www.fisiokinesiterapia.biz

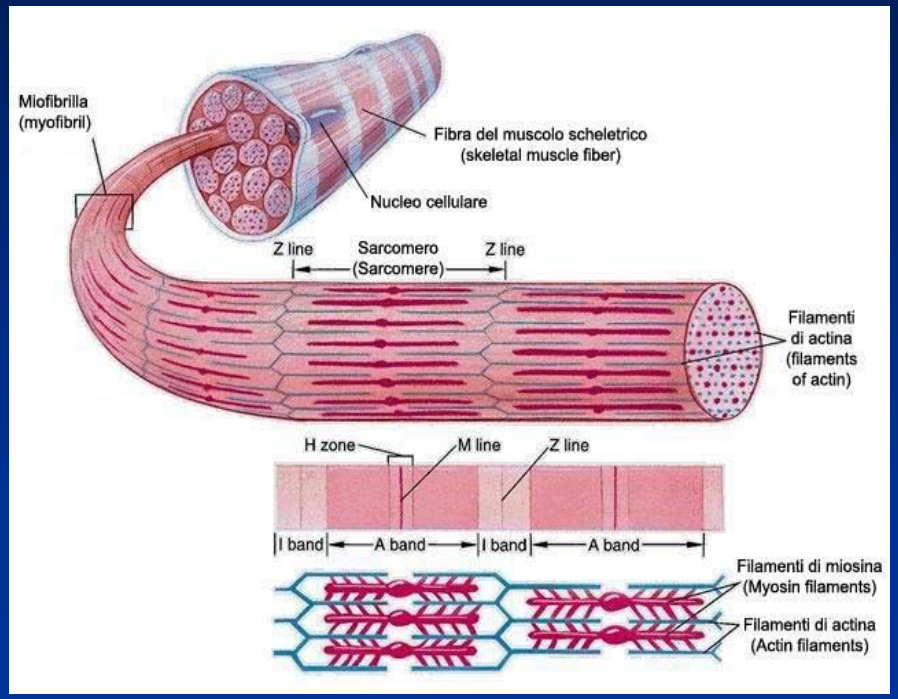
MUSCOLI SCHELETRICI

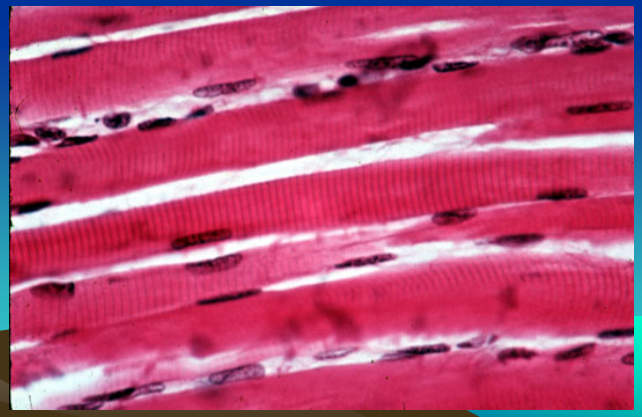
Cenni di anatomia e istologia

Un muscolo è costituito da numerose fibre, fra di loro parallele ed unite da tessuto connettivo.

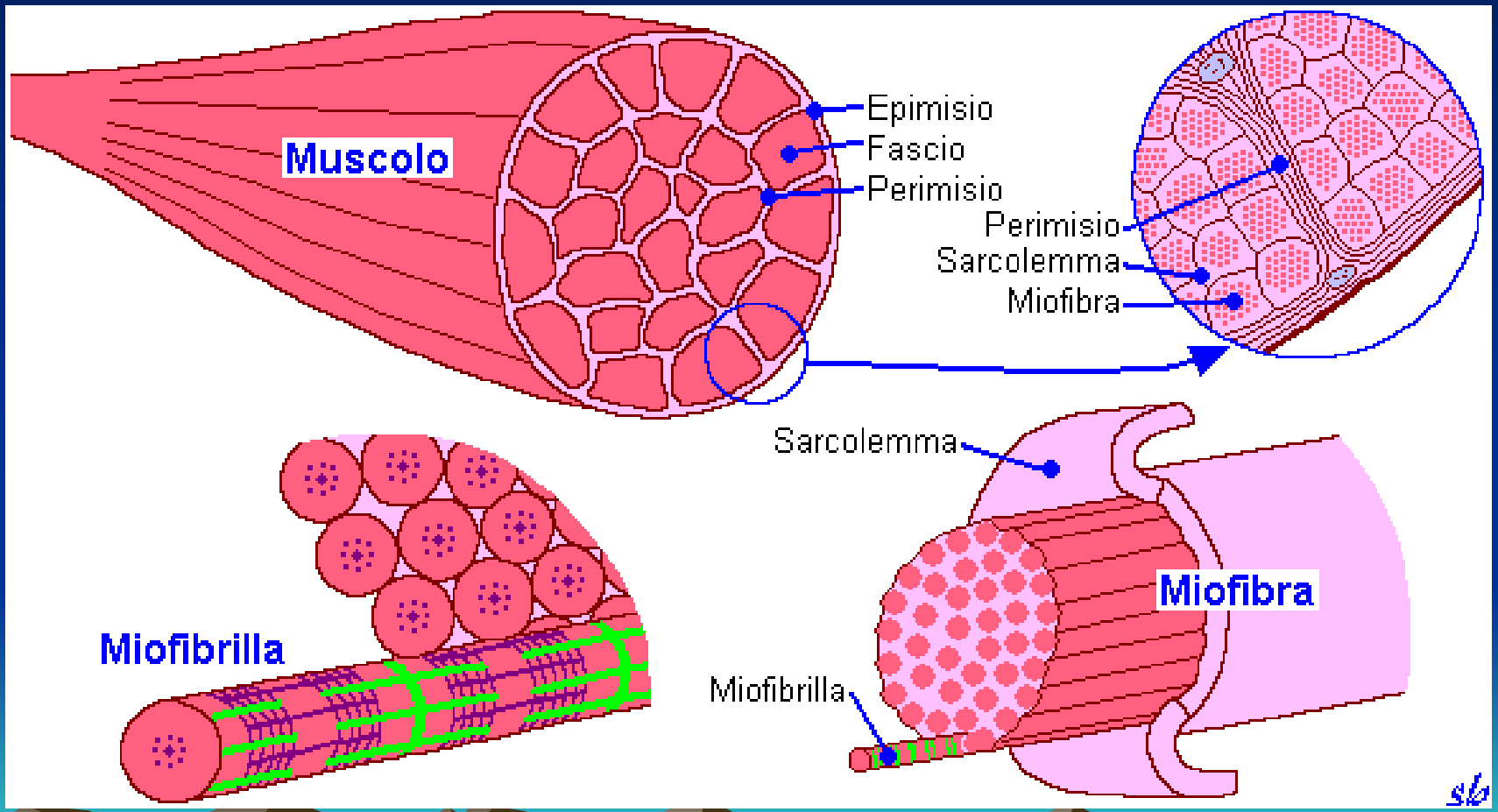
Una fibra muscolare è una singola cellula, plurinucleata, costituita da migliaia di filamenti interni (miofibrille).

Le miofibrille, a loro volta, sono costituite da filamenti più piccoli (miofilamenti), paralleli e riuniti in fasci.





Cenni di anatomia e istologia



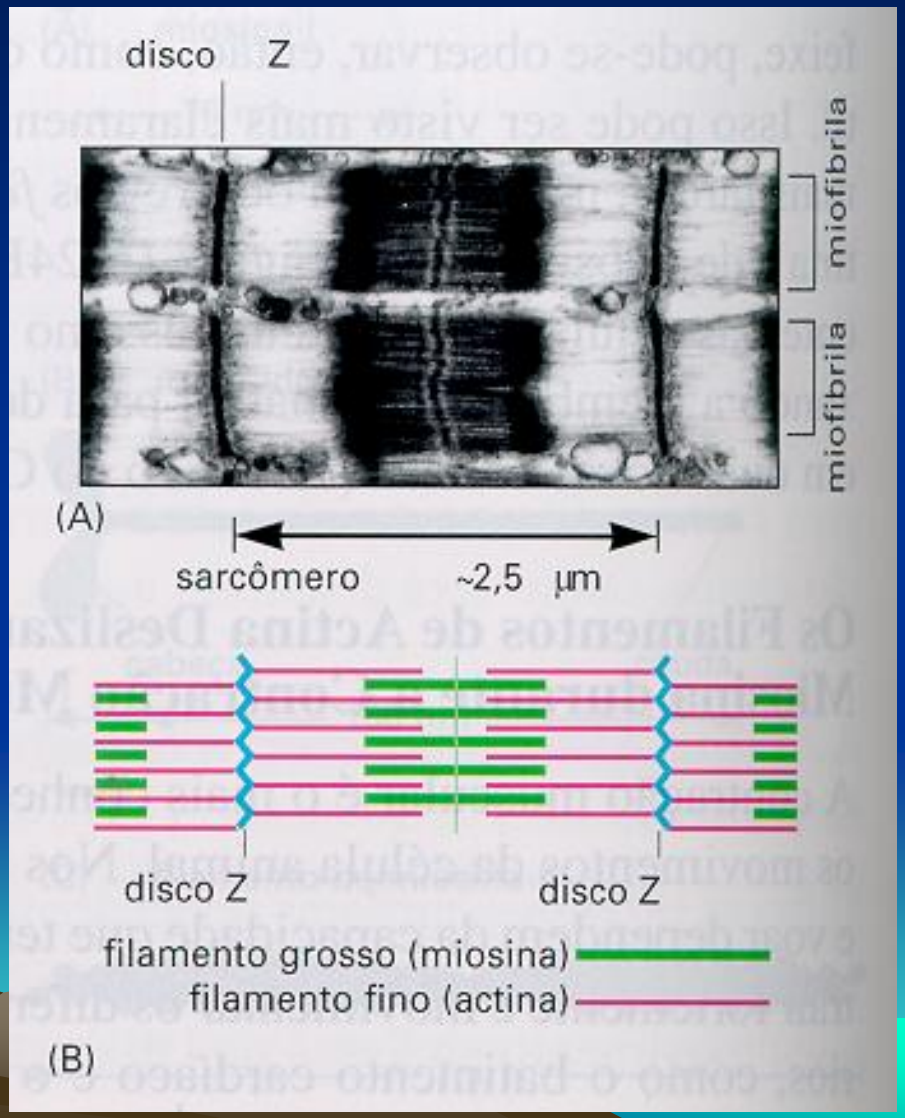
Cenni di anatomia e istologia

- **Costituenti il muscolo scheletrico**
- - Acqua (circa il 75%) - Proteine (circa il 20%). Le più importanti sono la miosina e l'actina
- - Glicidi (0,5-1,5%). Il più importante è il glicogeno
- - Grassi neutri, colesterolo e fosfolipidi
- - Sali minerali (circa il 5%)
- - Enzimi
- - Sostanze estrattive azotate (es.: creatina e urea) e sostanze estrattive non azotate (es.: acido lattico)
- - Pigmenti (es.: la mioglobina)

Cenni di anatomia e istologia

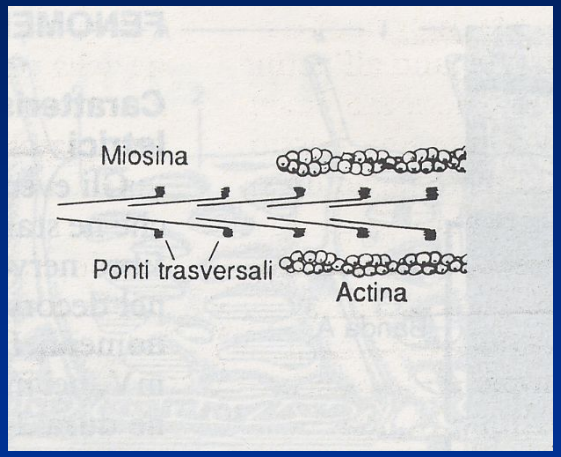
I miofilamenti sono suddivisibili, in base a dimensioni e composizione proteica, in due sottotipi: spessi e sottili.

I miofilamenti spessi hanno un maggior contenuto di miosina (PM 460.000), i miofilamenti sottili sono prevalentemente costituiti da actina (PM 43.000)

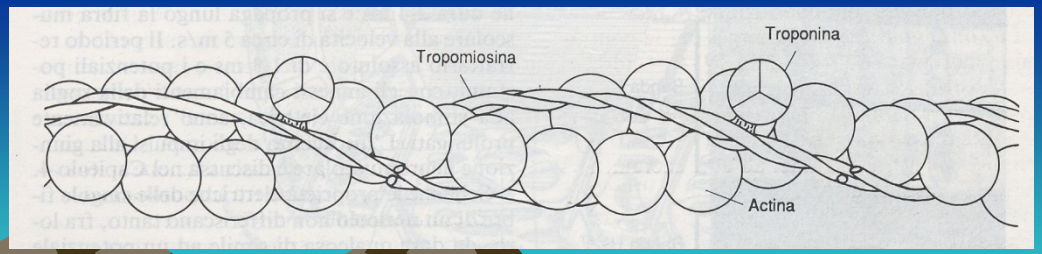


Cenni di anatomia e istologia

Ogni miofibrilla è costituita da filamenti formati dalle proteine contrattili miosina e actina.



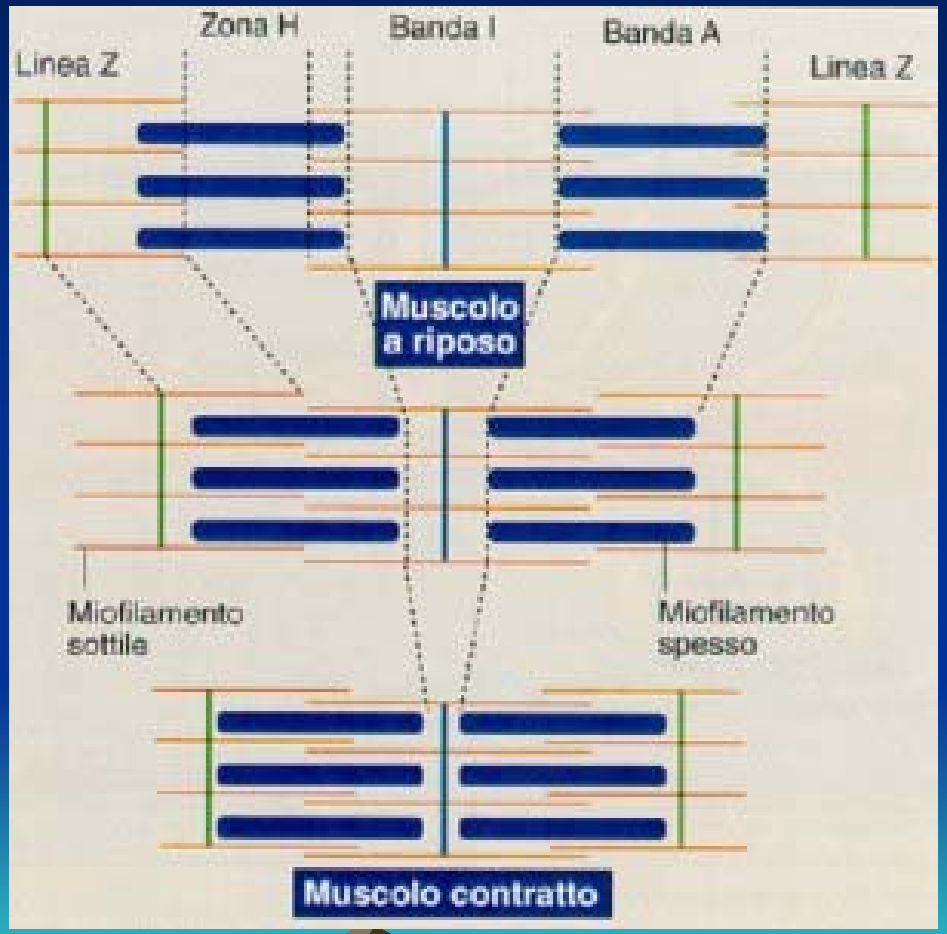
Il complesso troponina (tre subunità: I, T, C) e la tropomiosina completano funzionalmente la struttura proteica contrattile



Cenni di anatomia e istologia

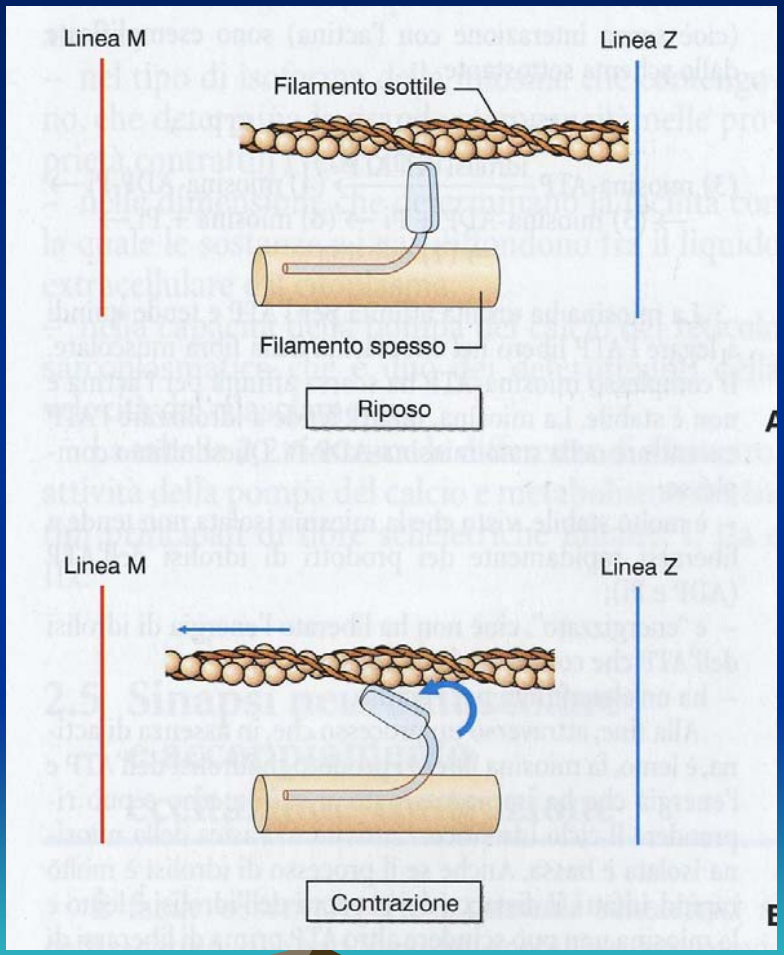
I filamenti di actina e miosina sono interdigitati.

Scorrendo gli uni sugli altri sono responsabili della contrazione muscolare.



Cenni di anatomia e istologia

In seguito al legame del calcio con la troponina C, quindi a modificazioni steriche tra troponina I e actina, le teste di miosina sono libere di scorrere sui filamenti dell'actina, determinando l'accorciamento dei filamenti e la contrazione della fibra.



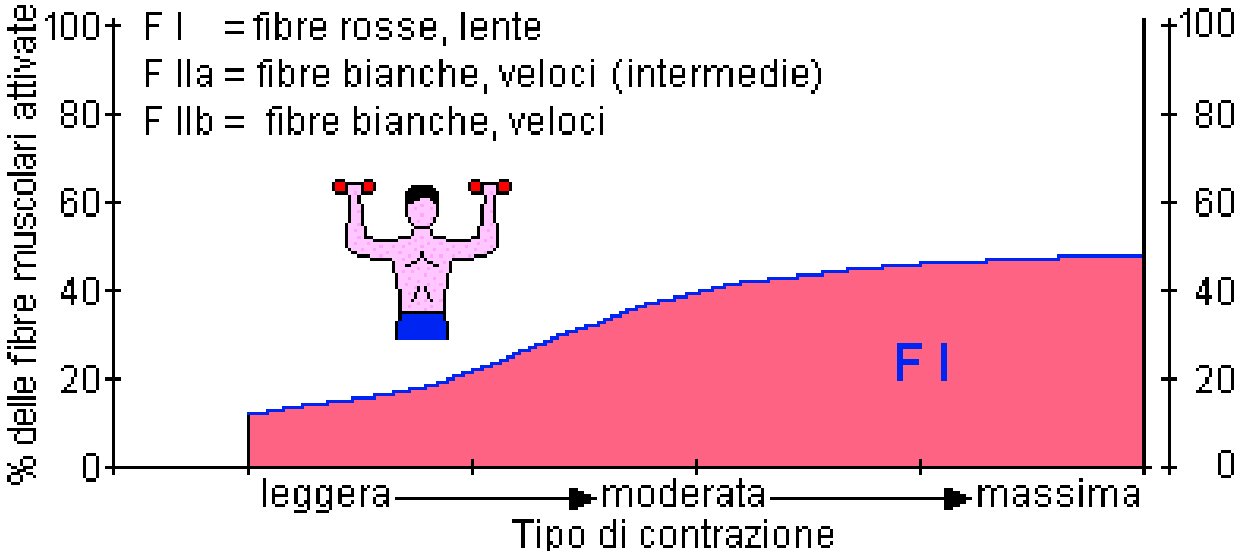
Cenni di anatomia e istologia

Le fibre che costituiscono un muscolo sono differenziabili sulla base di una componente della miosina (la catena pesante), in tre varietà:

- **Fibre di tipo I (o rosse, o toniche, ST): producono una contrazione lenta e di lunga durata;**

- **Fibre di tipo IIb (o bianche, o rapide, FT): generano una contrazione rapida e breve;**

- **Fibre di tipo IIa: presentano caratteristiche intermedie, tra le due tipologie precedenti**



FIBRE I	FIBRE IIa	FIBRE IIb
- bassa intensità di tensione; - bassa velocità di contrazione; - alto potere ossidativo; - ricche di mitocondri e mioglobina; - elevata densità di capillari sanguigni.	- medio-alta intensità di tensione; - elevata velocità di contrazione; - alto potere ossidativo; - medio potere glicolitico.	- elevatissima intensità di tensione; - altissima velocità di contrazione; - alto potere glicolitico.
RESISTENZA	FORZA MUSCOLARE	
	Con allenamento opportuno possono assumere le caratteristiche delle fibre IIb.	Con allenamento opportuno possono assumere le caratteristiche delle fibre IIa.

Caratteristiche delle fibre del muscolo scheletrico umano

(C. Bosco: “La forza muscolare. Aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche” - Società Stampa Sportiva 1997)

CARATTERISTICHE DELLE FIBRE	ST	FTa	FTb
Velocità conduzione nervosa (m x sec $^{-1}$)	60-80	80-100	80-130
Frequenza di stimolo nervoso (Hz)	5-30	60-70	60-80
Lunghezza delle fibre	+	++	+++
Lunghezza dei sarcomeri	+	+++	+++
N° delle miofibrille per fibra	+	++	+++
N° di fibre costituenti l'unità motoria	+++	++	+
Tempo di contrazione della fibra (ms)	100-150	50-60	40-80

La forza muscolare

Per forza muscolare si intende la capacità di un muscolo di sviluppare attivamente una tensione ai suoi capi tendinei.

La forza sviluppata da un muscolo umano oscilla tra 16 e 30 Newton/cmq di sezione del muscolo stesso, indipendentemente dal sesso.
Da ciò si evince che la forza massima sviluppata aumenta con l'aumentare della massa muscolare e quindi della sua sezione.

In base alla principale FUNZIONE SVOLTA i muscoli possono essere suddivisi in:
- muscoli fasici (deputati al movimento);
- muscoli tonici (antigravitari o posturali).

Caratteristiche anatomiche e funzionali dei muscoli tonici e fasici

(Stockmeyer 1970, integrata da Spring et al. 1986).

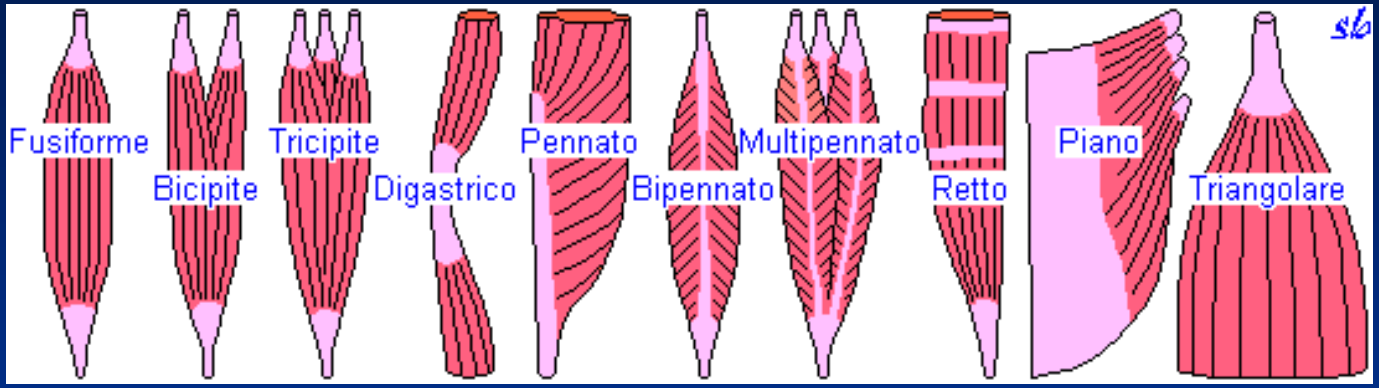
MUSCOLI DEL GRUPPO TONICO

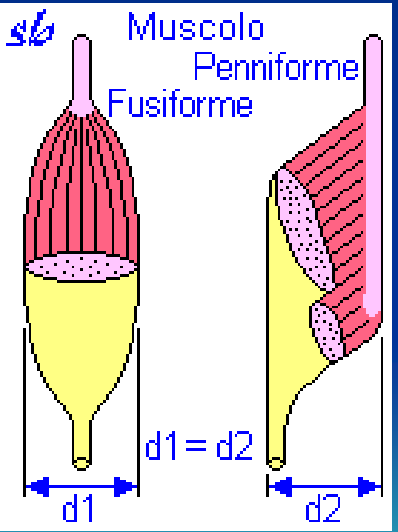
- Hanno funzione di sostegno (posturali).
- Si affaticano tardivamente.
- Contengono più fibre muscolari rosse (lente).
- Si contraggono più lentamente.
- Reagiscono al carico errato con accorciamento e con peggioramento funzionale.
- Hanno fibre muscolari più corte e sono per lo più penniformi.
- Sono localizzati più profondamente e più medialmente.
- Generalmente appartengono al gruppo degli estensori le cui funzioni comprendono anche l'abduzione e la rotazione esterna.
- Sono più forti di circa 1/3.
- Esprimono la massima potenza a velocità di contrazione moderata.
- Se inattivi divengono più lentamente deboli.
- Tendono ad accorciarsi a causa della continua tensione a cui sono sottoposti.

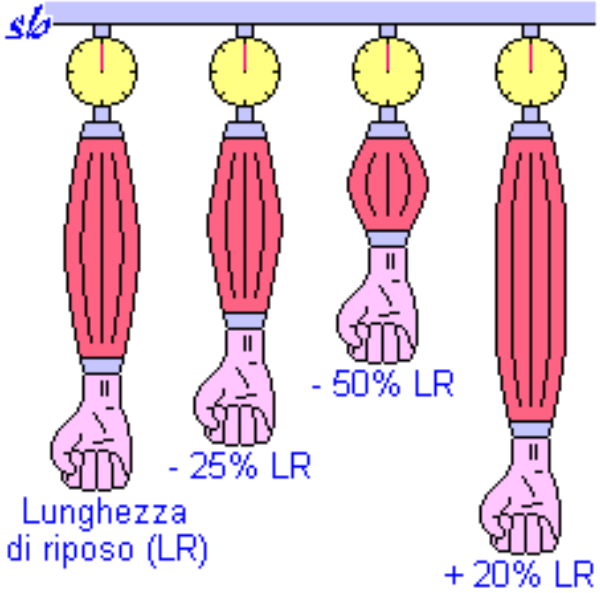
MUSCOLI DEL GRUPPO FASICO

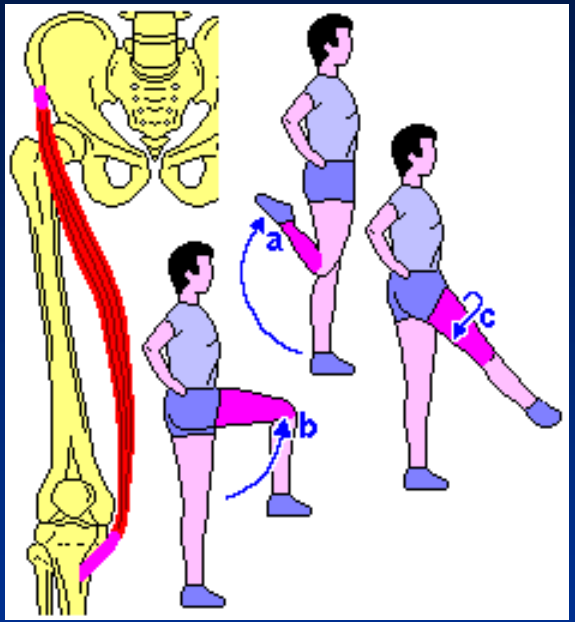
- Hanno funzione di movimento.
- Si affaticano precocemente.
- Contengono più fibre muscolari bianche (rapide).
- Si contraggono più rapidamente.
- Reagiscono al carico errato con indebolimento e peggioramento funzionale.
- Hanno fibre muscolari più lunghe e sono per lo più fusiformi.
- Sono localizzati più superficialmente e più lateralmente.
- Generalmente appartengono al gruppo dei flessori le cui funzioni comprendono anche l'adduzione e la rotazione mediale.
- Sono più deboli.
- Esprimono la massima potenza a velocità di contrazione elevata.
- Se inattivi divengono più rapidamente deboli.
- Tendono ad allungarsi con l'inattività.

La forza muscolare

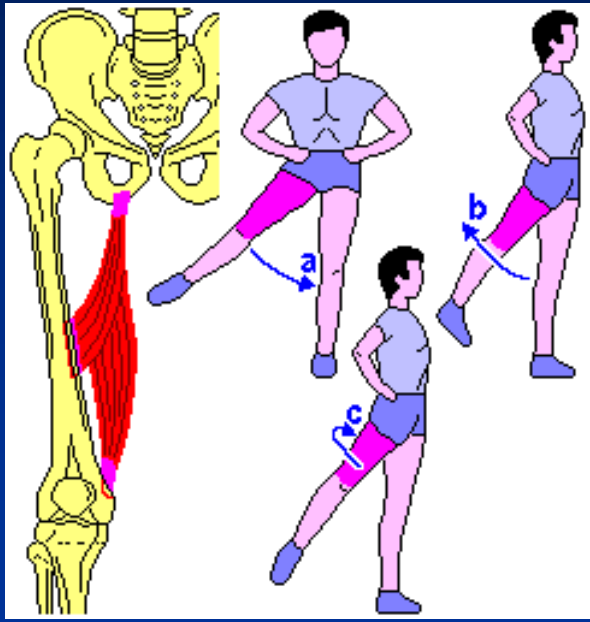




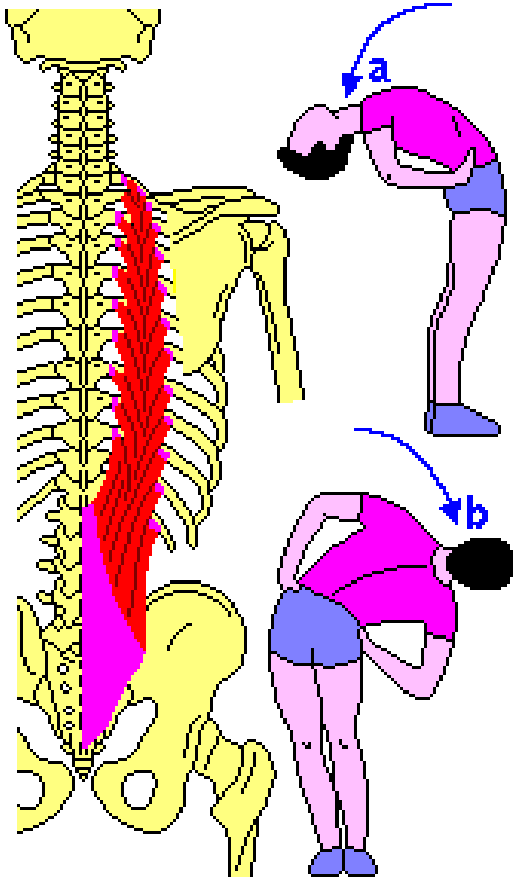




Monoarticolare



Biarticolare



Pluriarticolare

Relazione fra lunghezza e tensione del muscolo

L'energia di contrazione dipende dalla lunghezza del muscolo all'inizio dell'accorciamento.

La lunghezza alla quale il muscolo sviluppa la massima tensione attiva è chiamata LUNGHEZZA DI RIPOSO, che corrisponde al maggior numero di ponti tra actina e miosina.

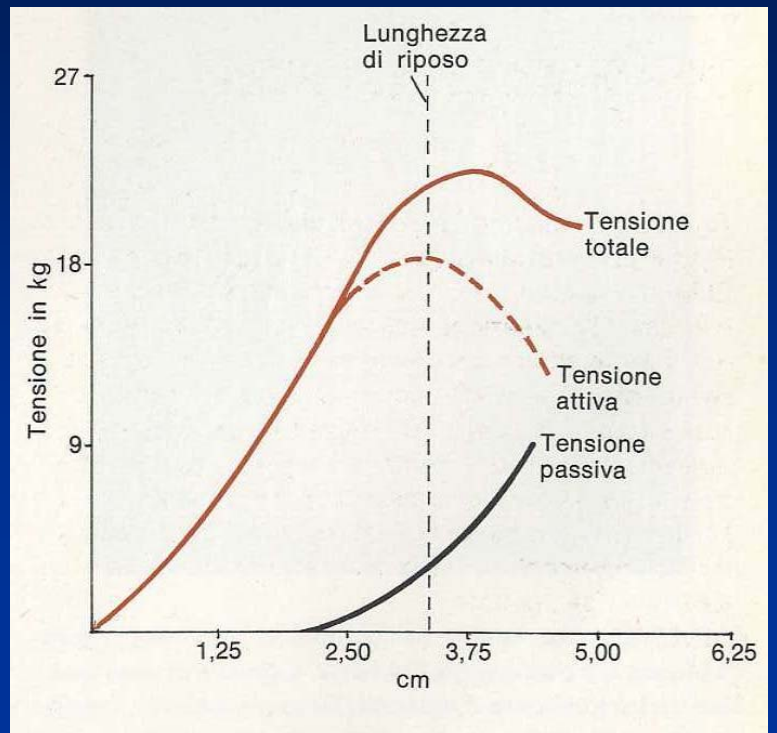


Fig. 23-22. Diagramma della tensione del muscolo (in kg, sull'ordinata) in funzione della sua lunghezza (in

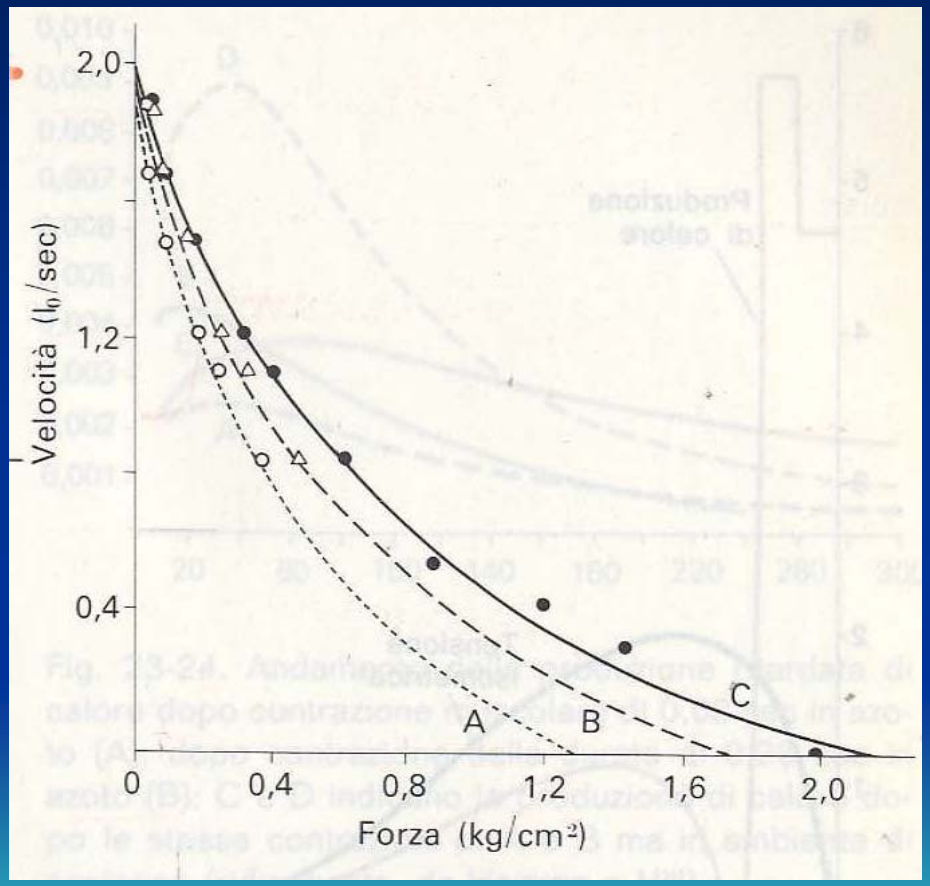
La tensione passiva è quella esercita da un muscolo non stimolato.
La tensione totale è quella del muscolo contratto isometricamente da uno stimolo massimale
La tensione attiva è la differenza tra le due

Relazione fra velocità e forza

La velocità alla quale i muscoli si contraggono varia inversamente al carico.

All'aumentare della velocità di contrazione, si riduce la forza espressa.

Per ogni dato carico, la velocità è massima alla lunghezza di riposo, mentre è minore per lunghezze inferiori o superiori a questa.

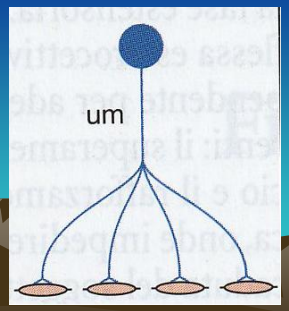


Aumento della forza

L'aumento delle capacità di forza è ottenibile essenzialmente attraverso due meccanismi adattivi:

- **Ipertrofia/iperplasia indotte dallo stimolo allenante (fattore strutturale) →*principio della sovracompensazione***

- **miglioramento nella coordinazione intra ed inter muscolare ed una ottimizzazione del reclutamento delle unità motorie.**



Ipertrofia Muscolare: Meccanismi

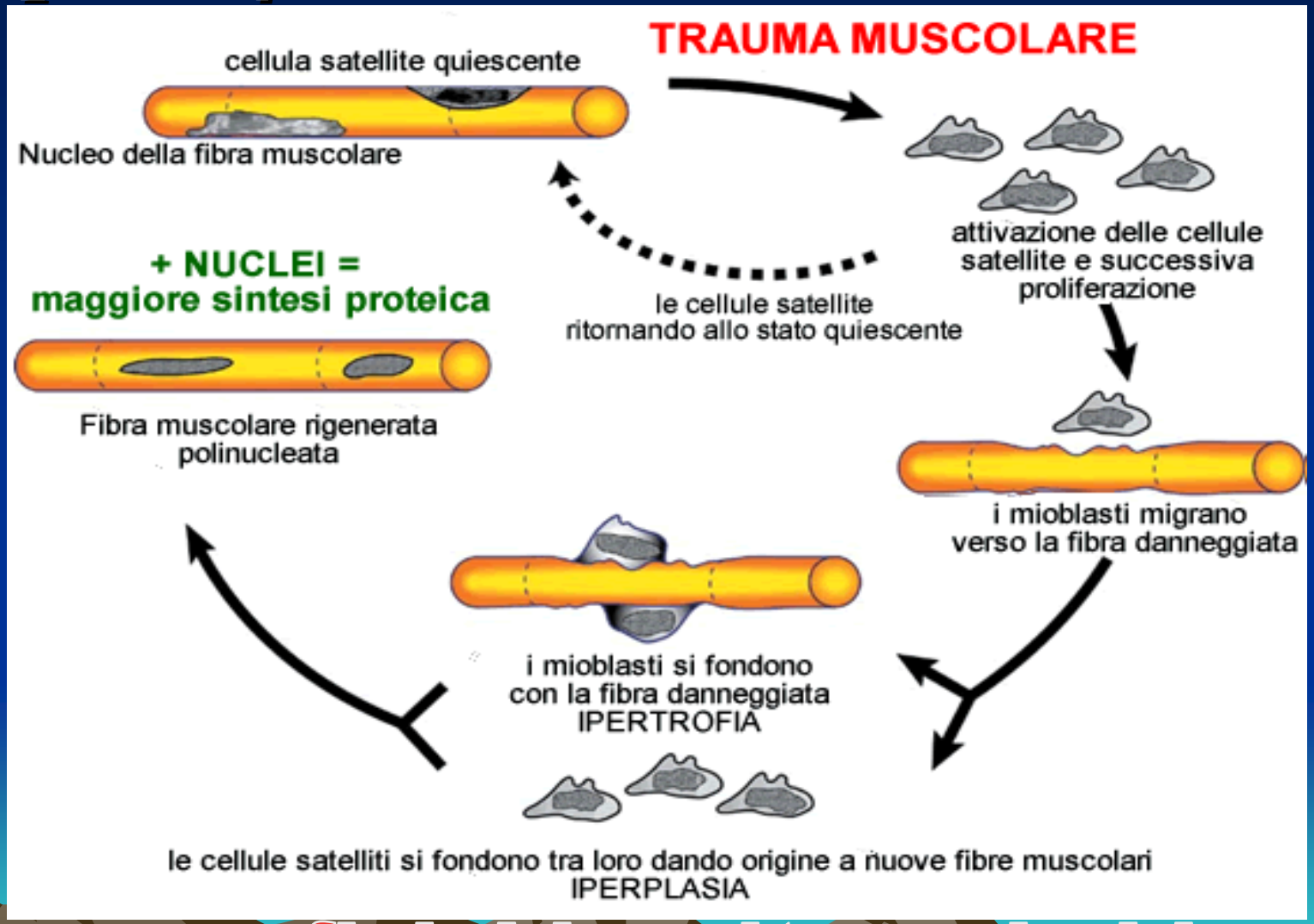
Ipertrofia delle miocellule

Ipertrofia

muscolare

Iperplasia delle miocellule

Ipertrofia Muscolare: Meccanismi



www.fisiokinesiterapia.biz

Incremento della massa muscolare

Il grado di ipertrofia muscolare ottenibile è determinato da diversi fattori, tra cui:

- **Caratteristiche genetiche dell'individuo;**
- **Intensità dello stimolo fisico;**
- **Disponibilità di "materie prime" per la sintesi proteica (amminoacidi);**
- **Livelli ormonali (androgeni);**

Adattamento

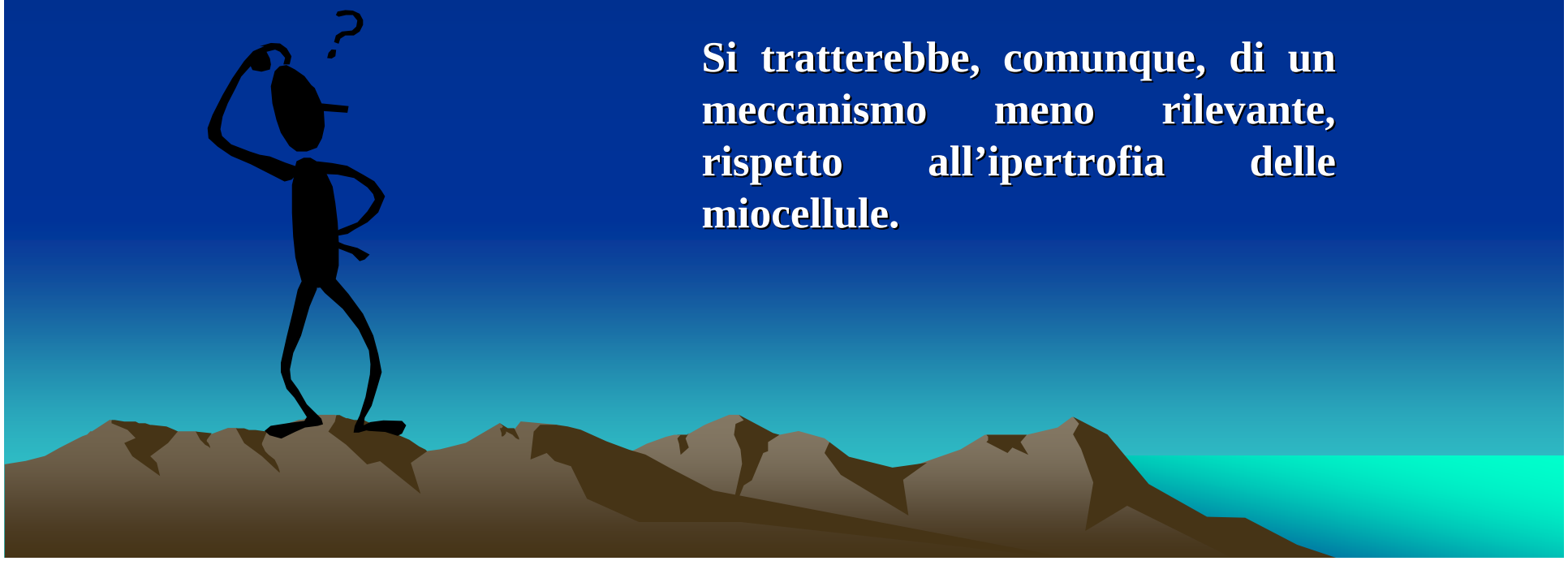
L'incremento del volume muscolare, è determinato da un adattamento a costanti incrementi della forza, in allenamenti nei quali lo sforzo massimo è raggiunto mediante l'elevazione dell'intensità (non della durata).

L'ipertrofia risulta, in questo caso, un tentativo di preservare l'integrità della struttura muscolare, adattando il volume delle miocellule all'intensità dello stimolo. Aumentando il diametro della miocellula sarà possibile mantenere costante la velocità di contrazione, nonostante l'aumento del carico di lavoro.

Questa tipologia di allenamento sollecita soprattutto le fibre di tipo II.

Iperplasia muscolare

L'aumento numerico di cellule muscolari, come responsabile di un accrescimento della massa muscolare, è ancora oggetto di grande dibattito nel panorama scientifico.



Si tratterebbe, comunque, di un meccanismo meno rilevante, rispetto all'ipertrofia delle miocellule.

Iperplasia muscolare

Le teorie più accreditate, vorrebbero come responsabili dell'iperplasia, le cellule satelliti, così definite per la loro posizione periferica rispetto alle principali cellule muscolari.

Le cellule satelliti sono cellule muscolari parzialmente differenziate (miociti) ed ancora in grado di replicarsi, quando sottoposte ad uno stimolo idoneo.

Durante un esercizio fisico intenso si assiste a microlesioni a carico di alcune miocellule, con fuoriscita di fattori di crescita (IGF-1, FGF), stimolanti la genesi di nuove cellule muscolari dalle cellule satelliti.

Adattamenti strutturali indotti dall'allenamento

Gli stimoli allenanti

- *L'allenamento moderno è costituito da un insieme di stimoli strutturati per agire in modo coordinato sull'organismo, a fine di migliorarne, mantenerne o modularne le capacità prestative*

La Forza…

- Con il termine generico di *forza* (strenght nella letteratura medico sportiva anglosassone) si intende la <u>massima tensione che un muscolo o un gruppo di muscoli sono in grado di generare ad una specifica velocità</u>

Resistenza

- Per allenamento o esercizio di *resistenza* (resistance training o resistance exercise) si intende invece il lavoro che determina aumento della forza e della massa muscolare, nonché modificazioni della composizione corporea, delle risposte cardiovascolari e delle funzioni neuroendocrine.
- È il tipo di lavoro che viene solitamente svolto con i pesi o con macchine appropriate.

I principali adattamenti indotti da tale lavoro di resistenza possono essere così riassunti:

Sincronizzazione nel reclutamento delle unità motoria

Aumento della forza prodotta da ogni unità motoria

Coinvolgimento più *coordinato* di muscoli sinergici ed antagonisti nell'esecuzione del gesto atletico

Desensibilizzazione dei corpuscoli di Golgi, che in tal modo effettuano solo per sollecitazioni più elevate la loro azione di inibizione della tensione muscolare a scopo protettivo dell'integrità del muscolo stesso

Ipertrofia prevalentemente a carico delle fibre veloci (quelle di tipo II o FT)

Iperplasia (aumento del numero delle fibre)

Ipertrofia prevalentemente concentrica del muscolo cardiaco.

Endurance

- Per allenamento o esercizio di *fondo o di endurance* (endurance training o endurance exercise) si intende invece un modo generico di lavoro che mira al <u>miglioramento della qualità aerobiche (potenza aerobica, resistenza aerobica, e soglia anaerobica).</u>

Le modificazioni indotte da un allenamento di tipo endurance riguardano soprattutto le qualità aerobiche.

Ipertrofia prevalentemente eccentrica del muscolo cardiaco

Aumenta la vascolarizzazione sia attraverso un possibile sviluppo dell'albero arterioso sia in conseguenza di una maggiore densità dei capillari

Aumenta il volume plasmatico

Aumenta la concentrazione di mioglobina nei muscoli

Avviene la *conversione delle fibre FTb a FTa* (cambiano cioè le qualità aerobiche nelle fibre veloci) e aumenta del muscolo la proporzione delle fibre lente ST

Aumentano gli enzimi ossidativi

Aumenta la *capacità di smaltimento dell'acido lattico*

Velocità

- Per allenamento della *velocità* (sprint training) si intende invece l'allenamento delle qualità anaerobiche, *quando lo sviluppo della forza assoluta e lo stimolo alla crescita della massa muscolare non siano obiettivi e mezzi principali dell'allenamento stesso.*

L'allenamento di velocità determina modificazioni per molti aspetti simili a quelle indotte dal lavoro di resistenza, anche perché i mezzi adottati sono a volte simili, almeno in parte.

Modificazione delle caratteristiche delle fibre, con lieve l'incremento di quelle lente (ST) ed incremento significativo delle fibre veloci di tipo FTa;

Aumento della concentrazione di glicogeno in tutti i tipi di fibre;

Incremento degli enzimi che regolano i processi della glicolisi anaerobica, nonché la rimozione del lattato;

Maggiore capacità di utilizzare il *creatinfosfato e l'ATP*.

Allenamento muscolare

Al fine di migliorare la FORZA abbiamo a disposizione diversi tipi di esercizio muscolare:

- **Statico (isometrico)**
- **Dinamico**
  - **Isotonico concentrico**
  - **Isocinetico**
  - **Pliometrico**
  - **Eccentrico**

Esercizio isometrico

Questa forma di allenamento fu proposta intorno agli anni '50. Essa consiste nel contrarre massimalmente un muscolo senza che questo possa accorciarsi.

È un buon esercizio per lo sviluppo della forza massima di tipo statico e per il trofismo muscolare.

- ***È una metodica di facile attuazione, adatta nelle fasi riabilitative per mantenere il trofismo a carico dei muscoli inseriti su segmenti articolari bloccati.***

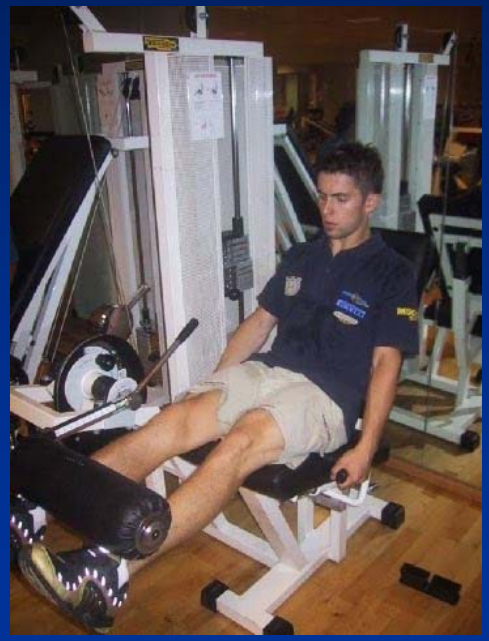
- ***Lo sforzo deve durare dai 2 ai 5 secondi, perchè tempi maggiori non portano ad ulteriori benefici e la pressione sanguigna tende ad elevarsi eccessivamente.***

Esercizio isotonico concentrico

È la contrazione contro un carico costante, con accorciamento del muscolo.

Si tratta della forma di allenamento più semplice e antica.

Si razionalizza l'allenamento misurando la massima forza sviluppata e quindi impostando l'allenamento con una serie di ripetizioni di sollevamento di un peso corrispondente al 60-80 % del massimo peso sollevabile.



- ***Il muscolo allenato a generare forze vicine alla massima forza che può sviluppare, risponde aumentando la sua massa e quindi la sua forza massima.***

Esercizio isocinetico

L'esercizio isocinetico è un particolare tipo di contrazione dinamica in cui il muscolo si contrae a velocità costante per tutto l'arco di movimento articolare.

Durante l'esercizio il *muscolo esercita sempre la massima forza indipendentemente dall'angolo dell'articolazione* su cui lavora.

- ***Si tratta di una forma di allenamento molto utile ed inoltre precisamente quantificabile in termini di risultati. Pertanto essa è assolutamente necessaria quando è richiesta una precisa valutazione dei miglioramenti conseguiti, come nel caso della riabilitazione di atleti infortunati.***

Esercizio isocinetico

I limiti riguardano la difficoltà di posizionamento, (ad esempio per articolazioni con più gradi di libertà come la spalla) e dalla resistenza nulla che le apparecchiature oppongono nella fase di accelerazione della leva (quindi per velocità angolari elevate il tempo per raggiungere l'isocinesi sarà maggiore e per gran parte del movimento non si avrà una stimolazione massimale).

Esercizio pliometrico

La pliometria consiste nel sottoporre un muscolo ad uno pre-stiramento prima della contrazione concentrica: è il classico lavoro di ammortizzazione e spinta che sollecita le proprietà elastiche del muscolo.

L'energia elastica emanata nella fase eccentrica va a sommarsi all'energia contrattile della fase concentrica.

Gli esercizi pliometrici sono indicati per il miglioramento della forza veloce e vengono eseguiti generalmente a carico naturale.

Esercizio pliometrico

Il metodo pliometrico risulta basilare perchè riproduce le contrazioni che si attuano quando i gesti specifici dello sport richiedono l'intervento della capacità di forza.

Un <u>esempio pratico</u> di pliometria è quello che prevede che un soggetto si lasci cadere da un piano rialzato, ammortizzi la caduta con una forte contrazione eccentrica ed immediatamente realizzi, attraverso una contrazione concentrica, una forma di salto verso l'alto.

Esercizio eccentrico

La contrazione di tipo eccentrico è un particolare tipo di attivazione muscolare durante la quale il muscolo produce forza allungandosi anziché accorciandosi come durante il lavoro concentrico.

- ***Rappresenta uno stimolo all'incremento di volume e forza, ma deve essere utilizzato con cautela.***

- ***Durante la contrazione eccentrica il muscolo è sottoposto ad un fenomeno di "overstretching" che può determinare l'insorgenza di lesioni a livello dell'inserzione tendinea, della giunzione muscolo-tendinea, oppure a livello di una zona muscolare resa maggiormente fragile da un deficit di vascolarizzazione.***

Esercizio eccentrico

Aspetti metabolici

Durante la contrazione di tipo eccentrico, l'apporto ematico è ridotto: l'anaerobiosi determina sia un aumento della temperatura locale, che dell'acidosi, oltre ad una marcata anossia cellulare. Questi eventi metabolici si traducono in un'aumentata fragilità muscolare ed in una possibile necrosi cellulare, sia a livello muscolare, che del connettivo di sostegno.

Genetica e allenamento

In un individuo la distribuzione percentuale tra le diverse tipologie di fibre muscolari è, alla nascita, geneticamente determinato.

Genetica e allenamento

L' allenamento è in grado di modificare in modo significativo, seppur non radicale, tale distribuzione.

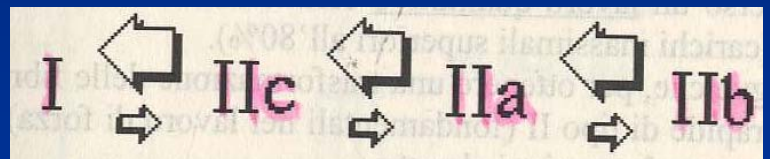


figura 18: schema di trasformazione delle fibre

NB: le fibre IIc secondo alcuni autori rappresentano le fibre di transizione dal tipo I al tipo II. Questione di punti di vista.

La medicina non è una scienza esatta…

Le fibre tendono a trasformarsi da veloci in lente per la netta dominanza di sollecitazioni di questo tipo che predominano nella vita quotidiana.

SISTEMI ENERGETICI

1. ANAEROBICO ALATTACIDO
   FOSFOCREATINA

2. ANAEROBICO LATTACIDO
   ACIDO LATTICO

3. METABOLISMO OSSIDATIVO
   CONSUMO DI OSSIGENO

www.fisiokinesiterapia.biz

SISTEMI ENERGETICI

CONTRAZIONE MUSCOLARE:

01. area motoria celebrale
02. Impulsi nervosi
03. Corna anteriori midollo spinale
04. Impulsi nervosi
05. Placca motrice
06. Impulso biochimico (acetilcolina)
07. Recettori specifici su muscolo
08. Depolarizzazione fibra muscolare
09. Ingresso ioni sodio (fuoriuscita Potassio)
10. Inversione polarità di fibra
11. Potenziale d'azione
12. Propagazione impulso a fibra muscolare
13. Depolarizzazione tubuli trasversi reticolo sarcoplasmatico
14. Liberazione ioni calcio da ret sarcoplasmatico
15. Legame calcio/ troponina/tropomiosina
16. Interazione actina - miosina

SISTEMI ENERGETICI

1) SISTEMA AEROBICO:

- Le tensioni muscolari sviluppate sono molto basse (sotto il 30% circa del massimale).
- Durante il lavoro muscolare il consumo e il reintegro energetico rimane in equilibrio, permettendo una durata che oltrepassa i 3 minuti per arrivare anche ad alcune ore.
- I substrati energetici sono forniti inizialmente dall'ossidazione dei glicidi poi, dopo 30-40 minuti circa, essenzialmente dai grassi. Il prodotto finale di questa reazione energetica è l'acqua, l'anidride carbonica e l'energia che risintetizza l'ATP. L'acqua e l'anidride carbonica vengono eliminate con la respirazione, i reni (urina) e la sudorazione.

SISTEMI ENERGETICI

2) SISTEMA ANEROBICO ALATTACIDO:

- Le tensioni muscolari sono molto elevate (submassimali e massimali) e il lavoro muscolare intenso può essere protratto solo per circa 8-10 secondi.
- L'energia spesa viene ripristinata dopo circa 3 minuti.
- Questo sistema dipende dagli accumulatori di energia CP (creatinfosfato) e non necessita di ossigeno.

L'ATP, grazie all'enzima ATPasi si scinde in ADP e perde P (radicale fosforico ad alta energia) che determina la contrazione. Subito dopo L'ATP viene risintetizzato grazie alla cessione di P da parte della CP (fosfocreatina).

Oltre gli 8-10 secondi di massima tensione muscolare, la fosfocreatina tende ad esaurirsi e non riesce più a fornire il fosfato utile alla resintesi dell'ATP.

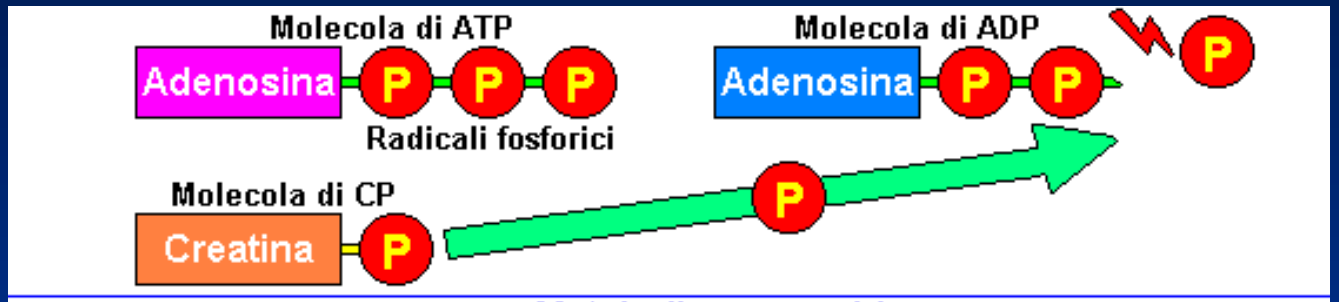
- Se si vuole proseguire nel lavoro, ovviamente con tensioni muscolari meno intense, si è costretti ad utilizzare un altro meccanismo energetico, quello anaerobico-lattacido.

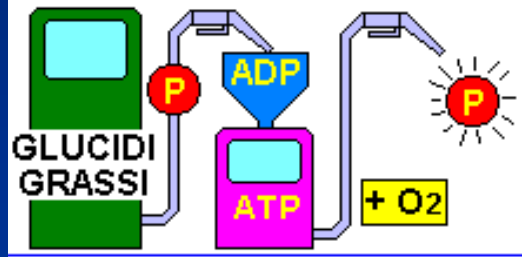
SISTEMI ENERGETICI

3) SISTEMA ANAEROBICO LATTACIDO:

- Le tensioni muscolari sono mediamente elevate e possono essere protratte fino a circa 45 secondi.
- Dopo lo sforzo la capacità contrattile iniziale viene ripristinata dopo circa tre ore, tempo di smaltimento dell'acido lattico (la metà ogni 15 minuti circa. Negli atleti specialisti può scendere anche sotto gli 8 minuti).
- La reazione biochimica parte dalla fosforilazione del glicogeno (formazione di ATP) ad opera dell'energia fornita dall'ATP durante la contrazione. Questa reazione biochimica porta alla formazione di glucosio-1-fosfato che, per mezzo dell'enzima fosfoglicomutasi, permette la formazione di glucosio-6-fosfato. Seguono poi altre reazioni complesse che terminano il ciclo con la formazione di acido piruvico e acido lattico. La presenza di acido lattico limita fortemente la capacità di proseguire nel lavoro.
- Anche questo meccanismo avviene in assenza di ossigeno.

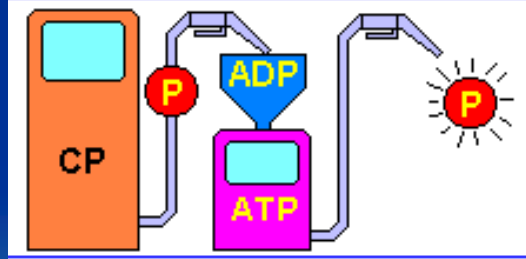
SISTEMI ENERGETICI





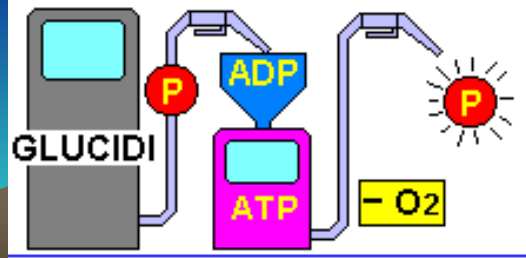
Metabolismo aerobico

- Entità tensione muscol. = moderata (- 30% del max)
- Durata del lavoro = da alcuni minuti a più ore
- Frequenza cardiaca = sotto la soglia anaerobica
- Consumo di ossigeno = elevato
- Fibre muscolari coinvolte = ST (lente)
- Capacità interessata = resistenza organica e muscolare



Metabolismo anaerobico alattacido

- Entità tensione muscol. = massima
- Durata del lavoro = fino a 6-8 sec. circa
- Frequenza cardiaca = 180 e oltre (*)
- Consumo di ossigeno = ---- ---- ----
- Fibre muscolari coinvolte = FTb (veloci)
- Capacità interessata = forza e velocità



Metabolismo anaerobico lattacido

- Entità tensione muscol. = submassimale
- Durata del lavoro = fino a circa 45 sec.
- Frequenza cardiaca = 180 e oltre
- Consumo di ossigeno = elevato
- Fibre muscolari coinvolte = FTa (veloci/resistenti)
- Capacità interessata = resist./potenza alattacida (**)

(*) E' in relazione alle masse muscolari coinvolte contemporaneamente.
(**) La durata e l'intensità dello sforzo determinano la resistenza e la potenza.

SISTEMI ENERGETICI

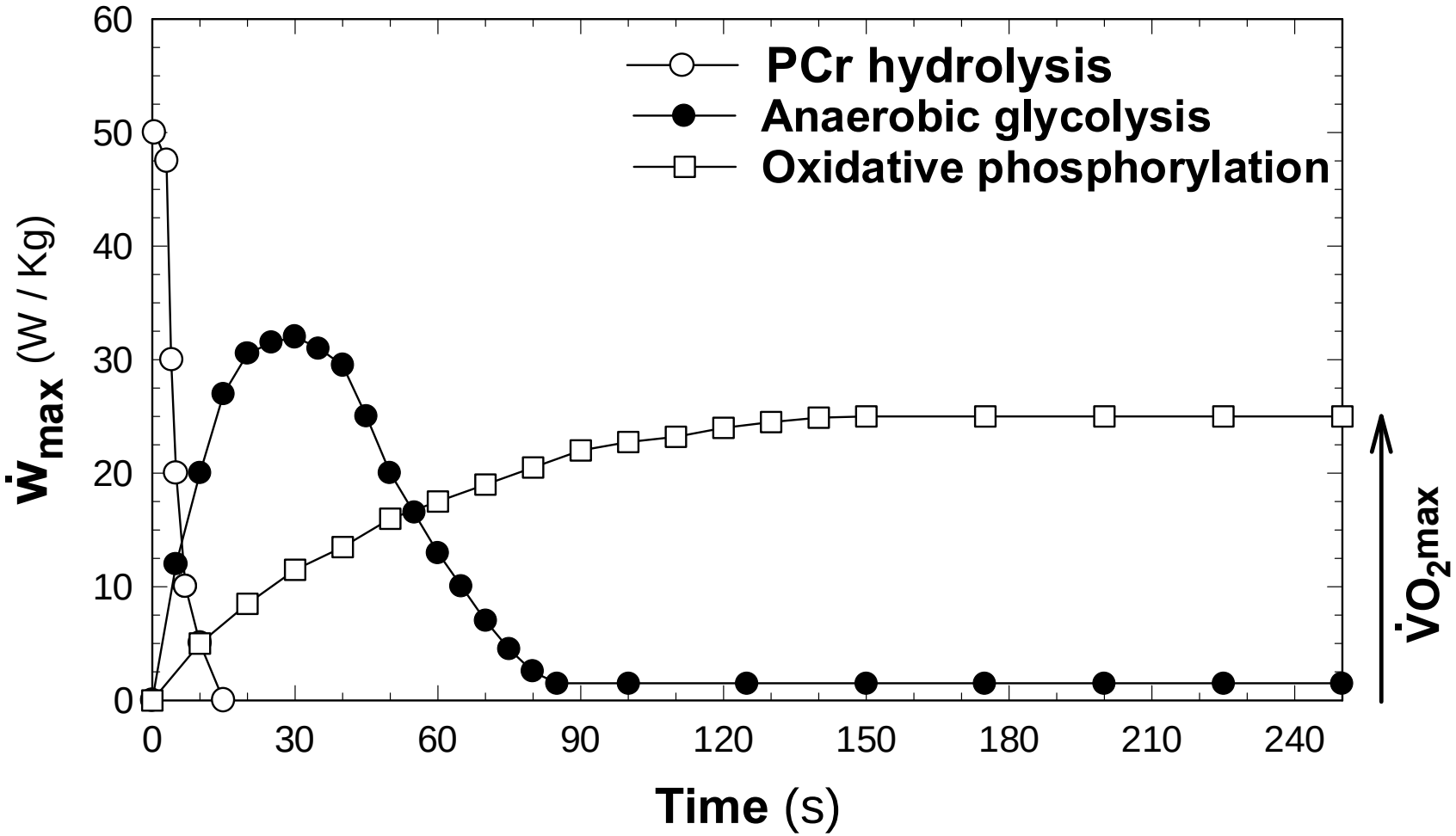
Effetti dell'acido lattico sul muscolo

- diminuzione della velocità del metabolismo degli zuccheri
- inibizione della mobilizzazione degli acidi grassi liberi
- riduzione del pH (misura della acidità o basicità) del sangue e conseguente difficoltà di contrazione muscolare in quanto si alterano i meccanismi di scorrimento dei ponti actomisinici.

Destino dell'acido lattico prodotto

- viene convertito in acido piruvico
- viene metabolizzato a glicogeno attraverso il fegato

Le fibre bianche (veloci) producono più facilmente delle altre acido lattico in quanto meno ricche di capillari e con più alto potenziale glicolitico.


PCr hydrolysis
Anaerobic glycolysis
Oxidative phosphorylation
$\dot{W}_{max}$ (W / Kg)
Time (s)
$\dot{V}O_2max$
0
10
20
30
40
50
60
0
30
60
90
120
150
180
210
240

1. CREATINA (1)

- Sintetizzata a partire da glicina arginina e metionina (rene, fegato, pancreas)

- 95% si trova nei muscoli scheletrici, per il 60% in forma –P
  5% nel sangue

  contenuto totale 120g in un soggetto di 70kg

- Turnover 2 g die (1g esogena, 1g endogena)

1. CREATINA (2)

EFFETTI POSITIVI (50%) SU FORZA E POTENZA MUSCOLARI IN SINGOLI GESTI RIPETUTI OPPURE IN SCATTI INTERCALATI AD ATTIVITA' AEROBICA.

EFFETTO ANABOLIZZANTE

RITENZIONE IDRICA E EFFETTO OSMOTICO

EFFETTI SULLA FATICA (relativo risparmio glicolisi anaerobia e modulazione ammoniemia)

1. CREATINA (3)

EFFETTI COLLATERALI

Sicuramente aumento di massa corporea per ritenzione idrica

In acuto: effetto osmotico intraintestinale, diarrea, disidratazione , crampi

A lungo termine: insufficienza renale? Diminuzione della sintesi del trasportatore di membrana?

2. ACIDO LATTICO

A riposo la concentrazione di ca 1 mMole

Concetto di soglia lattacida > 4 mM

3. CONSUMO DI OSSIGENO

$$\dot{V}O_2=[\dot{Q}* C(a-\bar{v})\ O_2\ ]$$

Equazione di Fick

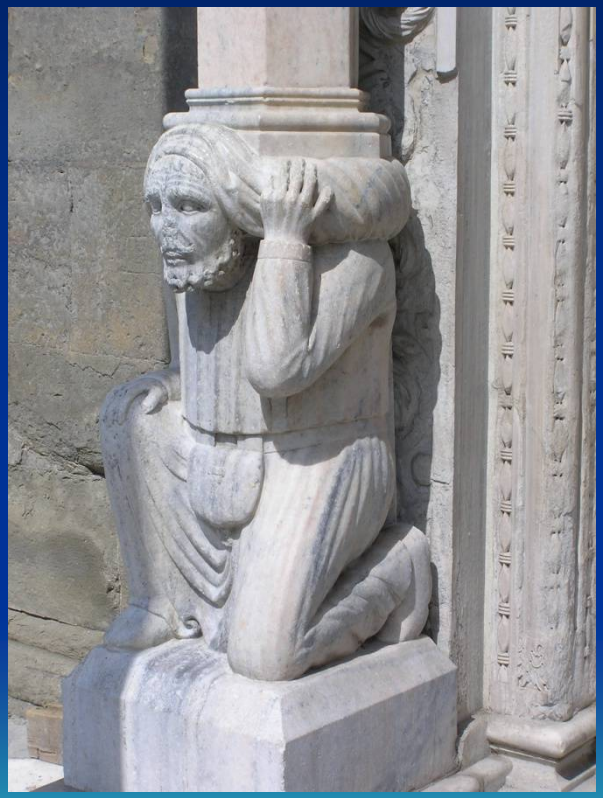
CONSUMO DI OSSIGENO A RIPOSO
0.250 litri per minuto;
< 5 ml per minuto pro kg

GETTATA CARDIACA A RIPOSO
5 litri al minuto

Aerobico vs anaerobico

La sospensione dell'allenamento di forza porta ad una relativamente rapida scomparsa degli adattamenti funzionali indotti dall'allenamento stesso. Ad esempio, dopo due settimane di inattività, la forza massima può ridursi del 15%.

Gli effetti dell'allenamento di forza coinvolgono esclusivamente il muscolo!



Aerobico vs anaerobico

La differenza degli adattamenti indotti da un allenamento aerobico che coinvolge principalmente le fibre muscolari rosse (o lente) è che in quest'ultimo caso le modificazioni funzionali non coinvolgo solo i muscoli, ma anche molti altri apparati: cardiovascolare (↑GC,capillarizzazione), respiratorio, ghiandole endocrine.

Proprio per questo ampio spettro d'azione, gli effetti dell'allenamento aerobico sono molto più duraturi nel tempo e in effetti possono permanere per anni.