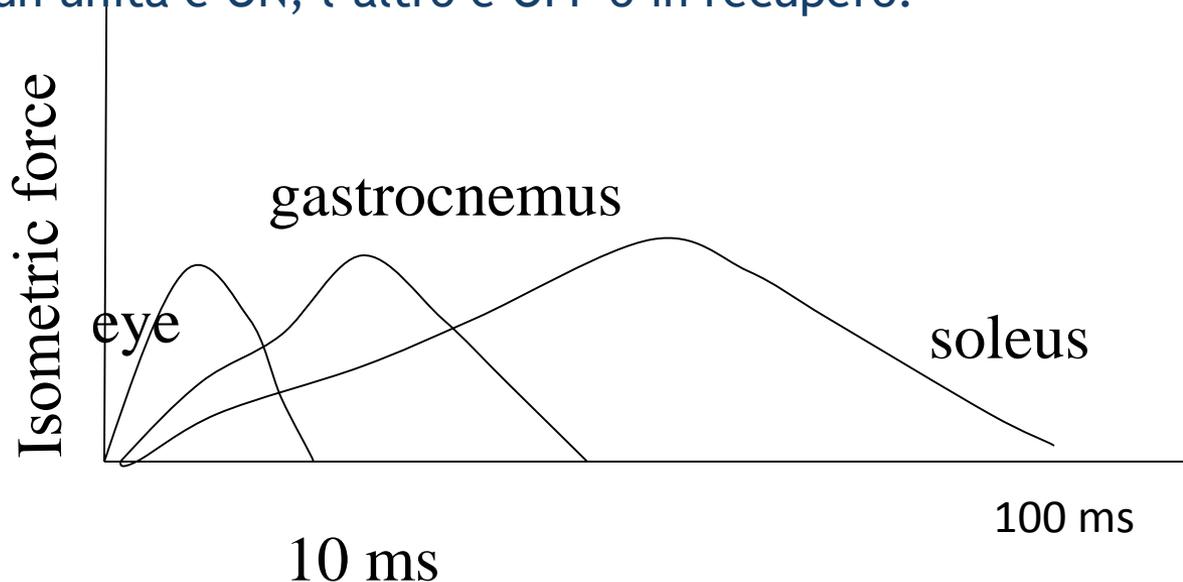
Le fibre sono disperse nel intero muscolo, non concentrate insieme

Mediamente 150 fibre per neurone: 5-10 nell'occhio e laringe, 500 fibre per neurone nel gluteo

Prime vengono reclutate le unita motorie con piccoli neuroni poi quello con soma grande. (perche quelli con soma piccolo sono piu facilmente eccitabili)

Prima le fibre lente, poi quelle veloci

Questo effetto causa una gradazione della risposta (non muoviamo in twitch), mentre un unita è ON, l'altro è OFF o in recupero.



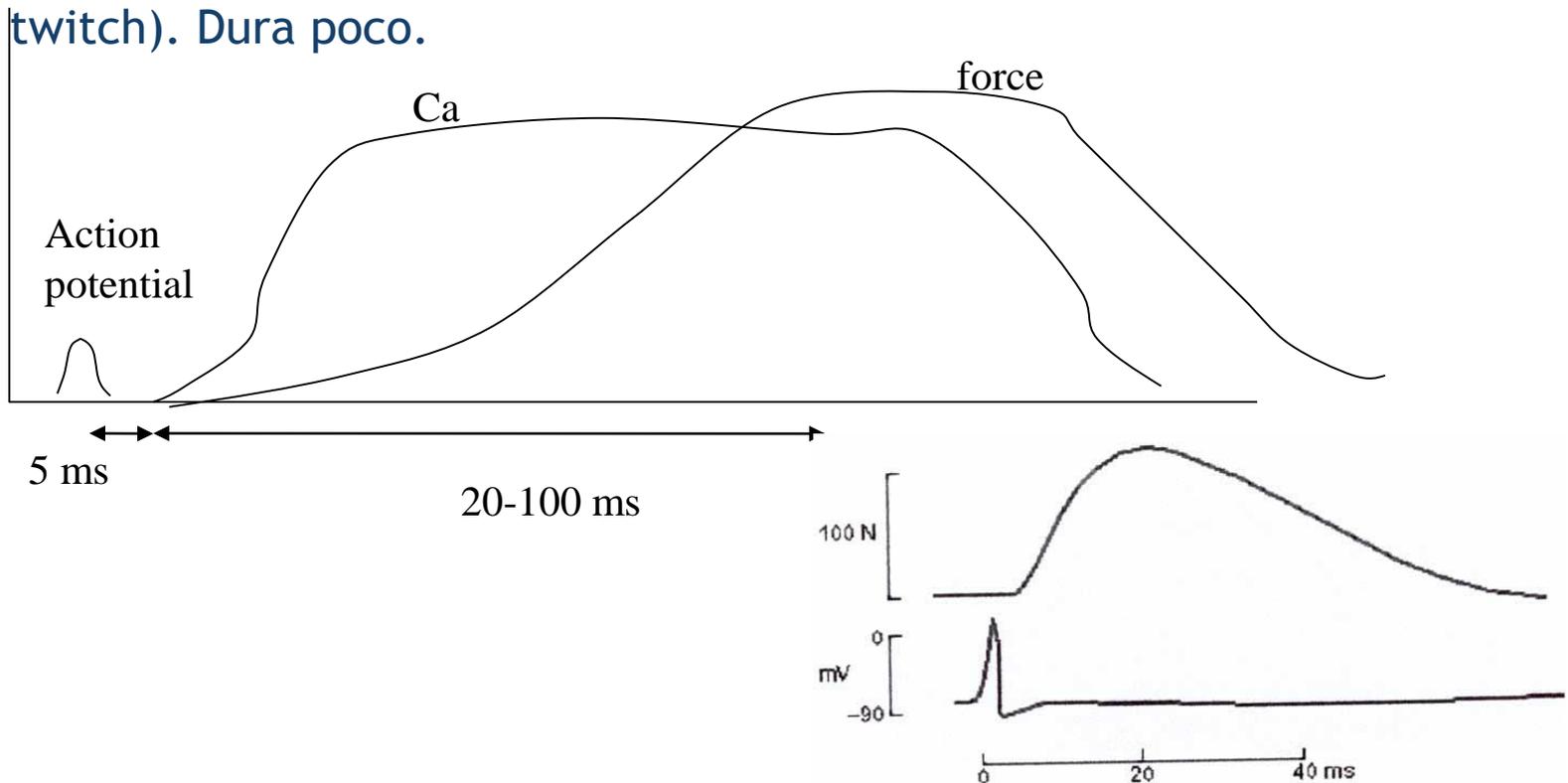
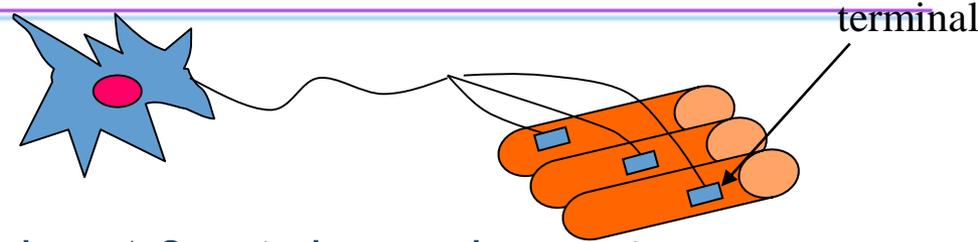


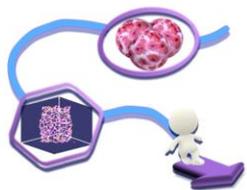
Twitch

Ca⁺⁺ viene rilasciato nel sarcoplasma

Un potenziale arriva al muscolo

5 ms dopo l'arrivo del potenziale (che dura 1-2 ms), la membrana si depolarizza, Ca⁺⁺ viene rilasciato da reticolo sarcoplasmico. La forza massima viene sviluppata dopo 20-200 ms secondo il tipo di fibra (fast o slow twitch). Dura poco.

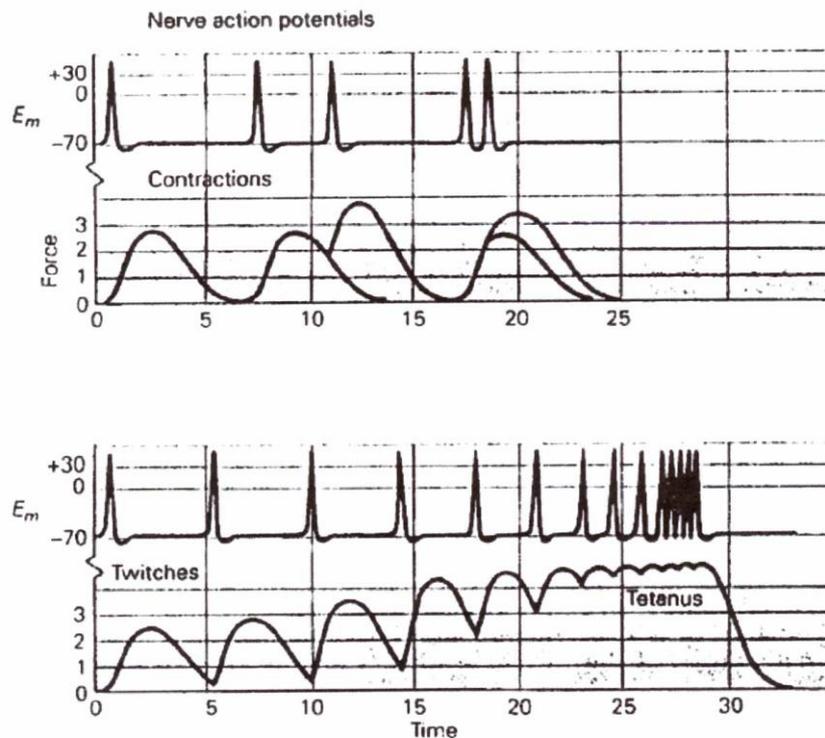




Contrazione tetanica

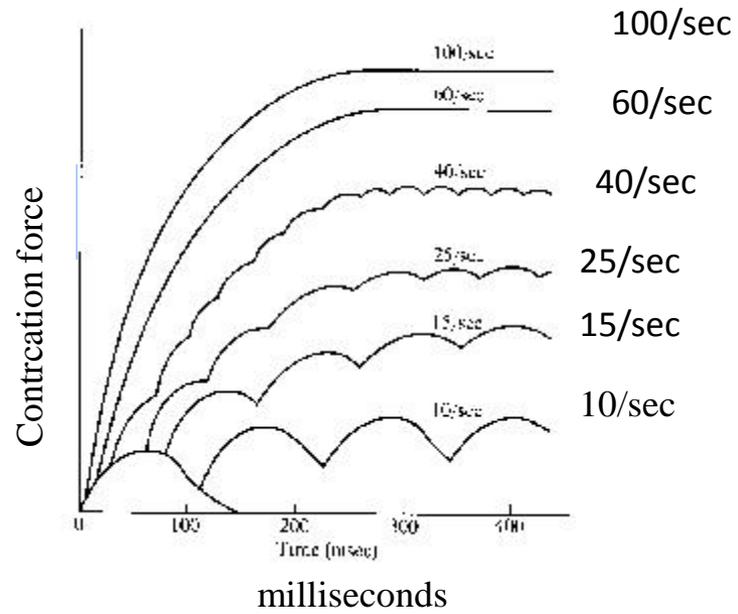
Quando la fibra viene stimolata prima che si rilassa, c'è un effetto sommatorio e la forza aumenta. Se la frequenza del stimolo supera 50-100 Hz, il muscolo genera una forza massima (tetanico), circa 3-5 volte maggiore del twitch.

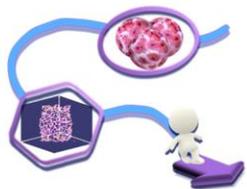
Questo può essere dovuto al Ca^{++} che rimane dalla prima contrazione che va a sommarsi con la seconda onda di Ca^{++} . Se lo stimolo viene ripetuto a una frequenza elevata il muscolo non riesce a rilassarsi, ma rimane in uno stato di contrazione finché ci sono impulsi. Questo stato si chiama tetanico. *E' fisiologico?*



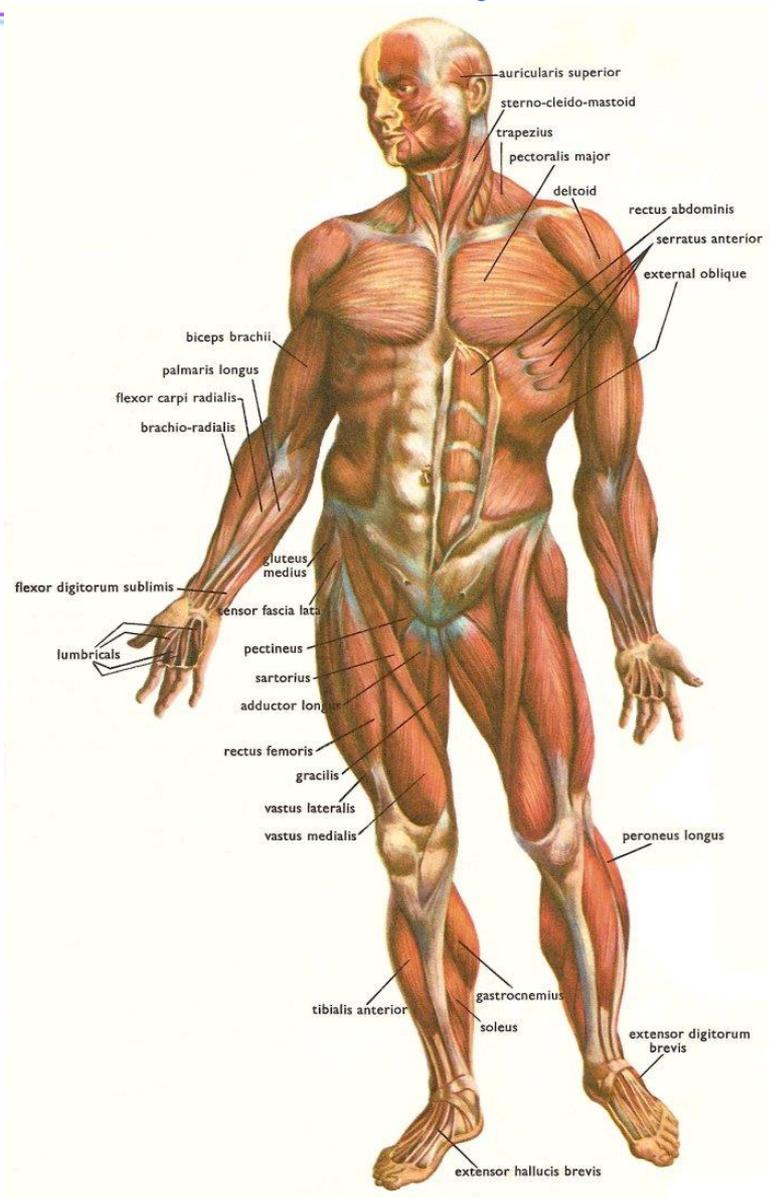


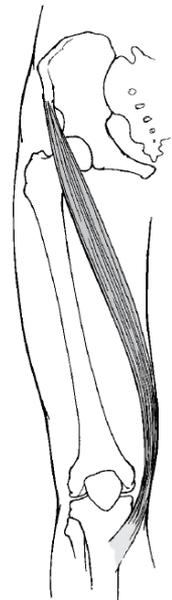
Velocita del stimolo



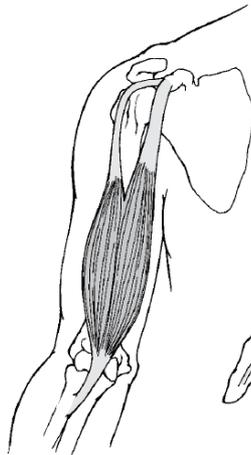


Know your muscles





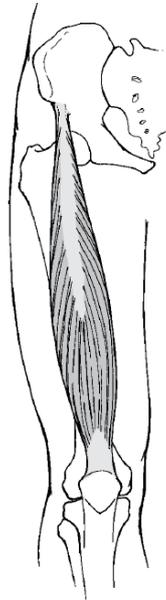
A STRAP
Sartorius m.



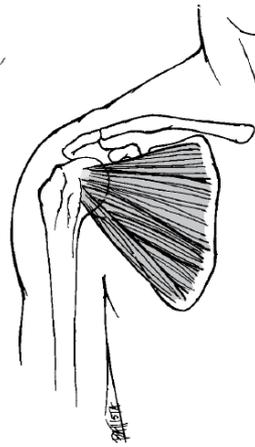
FUSIFORM
Biceps brachii m.



UNIPENNATE
Flexor pollicis longus m.



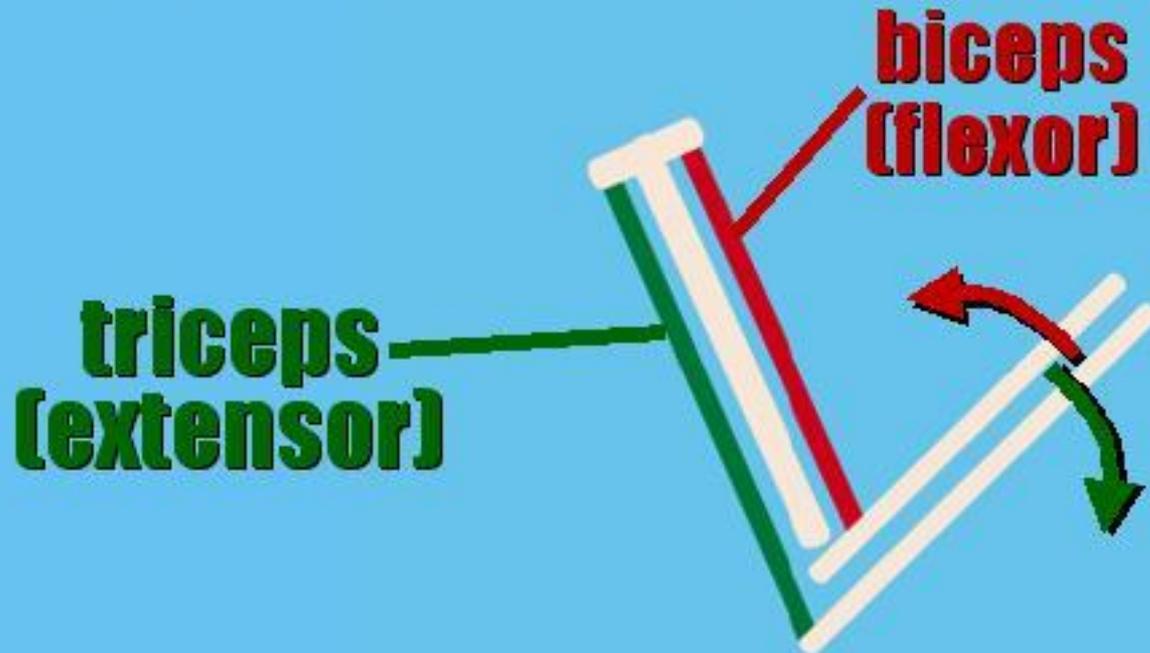
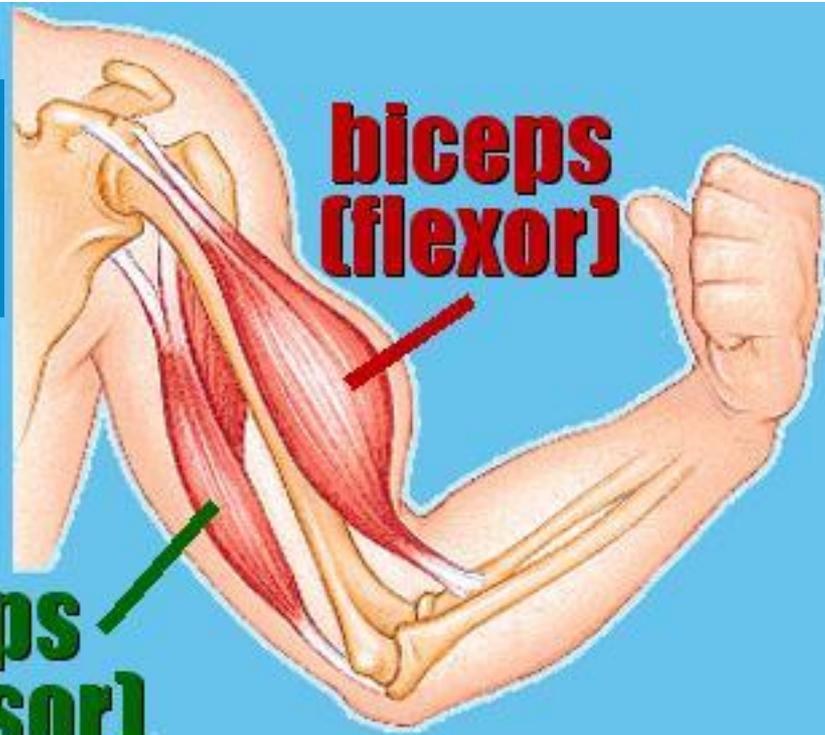
BIPENNATE
Rectus femoris m.



MULTIPENNATE
Subscapularis m.

Don't forget that muscles work in pairs agonist, antagonist. How many bones and muscles?

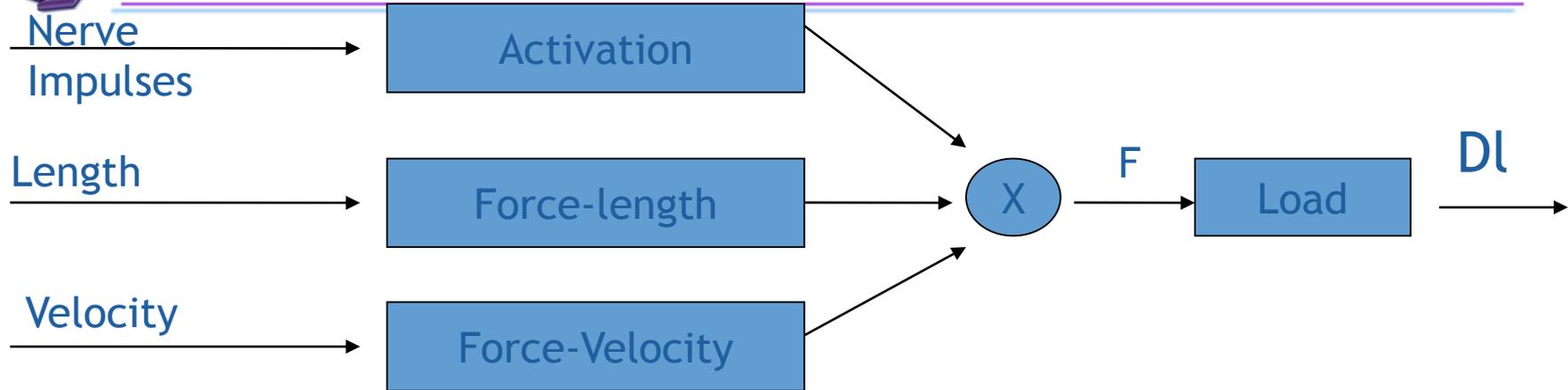
M=640 to 850
B=206



Stop here



Generazione di forza



Nello studio delle proprietà contrattili abbiamo i variabili:

Tempo, t

lunghezza normalizzato rispetto alla lunghezza di riposo

(L/L_0)

la forza per unità di area F

velocità $v = dL/dt$

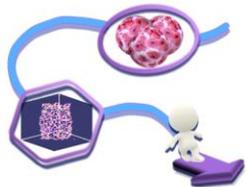
lo stiffness, dF/dl

compliance, dL/dF

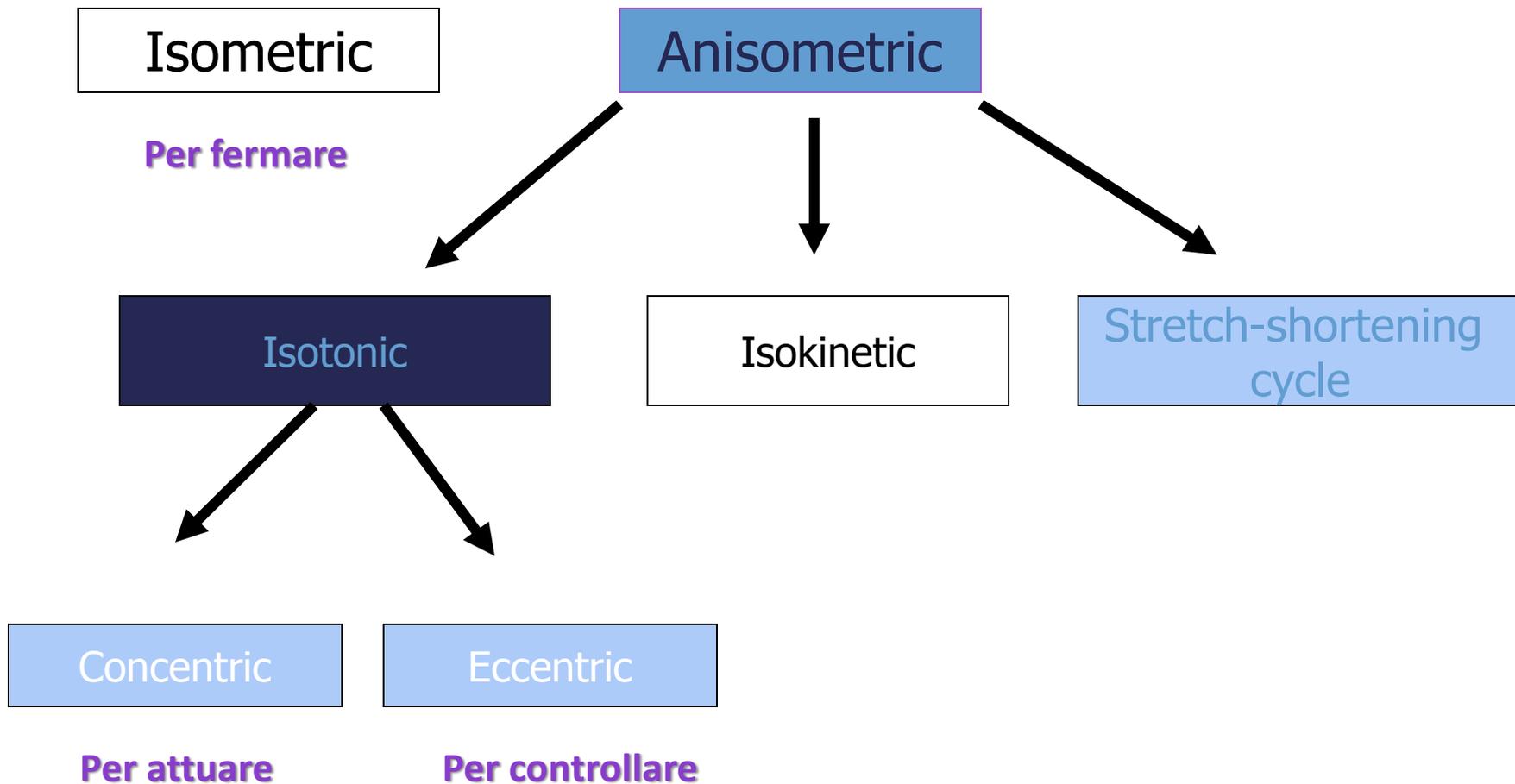
Lavoro $W = Fdl$

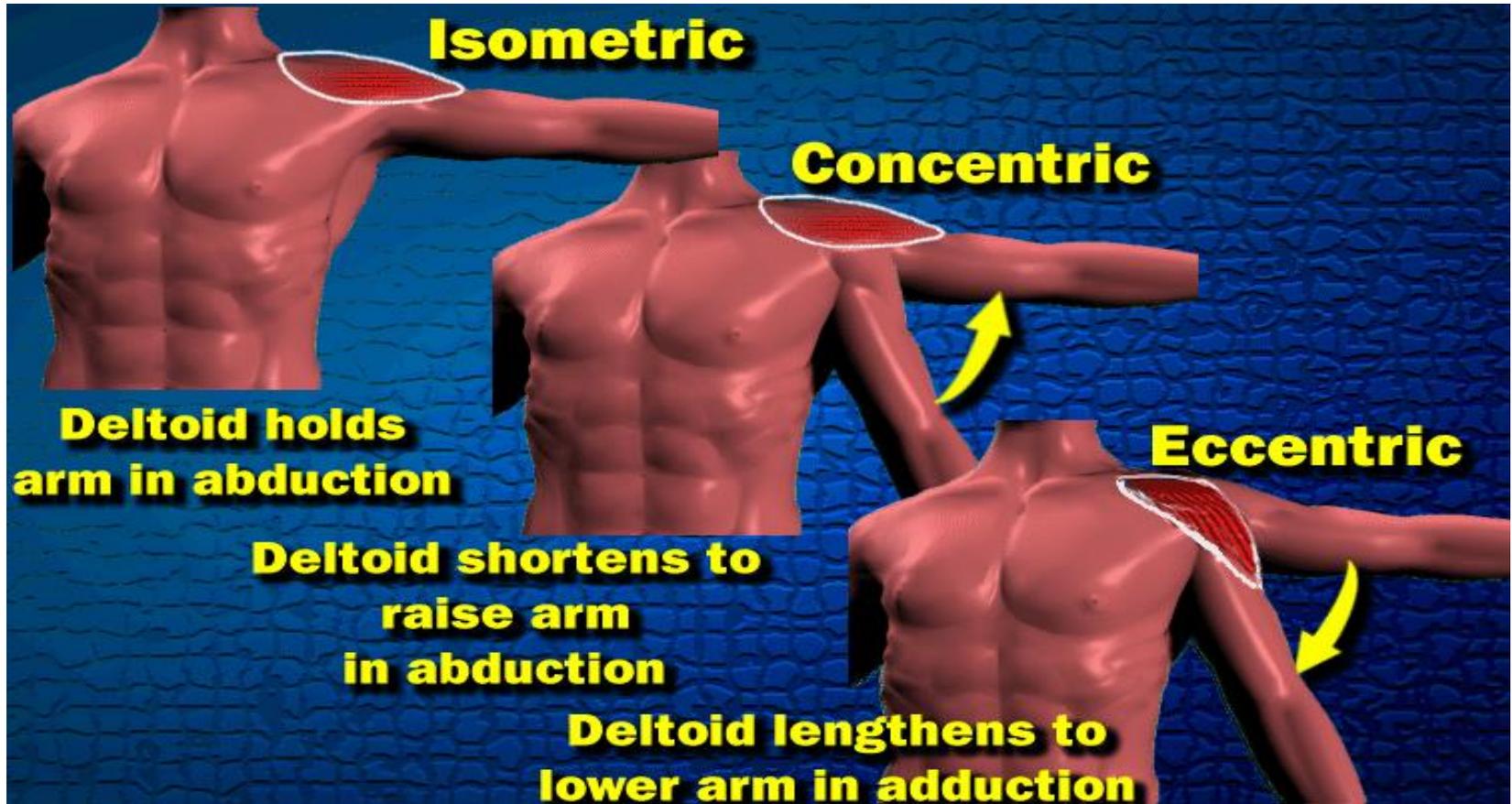
Potenza p , dW/dt

Ci interessa la forza, la velocità e la resistenza

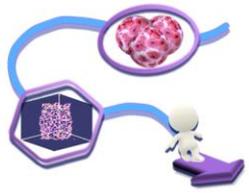


classificazione

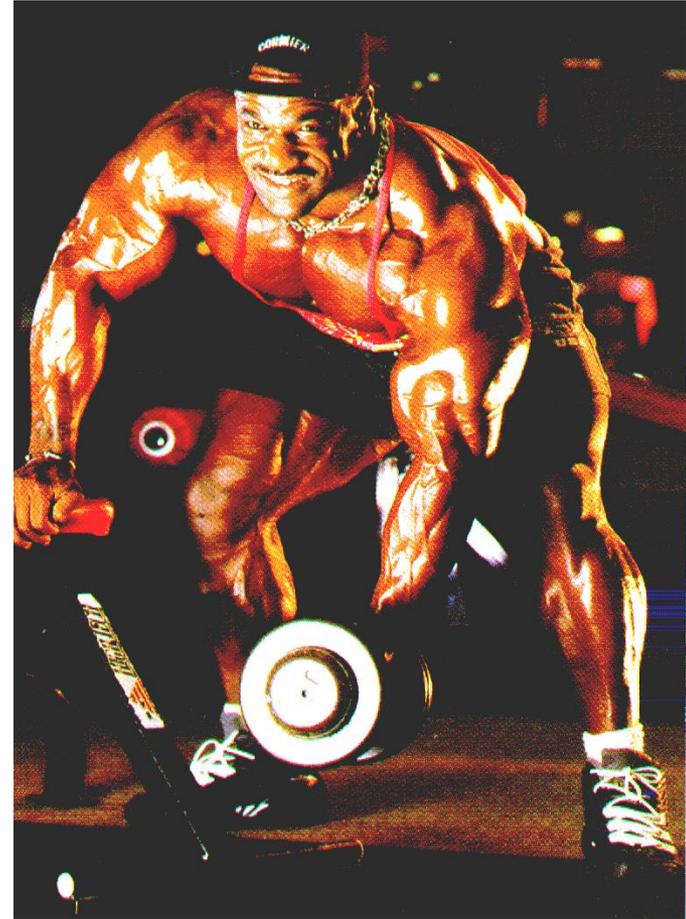


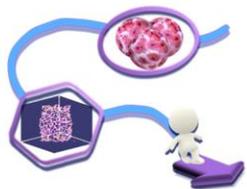


Contrazione Isotonica

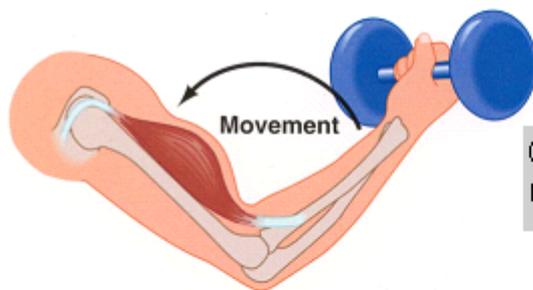


Forza costante
Eccentrico
Concentrico



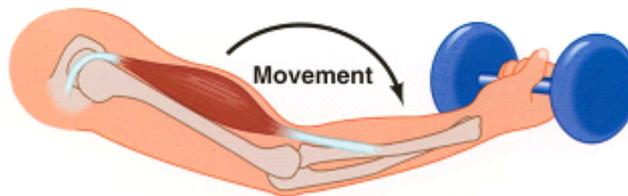


Contrazione eccentrica



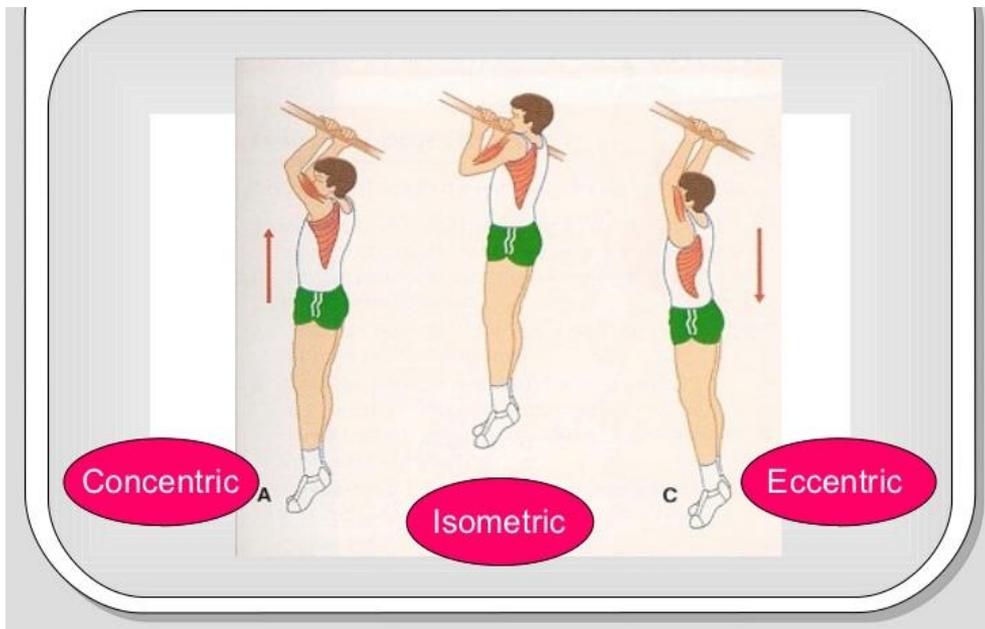
Concentric muscle contraction—The bicep muscle is **shortening** while contracting.

Eccentric muscle contraction—The bicep muscle is **lengthening** while contracting.





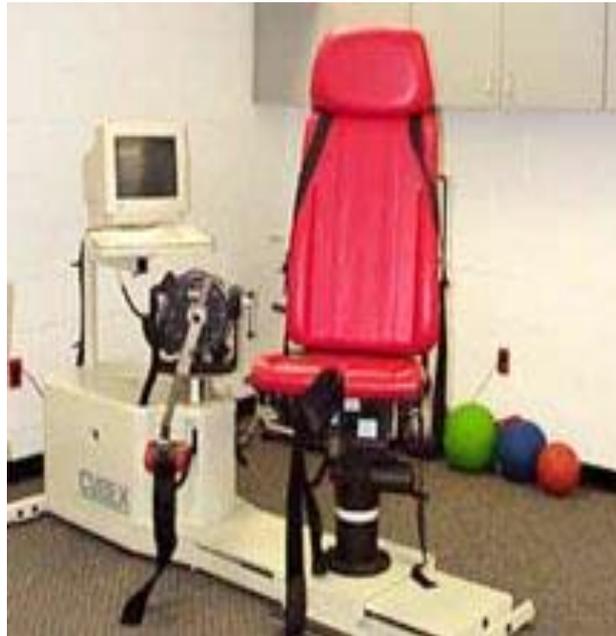
esempi

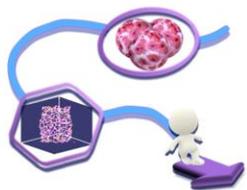


La contrazione isocinetica



La velocità è sempre lo stesso durante l'azione
Non è un movimento naturale
Ci vogliono dei strumenti speciali (con sistemi di retroazione) per poter fare una contrazione isocinetica.





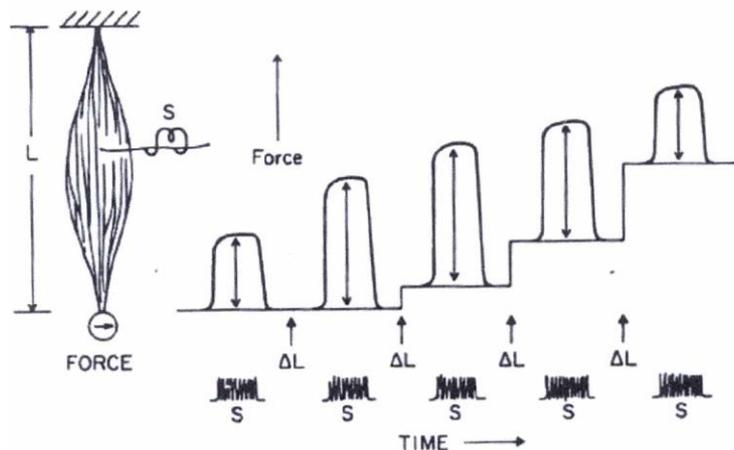
Contrazione isometrica

Il muscolo viene mantenuto a lunghezza costante, e sviluppa una forza quando stimolato elettricamente. Questo produce una contrazione o twitch.

La forza varia con la lunghezza iniziale. Infatti, la tensione massima viene sviluppata quando il muscolo è a riposo.

Il massimo è quando i due filamenti sono sovrapposti per tutte le loro lunghezze, e quindi il numero di ponti è massimo.

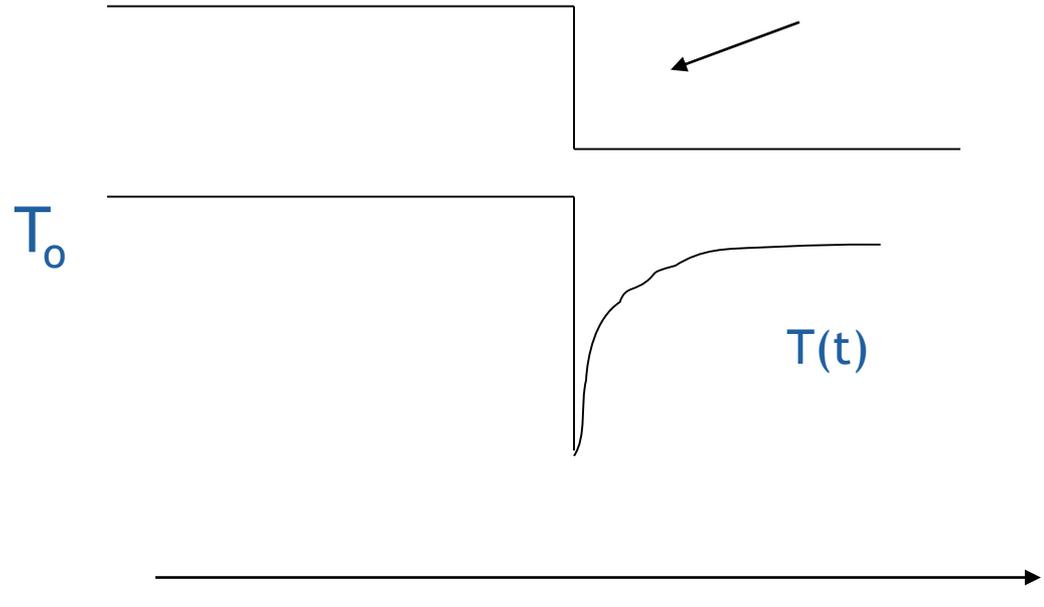
I muscoli non fanno un lavoro esterno ($W = F \times d$, $d = 0$)



Applichiamo uno stimolo tetanico per varie lunghezze iniziali e poi ogni volta aumentiamo la lunghezza da ΔL



Lunghezza



Il tempo di recupero dipende anche dalla lunghezza

Isometric quick release



Rapporto Lunghezza-Tensione

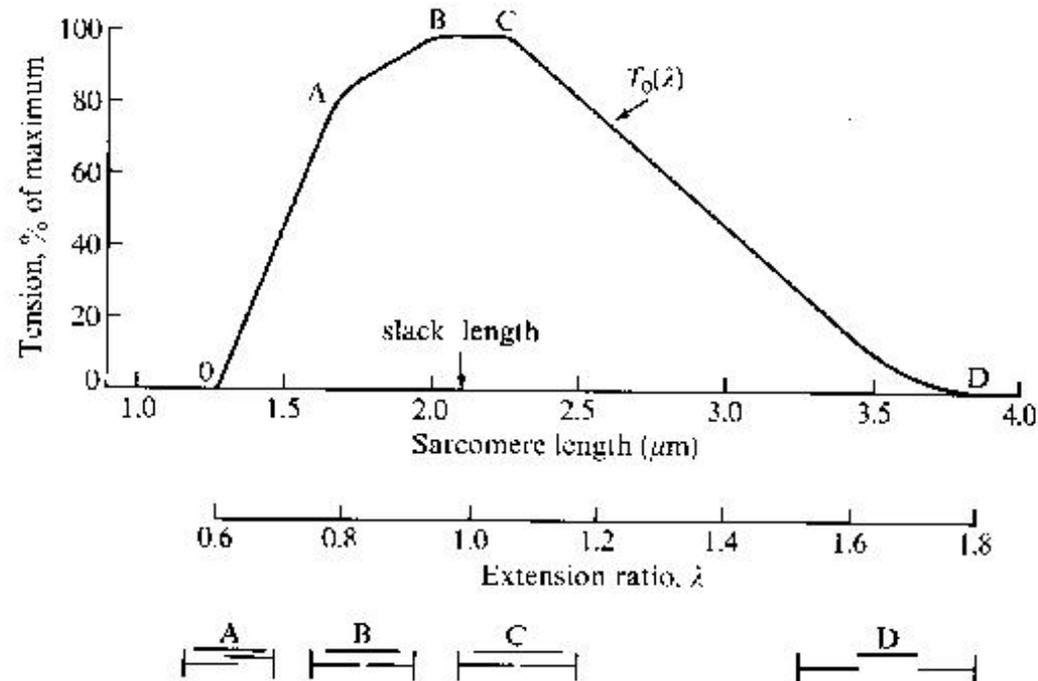
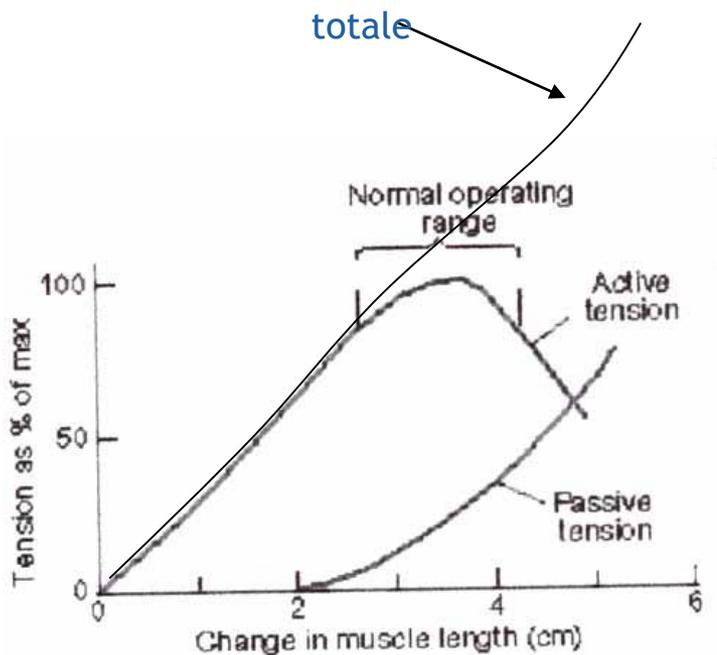
La tensione sviluppata in un muscolo dipende dalla sua lunghezza.

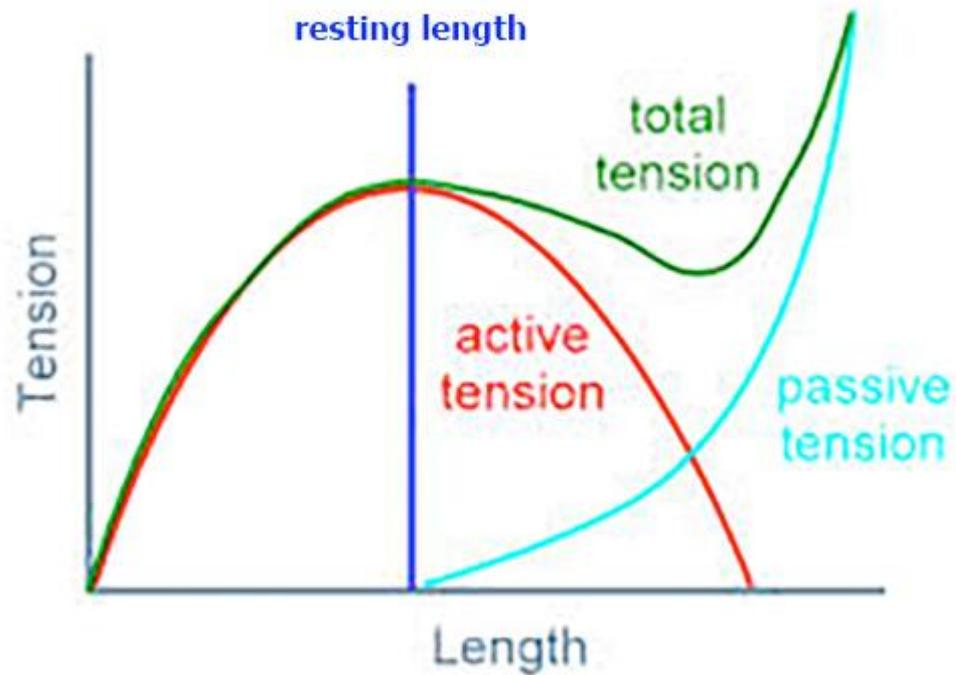
Possiamo evidenziare due tipi di tensione.

Tensione passiva, dovuto all'allungamento e alle proprietà meccaniche del tessuto connettivo

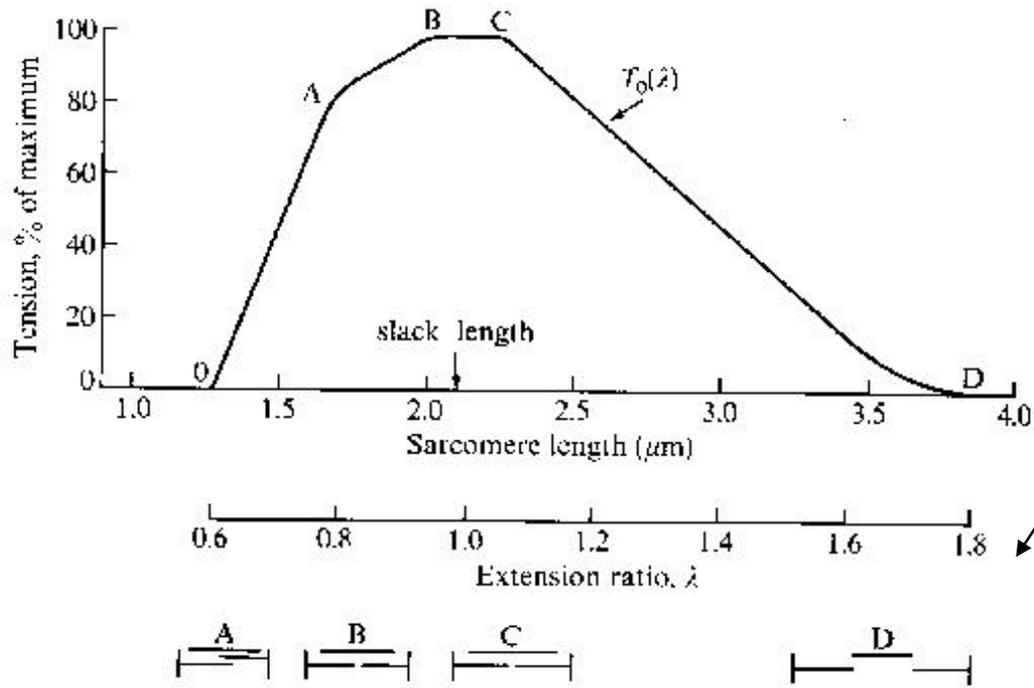
Tensione attiva, sviluppata dal interazione actina-miosina.

La tensione totale è la somma delle due.





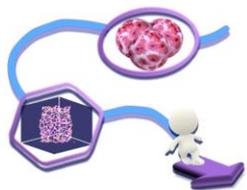
Length-Tension Curve of a Muscle



Qualè la
contrazion
e
massima?

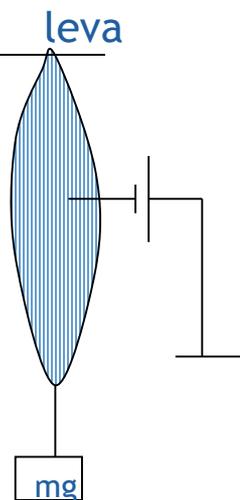
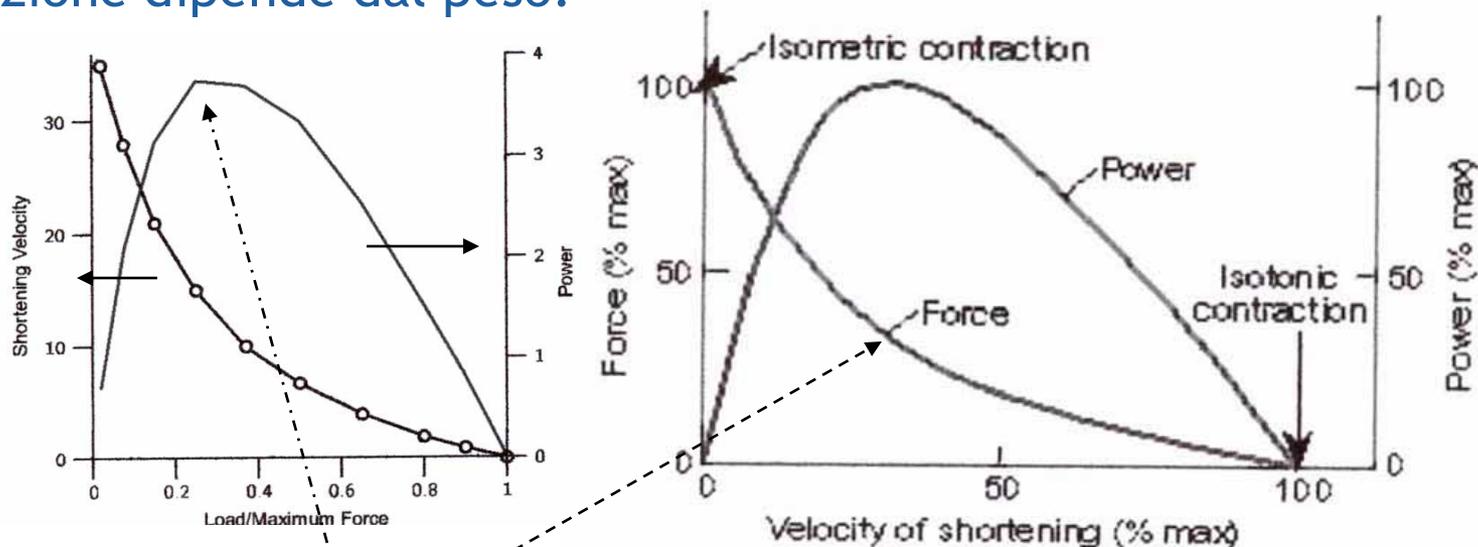
Tensione massimo è quando i due filamenti sono sovrapposti per tutte le loro lunghezze, e quindi il numero di ponti è massimo.

Un muscolo allungato e' piu' sensibile a Ca^{++} . Uno gia' accorciato meno (cioe' ci vuole piu' alte concentrazione di Ca^{++} per farlo contrare ancora)



isotonico

Qui, il muscolo deve contrarsi con un peso attaccato. Si può misurare la forza che genera il muscolo tramite una leva. Quando questo è uguale al peso, il muscolo inizia a contrarsi (prima è isometrico). La velocità della contrazione dipende dal peso.



Carico ottimale è circa 1/3 della forza massima
Velocità massima di accorciamento è correlato con l'attività del ATPase. Fibre veloci hanno ATPase più attivo, con alte velocità di regenerazione (o riciclo)



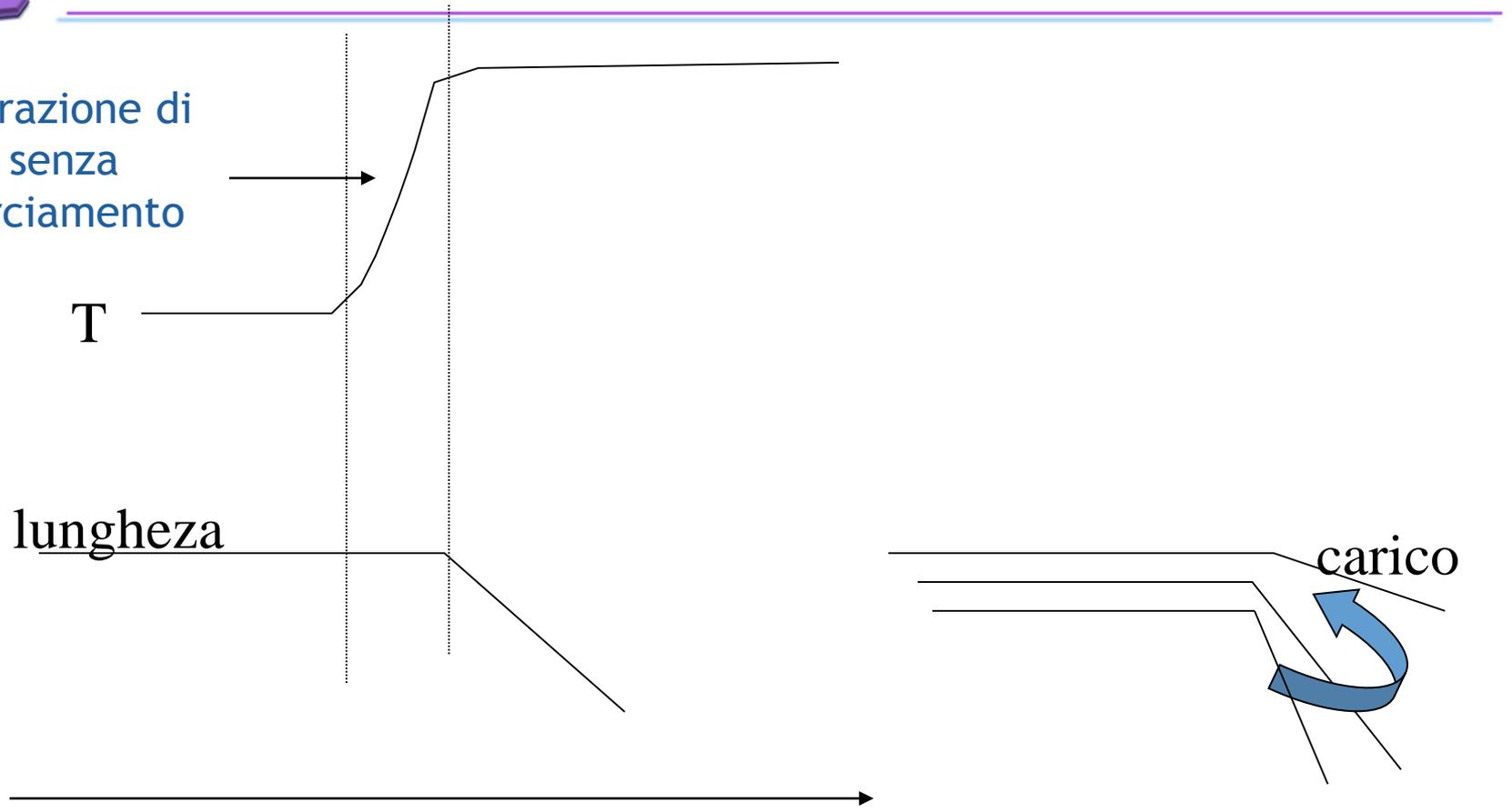
Generazione di
forza senza
accorciamento

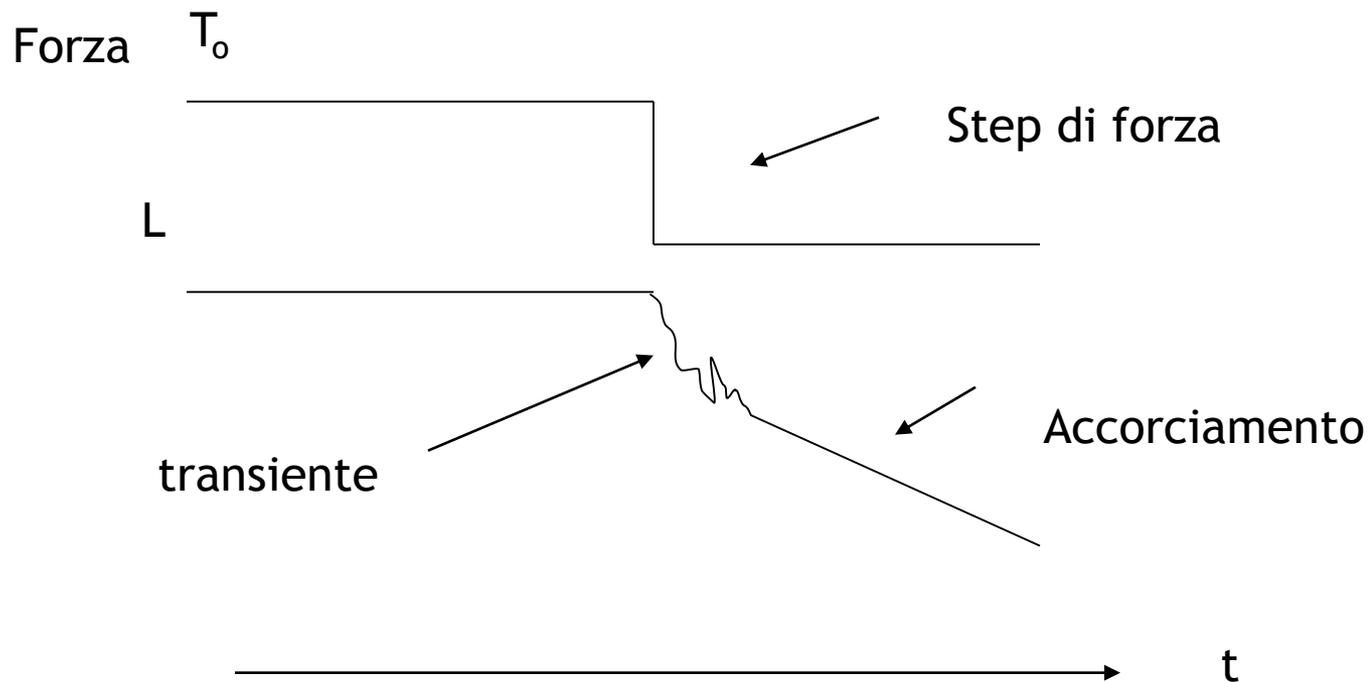
T

lunghezza

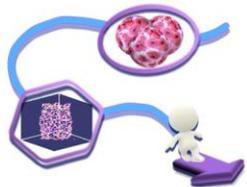
carico

t

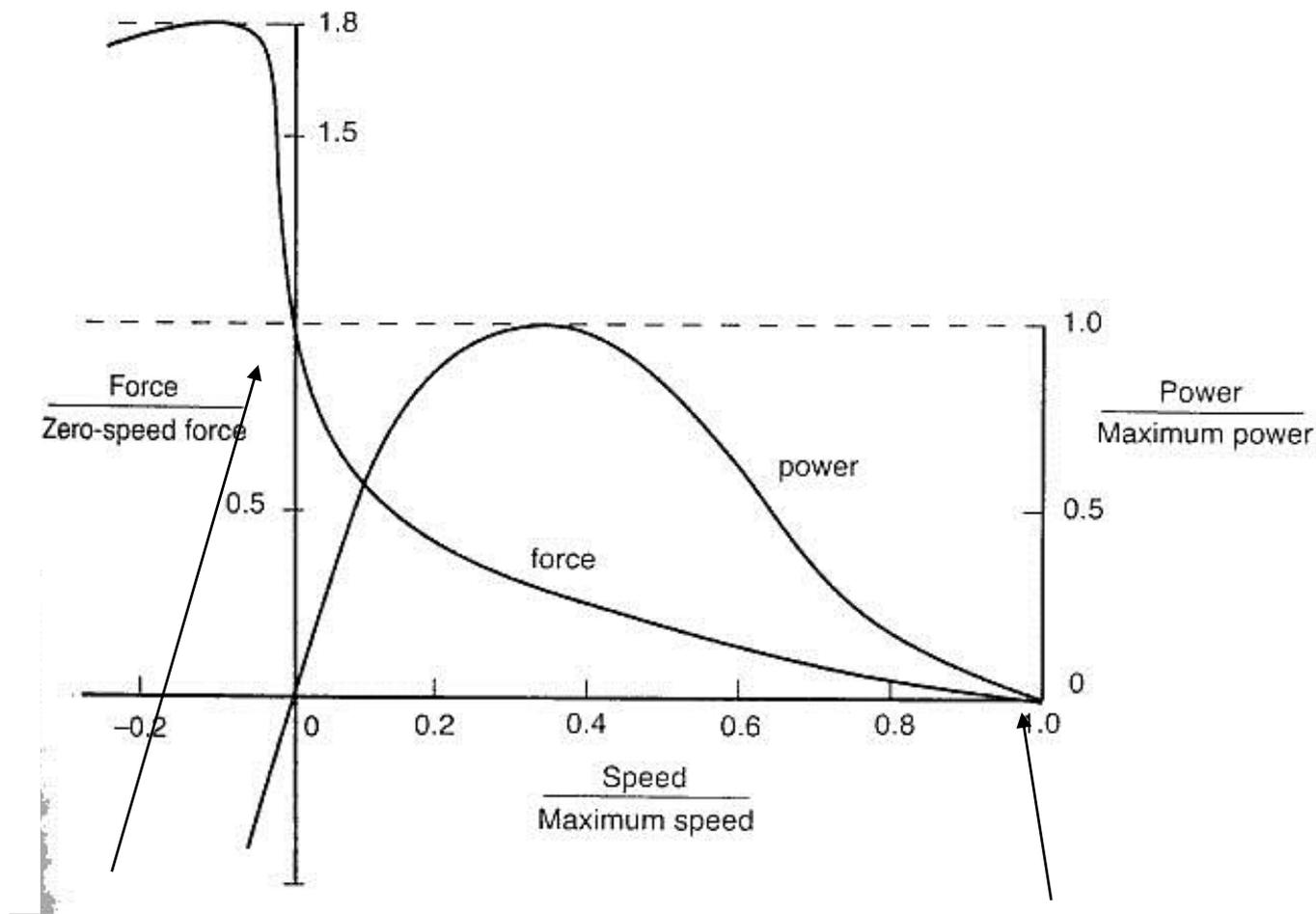




Quick release isotonic: prima si permette il muscolo di contrarsi in maniera isometrica, poi viene rilasciato velocemente con un peso attaccato.



Curva completa



tutta forza, zero velocita

Tutta velocita, 0 forza

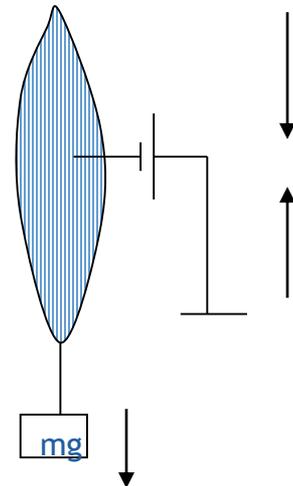


Questo comportamento è l'inverso del tessuto connettivo.

Quando il carico è elevato, la velocità diminuisce perché il carico oppone la contrazione. Prima il muscolo deve utilizzare l'energia per superare la forza del carico, e poi usa l'energia rimasta per accorciarsi. Quando il carico è molto elevato, il muscolo non può contrarsi anche quando attivato. Se il carico supera la tensione isometrica massima, la fibra si allunga. Invece quando la velocità è elevata, la forza diminuisce perché la probabilità di formare ponti diminuisce. Un'altra spiegazione è che il mezzo in cui scorre l'actina è viscoso (perché aumenta il Ca) e quindi aumenta la resistenza del scorrimento con la velocità..

Il rapporto forza velocità dipende da :

- Numero di ponti actina miosina
- La quantità di Ca^{++} rilasciato
- L'attività di ATPase
- Numero di fibre reclutate





Nella contrazione concentrica, il muscolo produce una tensione mentre si accorcia. Vengono reclutate più unità motorie

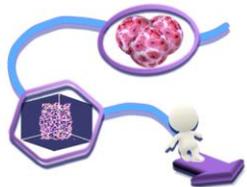
Azione eccentrico la tensione viene generato durante l'allungamento, e sono coinvolte meno fibre, meno unità motorie (EMG è meno).

Il stretch shortening cycle e' una fase di estensione eccentrico che viene seguito rapidamente da un azione concentrico, risultando in un sviluppo di potenza molto elevato. Es plyometrics

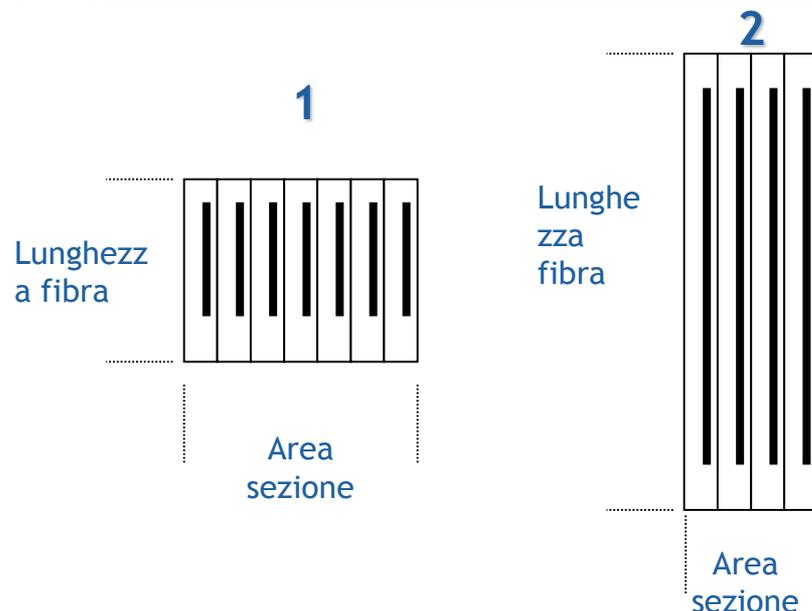


Una fibra ipertrofizzata ha effettivamente
piu sarcomeri in parallelo →
Aumenta la forza generata ma non cambia
la velocita' di accorciamento, ne
l'accorciamento massimo.

Una fibra allungata (con lo stretching!) ha
piu' sarcomeri in serie → non
cambia la forza generata, ma aumenta la
velocita' e la capacita di contrare



PCSA



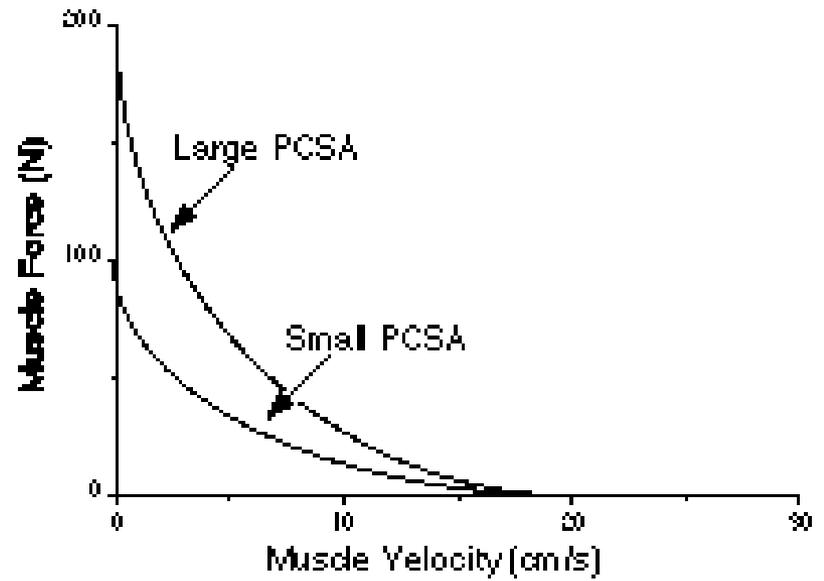
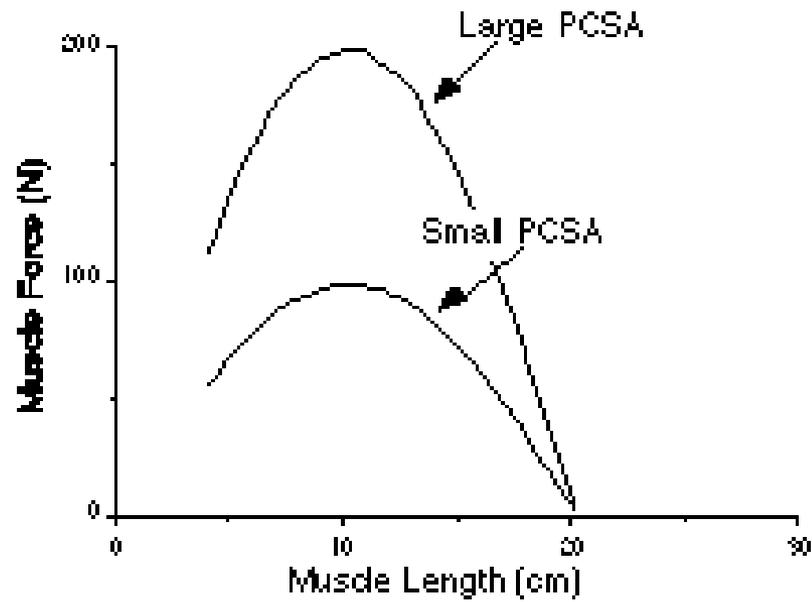
MUSCOLI CON VOLUMI UGUALI: CAMBIA LUNGHEZZA E AREA DI SEZIONE

Ad esempio una fibra trofizzata ha più sarcomeri in parallelo, e un PCSA maggiore. La forza generata aumenta. Non cambia la velocità o la contrazione massima (accorciamento).

PCSA: physiological cross sectional area = no di fibre \times area media per fibra = volume del muscolo \times area media per fibra / volume media per fibra = Volume del muscolo / lunghezza media per fibra = massa / densità / lunghezza media per fibra .

Forza sviluppata = tensione specifico (N/cm²) * PCSA

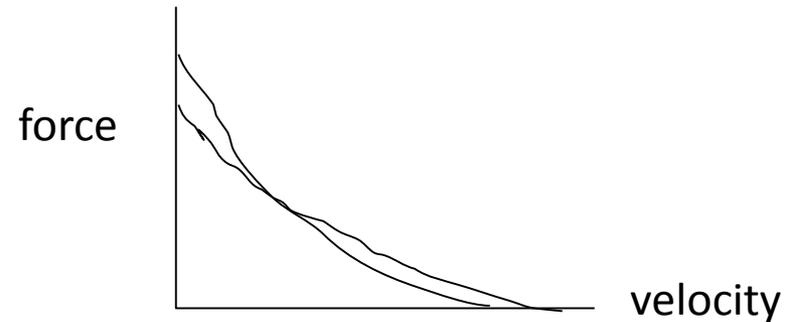
Il PCSA è circa 30-40 N/m²
È un valore abbastanza conservato nei mammiferi





Adesso consideriamo la stessa sezione ma lunghezze diverse.

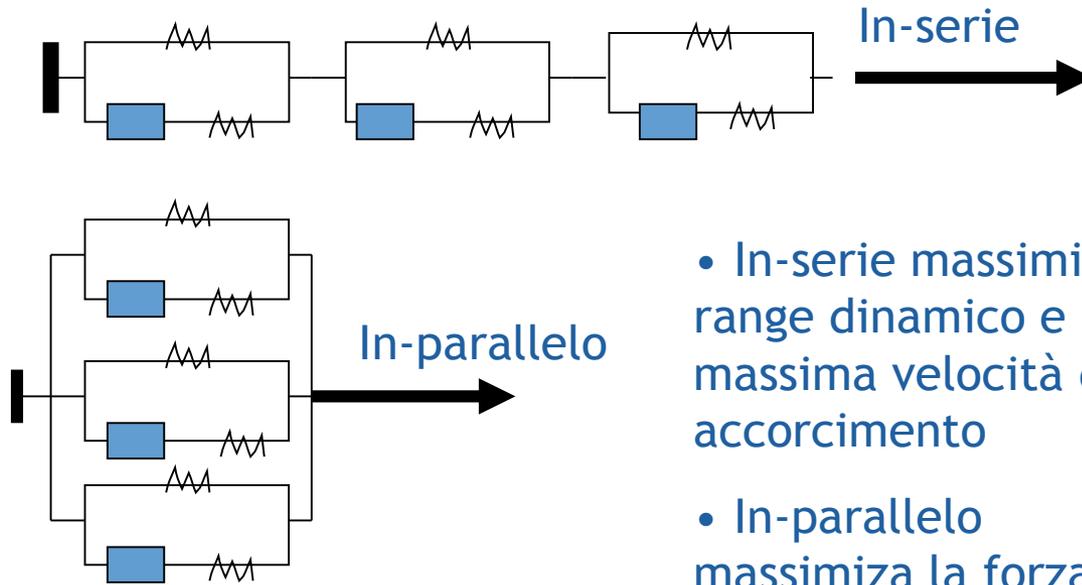
Una fibra più lunga (forse grazie allo stretching o, più probabile ai geni), ha più sarcomeri in serie A longer fiber (maybe lengthened by stretching!) . La forza generata non aumenta ma la velocità e la capacità di contrarsi di più aumentano.





PCSA proporzionale alla forza.

Lunghezza proporzionale alla velocità



- In-serie massimizza il range dinamico e massima velocità di accorciamento
- In-parallelo massimizza la forza

Però
rimane
costante la
potenza
massima



	Slow	Fast	Intermediate
Vel contrazione	bassa	alta	intermedia
Forza	bassa	alta	intermedia
Fatica	no	Si- molto rapido	misto
metabolismo	aerobico	anerobico	misto
'Colore'	rosso	bianco	misto

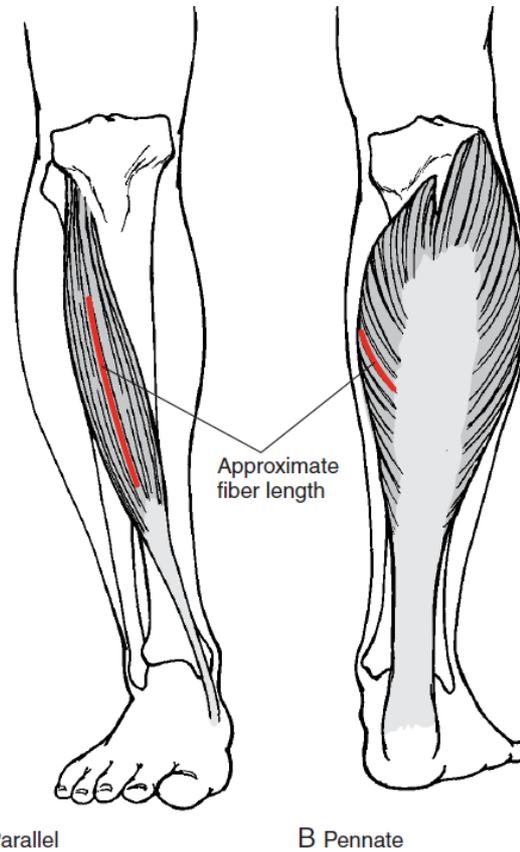


Figure 4.7: The relationship between muscle architecture and muscle fiber length. The fibers in a muscle with parallel fibers are typically longer than the fibers in a muscle of similar overall size but with pennate fibers.



Modello Hill

Modello di Hill per la contrazione muscolare. In 1938 Hill ha proposto il suo modello per muscolo tetanizzato in condizioni di quick release. Ha misurato con grande cura e precisione, a temperature controllate, il calore prodotto in varie situazioni .

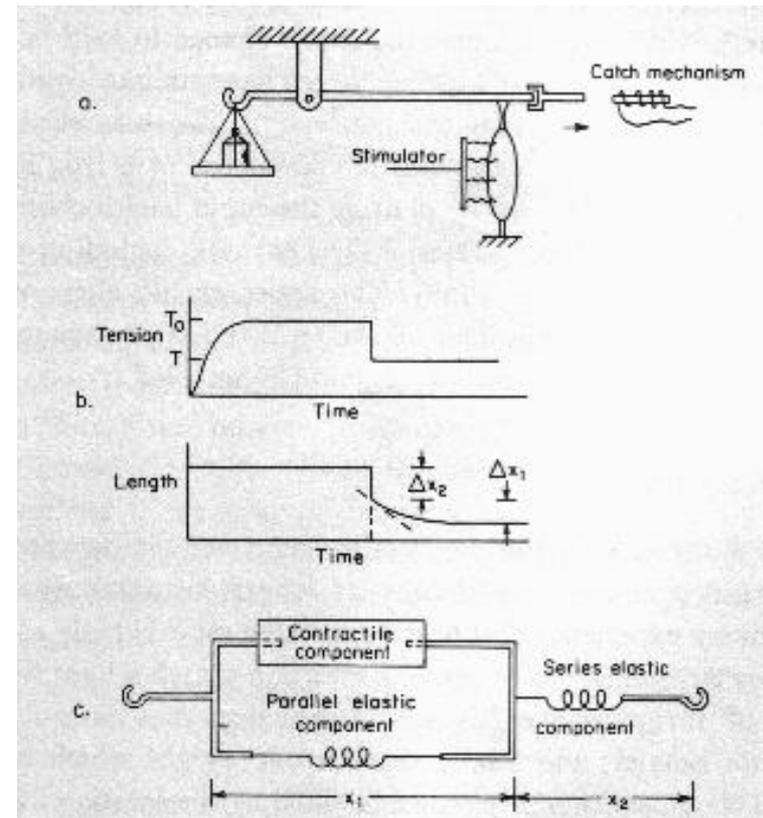
$$(v+b)(T+a)=b(T_0+a)$$

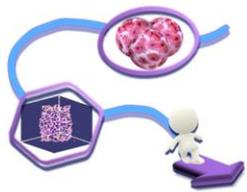
T : tensione sviluppato

v : velocità di contrazione

T_0 : forza isometrica massima (quando $v=0$)

a, b : costanti che dipendono dal tipo di muscolo.





Modello di Hill

$$(v+b)(T+a)=b(T_0+a)$$

Per ricavare l'equazione, identifico un numero di energie indipendenti e ho scritto un bilancio.

$$E=A+H+W$$

E= velocità totale di rilascio di energia

A = Energia di attivazione o mantenimento per unità di tempo

W=lavoro meccanico per unità di tempo (potenza), T_v

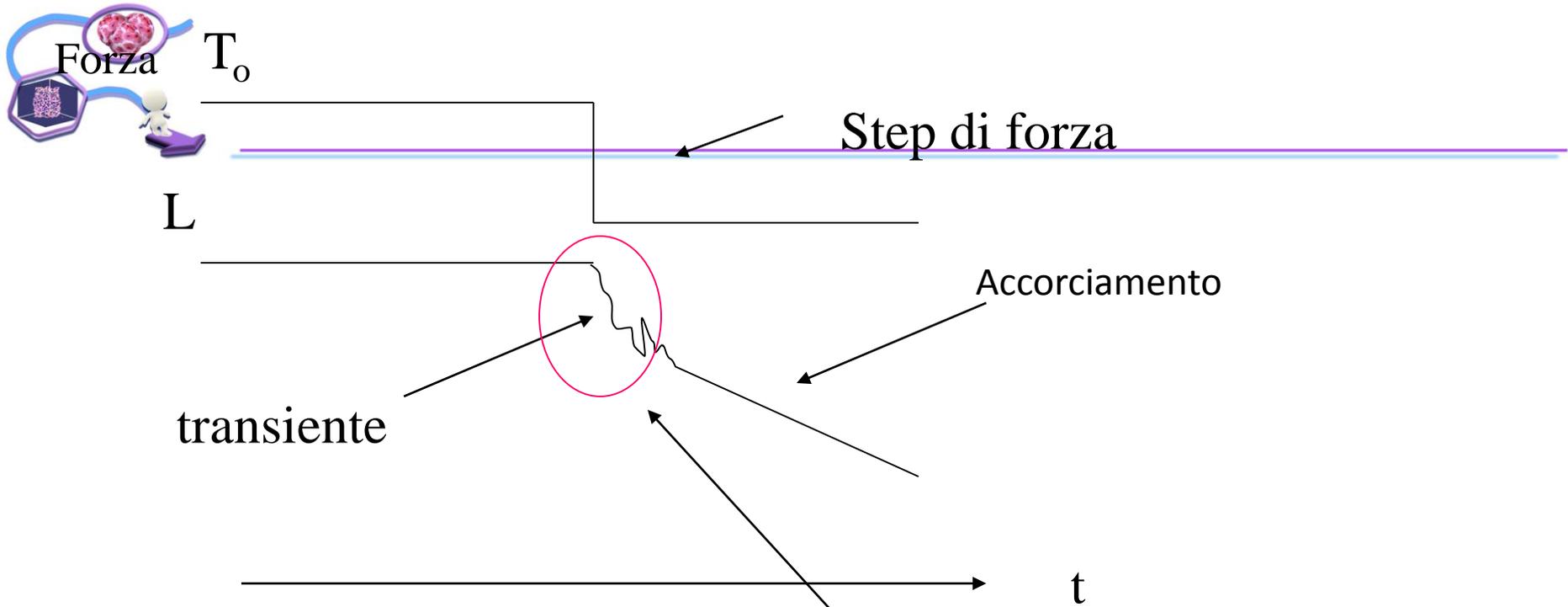
H=calore di accorciamento- questo si ha in aggiunta a A durante una contrazione-dissipazione

In condizioni isometriche, $E=A$

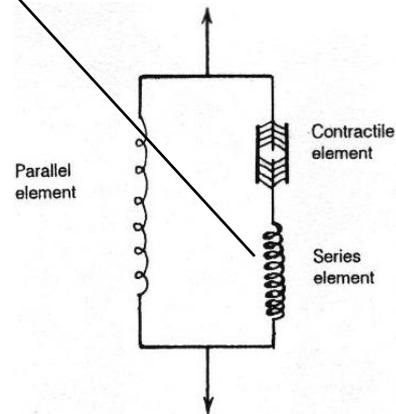
Il calore in più' durante una contrazione è $H+W$, e Hill dimostrò empiricamente che

$$H+W=b(T_0 - T) , e H=av$$

$$(v+b)(T+a)=b(T_0+a)$$



Quick release isotonic:
 prima si permette il muscolo di contrarsi in maniera isometrica, poi viene rilasciato velocemente con un peso attaccato.





$$v = b \frac{P_0 - P}{P + a}$$

$$v_0 = b \frac{P_0}{a}$$

$$\frac{v}{v_0} = \frac{1 - \frac{P}{P_0}}{1 + c \frac{P}{P_0}}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{1 - \frac{v}{v_0}}{1 + c \frac{v}{v_0}}$$

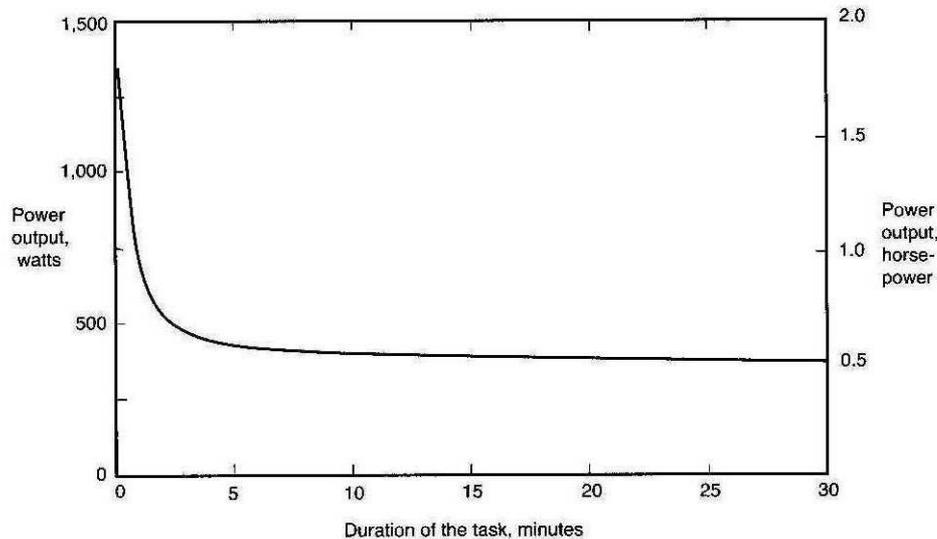
dove

$$c = \frac{P_0}{a}$$



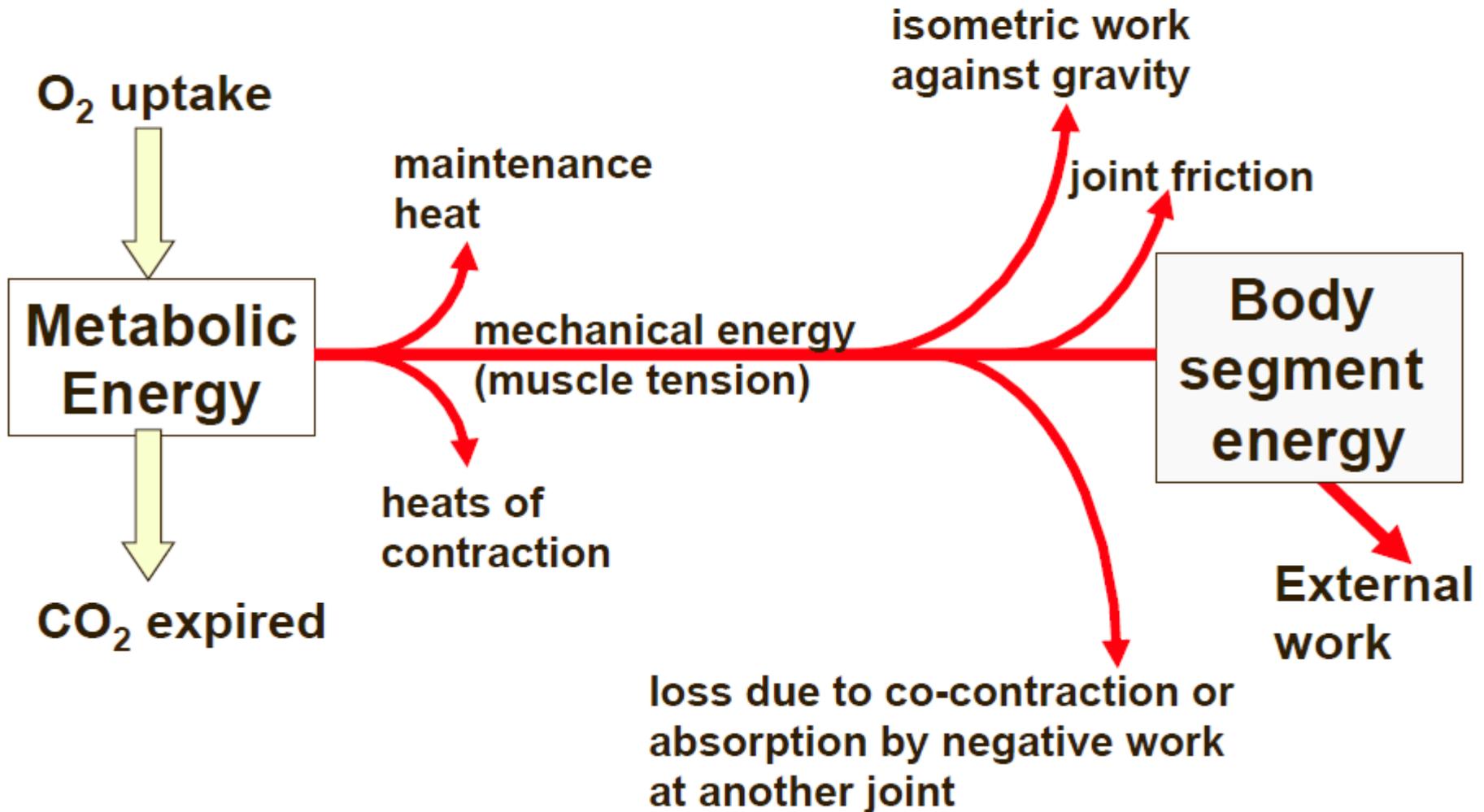
Potenza

Tutti vertebrati hanno la stessa lunghezza di sarcomero
Massima potenza :
200 Watts sostenuto per un uomo std, ed è limitato dal metabolismo.



Questo e' da un ciclista campione, 375 W aerobico

Flow of Energy

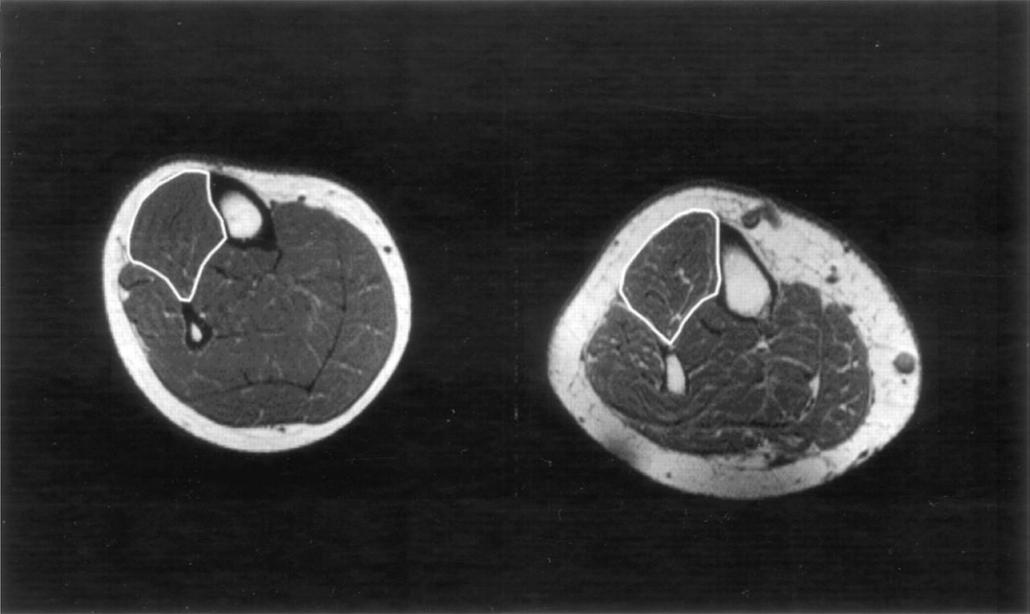
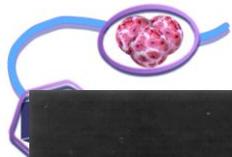


Efficienzia meccanica max circa 25% e
diminuisce con aumento di Potenza.



Limite di Potenza (uscita meccanica)

- Potenza intrinseca del muscolo → per singolo movimento di circa 1 s (6000W in, 1500 W out) Riserve di fosocreatina
- Disponibilità di energia immediata (anerobica) → per movimenti da 0.1- 5 minuti (4000 in 1500-370 W out) $C_6H_{12}O_6$ Acido lattico+ energia
- Capacità del corpo di trasportare O_2 (aerobica) per movimenti da 5-150 minuti (2000 W in 300-370 W out) →
- Usura dei muscoli e bisogna di mangiare → per lavoro sostenuto di diverse ore (1000 in, 150-200 out) Sono per un uomo intero



26 yr old female
CSA = 10.2 cm²
leg circumference = 37.7
cm

67 yr old female
CSA = 8.7 cm²
leg circumference = 44.0
cm

Calcolare la forza massima sviluppata da questi muscoli se la tensione specifica e' 30 N/cm²,

Muscle	CSA (cm ²)
Biceps Brachii	5.8
Brachialis	7.4
Brachioradialis	2.0
Triceps Brachii	23.8

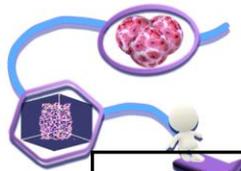
- 1. La forza di un legame actina miosina e' stata stimata: circa 2-5 pN.
- Stimare un valore tipico per la forza specifica di un muscolo vertebrato in N/cm² e cosi stimare il numero di ponti in un muscolo (es. Bicipite).



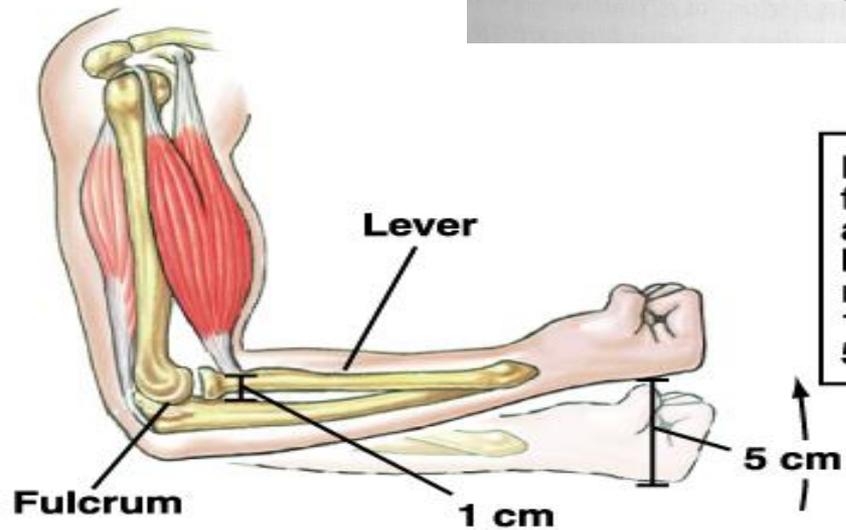
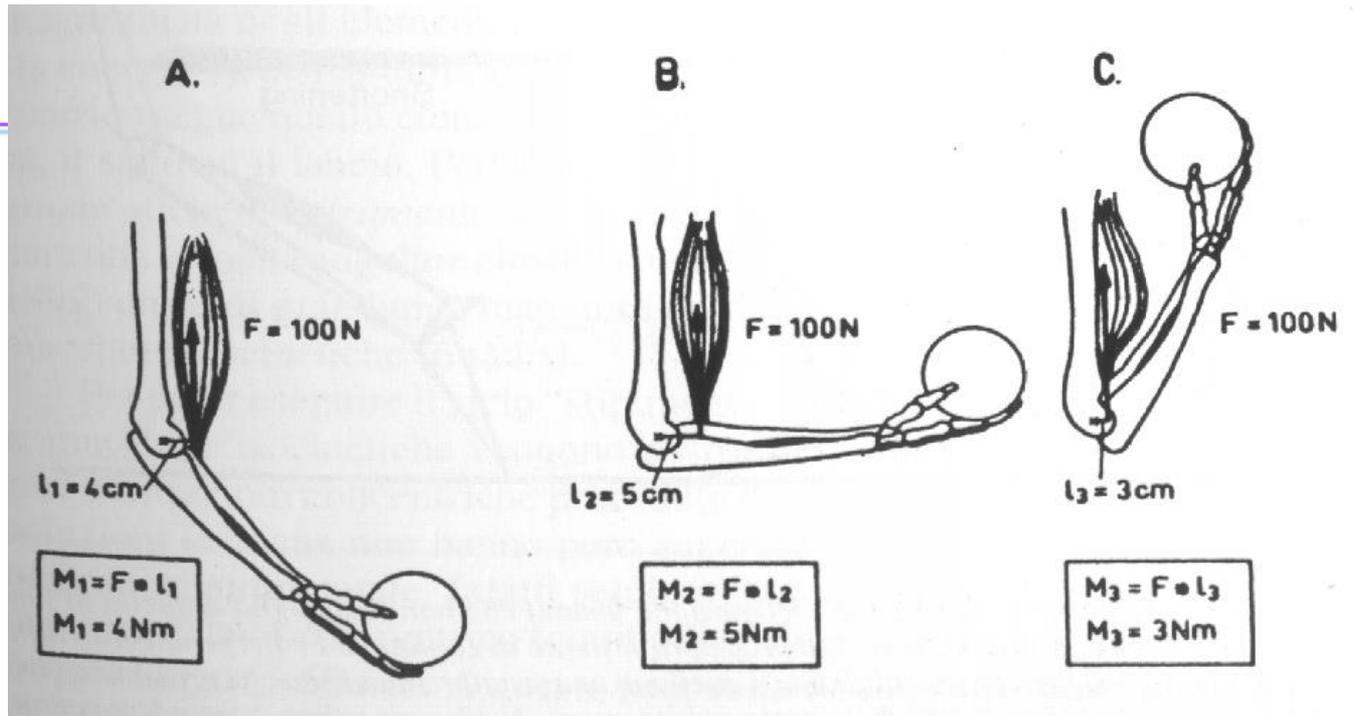
Ricerca

Cercare

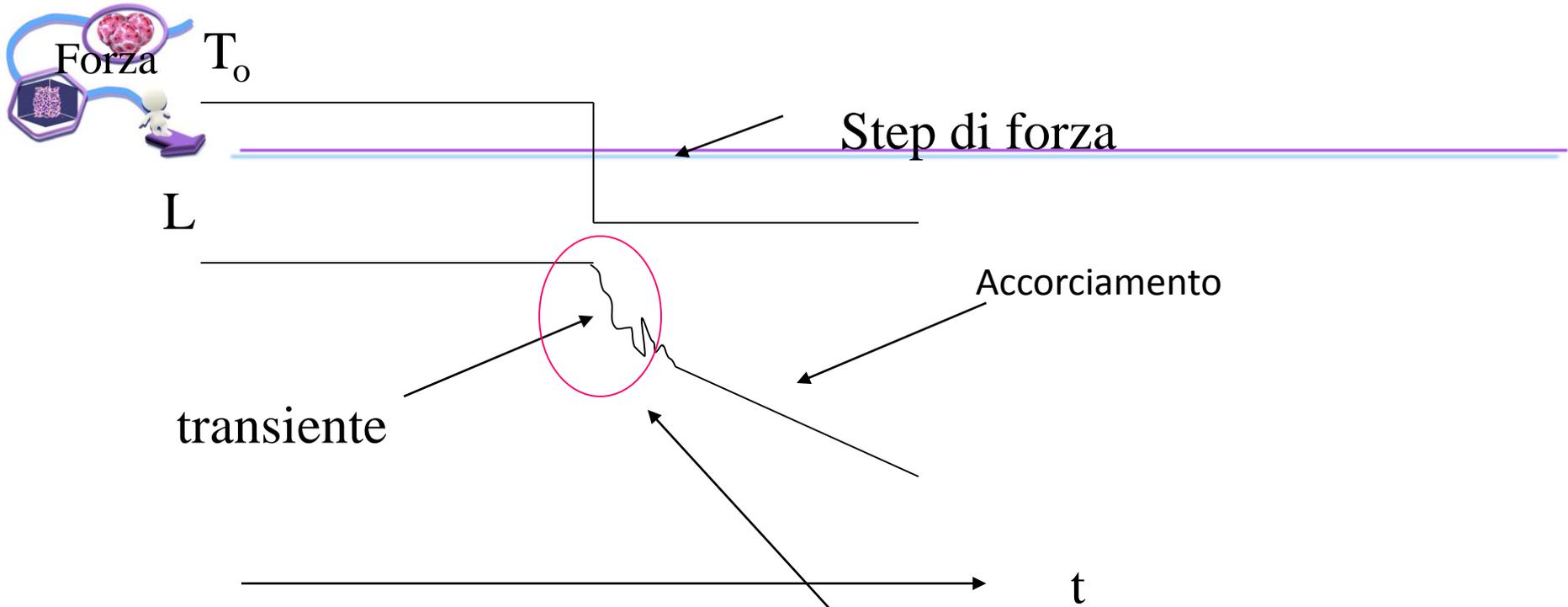
1. Causa di rigor mortis
2. Il muscolo più lungo del corpo umano
3. Il muscolo più grande
4. Il muscolo più piccolo
5. La percentuale di muscolo nel corpo e il suo esponente allometrico
6. I fattori che modulano la curva isotonica (velocità massima e forza massima)
7. Le differenze tra fibre slow e fast twitch
8. La differenza biologica/intrinseca tra fast e slow twitch
9. La massima potenza del muscolo umano in W/Kg
10. Le differenti forme di muscoli nel corpo e come sono correlate alle funzioni del muscolo
11. Efficienza del muscolo



materiale	Potenziale di attuazione, V	Vel (strain/temp o)	Strain massimo , %	Modulo elastico, MPa	Densita', kg/m ³
Polimero conduttore	5	1%/1 s	0.1	3	1.1
Gel di polivinilalcol	1	1%/10 s	0.01	0.3	1.01
Elastomero siliconico	1000	1%/10 ms	3	10	1.5
ceramica	100	1%/1 ms	1	10000	3.8
muscolo					



Because the insertion of the biceps is close to the fulcrum, a small movement of the biceps becomes a much larger movement of the hand. When the biceps contracts and shortens 1 cm, the hand moves upward 5 cm. If the muscle shortens in 1 second, the hand then moves at a speed of 5 cm/sec.



Quick release isotonic:
 prima si permette il muscolo di contrarsi in maniera isometrica, poi viene rilasciato velocemente con un peso attaccato.

