

# La contrazione muscolare

a cura di Francesco Galgani ([www.galgani.it](http://www.galgani.it))

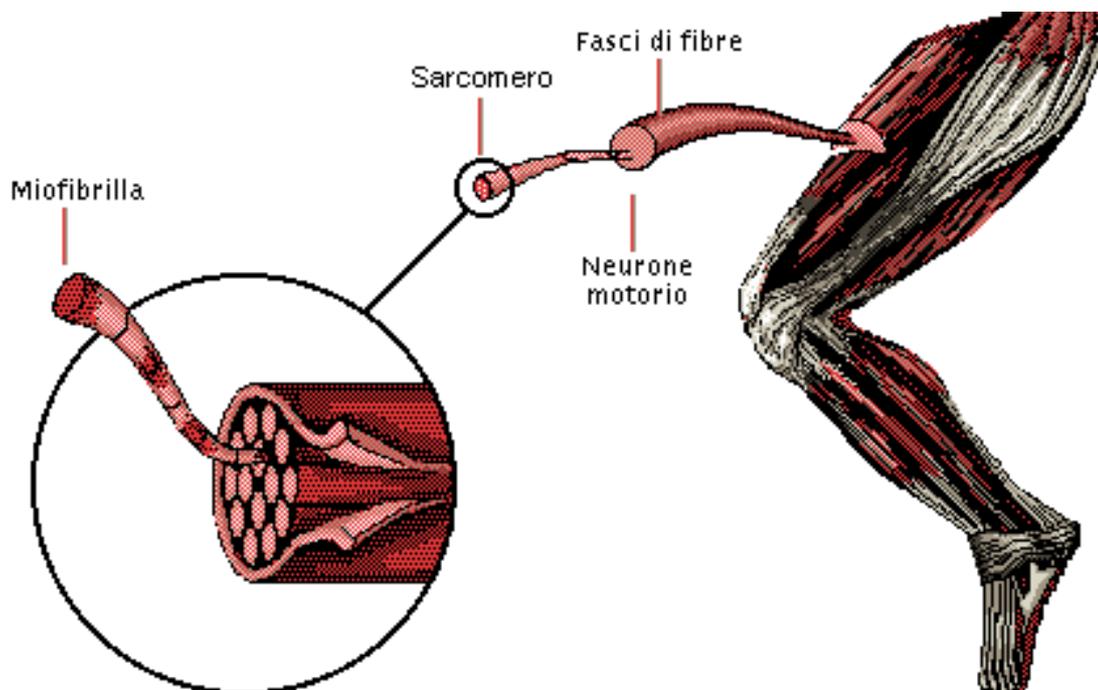


Tavola anatomica di Vesalio: il sistema muscolare.

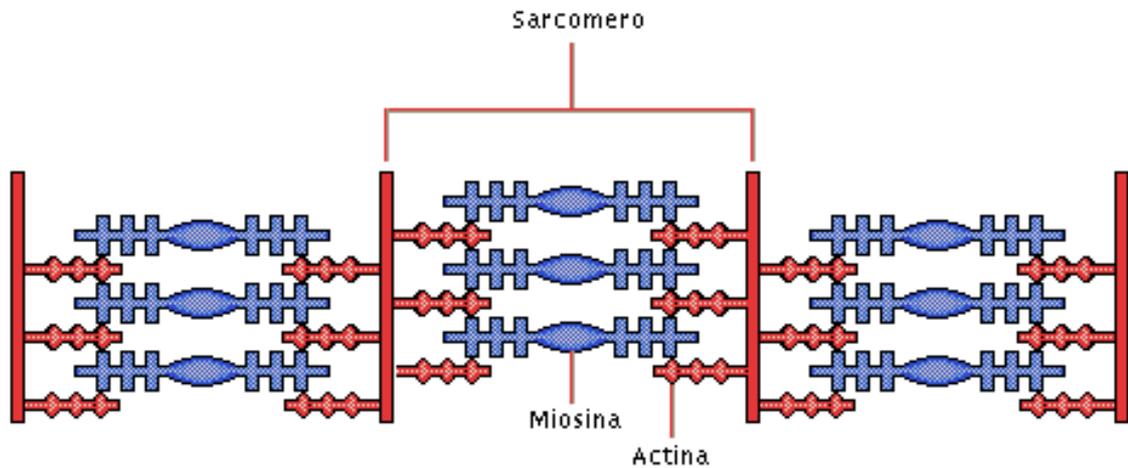
## PREMESSA

I muscoli sono organi capaci di contrarsi, in seguito ad uno stimolo adeguato, determinando il movimento del corpo o di sue parti. Costituiti da tessuto muscolare, sono avvolti da una membrana elastica che li mantiene in sede durante la contrazione. I muscoli possono essere volontari o involontari in base alla loro proprietà di contrarsi in modo volontario (in risposta a stimoli del sistema nervoso centrale) o in modo involontario (in base al controllo del sistema nervoso autonomo); tale differenza risulta non solo funzionale, ma anche anatomica, dato che i primi sono formati da tessuto striato e i secondi da tessuto liscio (fa eccezione il cuore, che è un organo muscolare formato da un particolare tipo di tessuto striato che si contrae in modo involontario). I muscoli volontari si chiamano anche scheletrici, perché sono quasi tutti uniti alle ossa per mezzo di cordoni fibrosi, detti tendini. Quando un muscolo viene sollecitato si contrae e, per riacquistare la lunghezza originaria, è necessaria l'azione di un altro muscolo, capace di agire in senso opposto, detto antagonista.

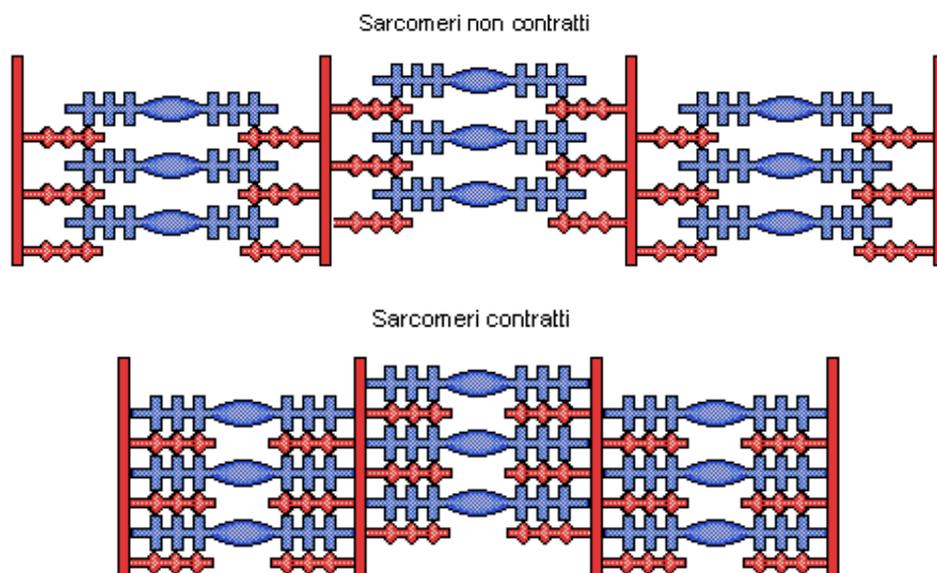
Le fibre muscolari striate sono composte da sarcomeri, che si possono immaginare come cilindri formati da strutture filamentose, dette miofibrille.



Ogni miofibrilla, di natura proteica, è formata da miofilamenti sottili, composti da actina, e da miofilamenti spessi, composti da miosina; i miofilamenti sono disposti regolarmente in file parallele e alternate, tra loro collegate da strutture dette ponti.



La contrazione muscolare si spiega con la teoria dei filamenti scorrevoli: quando un muscolo viene stimolato, i ponti di miosina si incurvano e i filamenti di actina scorrono lungo quelli di miosina. Questo provoca la contrazione dell'intera miofibrilla e, quindi, del sarcomero. Quando le miofibrille si contraggono, l'intera fibra muscolare si accorcia e, con l'accorciamento di un numero sufficiente di fibre, l'intero muscolo si contrae.



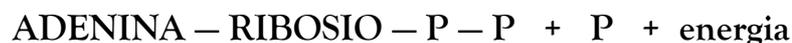
## I PROCESSI CHIMICI (ATP - ADP - CP)

Il muscolo scheletrico possiede un potenziale energetico, una “riserva” che viene utilizzata al momento opportuno per alimentare la contrazione, nonché per produrre calore. Questo potenziale energetico è costituito da energia chimica che lo stesso muscolo sintetizza a partire dai nutrienti che ad esso giungono con il sangue. Tali scorte energetiche sono rappresentate da adenosintrifosfato (ATP), fosfocreatina (CP), glicogeno, glucosio e acidi grassi.

L'ATP costituisce la principale fonte di energia per la contrazione muscolare. Una molecola di ATP è formata da adenina, ribosio e tre gruppi fosfato (P). E' proprio nel legame che tiene uniti questi gruppi fosfato che risiede il potenziale energetico della molecola:



Affinché l'ATP fornisca la sua energia al muscolo è necessario che si stacchi un gruppo fosforico. In questo modo si ottiene ADP (adenosindifosfato) più P. Dalla rottura di questo legame, si libera il quantitativo di energia che alimenta la contrazione muscolare:



A questo punto interviene la fosfocreatina (CP) che ha il ruolo di cedere il proprio gruppo fosforico all'ADP per “ricaricarlo” ad ATP:



La quantità di CP presente nel muscolo è tre volte superiore a quella dell'ATP, tuttavia la risintesi di quest'ultimo è di modesta entità e rapido esaurimento. A questo punto entra in gioco il glicogeno muscolare, che viene scinto nelle singole molecole di glucosio che lo costituiscono; quest'ultimo viene utilizzato per ottenere altro ATP, in un processo che va sotto il nome di glicolisi.

Quindi il muscolo “funziona” ad ATP; quest'ultimo viene inizialmente ripristinato dalla CP, che ha un'efficienza energetica potente ma di breve durata, e successivamente dalla glicolisi. Quest'ultima può avvenire in presenza o in as-

senza di ossigeno, fornendo un quantitativo rispettivamente maggiore o minore di ATP. La glicolisi anaerobica, inoltre, fornisce un importante sottoprodotto, l'acido lattico, il quale non viene assorbito dal sangue ma, nella successiva fase di riposo muscolare, partecipa al ripristino del glicogeno esaurito. E' da notare che anche gli acidi grassi contribuiscono alla formazione di ATP.

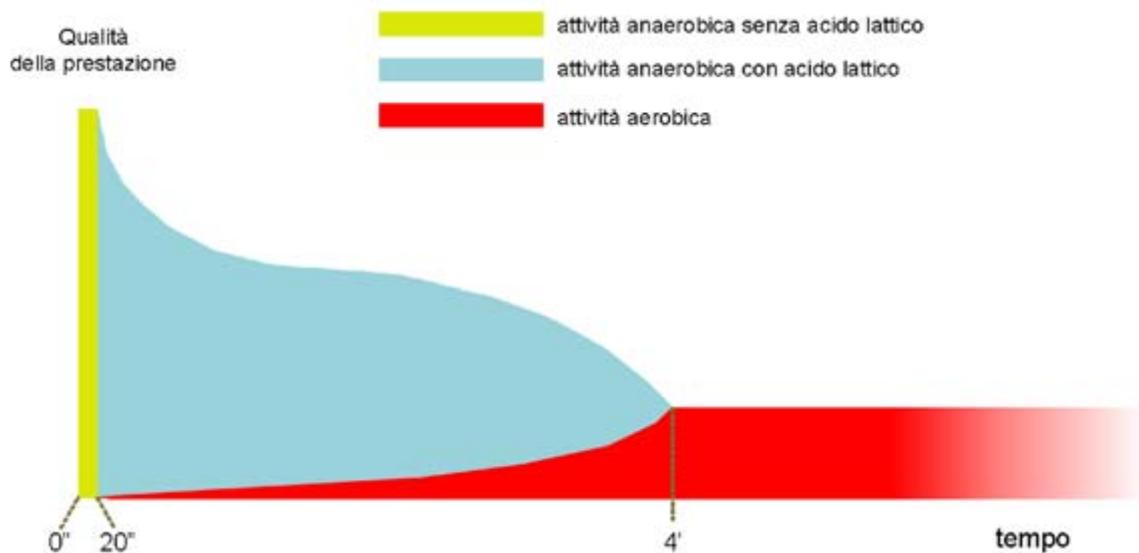
Lo sforzo muscolare, protratto per un tempo soggettivamente variabile, determina l'insorgenza di un grado di affaticamento sempre maggiore, che rende impossibile il proseguimento del lavoro. In un muscolo affaticato si verifica ugualmente l'evento elettrico responsabile della contrazione, ma ad esso non segue l'evento meccanico della contrazione vera e propria. Questo stato di inattività muscolare, determinato dalla fatica, è reversibile e transitorio, ovvero si estingue con il riposo. L'insorgenza della fatica è dovuta fondamentalmente all'accumulo dei prodotti delle reazioni biochimiche necessarie alla contrazione (tra cui l'acido lattico); questi vengono successivamente rimossi durante il riposo.

## LA PRESTAZIONE AEROBICA E ANAEROBICA

In sintesi questi sono i processi chimici necessari per la produzione energetica:

1. Scissione dell'ATP (per ottenere energia) e del CP (per ottenere nuovo ATP). Queste reazioni avvengono anche senza ossigeno e senza produrre acido lattico.
2. Utilizzazione del glicogeno (se non c'è ossigeno si produce acido lattico);
3. Ossidazione dell'acido lattico per ricostituire le scorte di glicogeno (necessariamente in presenza di ossigeno).

Il seguente grafico mostra l'utilizzo delle fonti energetiche nel tempo e la conseguente qualità della prestazione.



- Autonomia dell'ATP → da 0'' a 10''
- Ricomposizione dell'ATP mediante CP → da 10'' a 20''
- Glicolisi anaerobica (con produzione di acido lattico) → da 20'' a 4'
- Glicolisi aerobica (senza produzione di acido lattico) → da 20'' in poi

## LA MECCANICA DELLA CONTRAZIONE

Nella meccanica della contrazione muscolare definiamo:

- **Tensione muscolare:**

Forza esercitata su un oggetto da un muscolo che si contrae.

- **Carico:**

Forza esercitata su un muscolo dal peso di un oggetto.

- **ContraZIONE:**

Processo attivo mediante il quale si produce una forza nel muscolo.

Una contrazione è **statica** quando il muscolo sviluppa tensione senza modificare la propria lunghezza e senza produrre lavoro: la tensione sviluppata è pari alla resistenza applicata (questa situazione si verifica quando la tensione viene applicata ad un carico inamovibile o quando il movimento viene interrotto volontariamente). Abbiamo invece una contrazione **dinamica** quando il muscolo sviluppa tensione e modifica la propria lunghezza producendo lavoro.

Un muscolo scheletrico è in grado di sviluppare delle tensioni che possono essere più o meno elevate: i fattori che determinano la possibilità di vincere grandi resistenze sono di tipo *strutturale*, *nervoso* e *in base allo stiramento*.

Riguardo a come agisce un muscolo in base alla sua struttura, è facile dedurre come l'aumento della massa (ipertrofia) porta di conseguenza ad un aumento della forza. La possibilità di produrre tensioni elevate è legata anche al tipo di fibre che compongono il muscolo: le fibre bianche sono in grado di sviluppare tensioni più elevate rispetto a quelle rosse. Anche l'aumento dei sarcomeri in serie influenza la forza che può essere prodotta.

I fattori nervosi legati alla forza riguardano il modo con cui vengono messe al lavoro le fibre muscolari, la capacità o meno di sincronizzare le unità motorie e di migliorare la coordinazione intermuscolare.

E' stato inoltre dimostrato che lo stiramento di un muscolo ne aumenta la forza: il motivo va ricercato in un'azione motoria involontaria che ha origine da

particolari recettori posti all'interno delle fibre muscolari (in pratica il muscolo si oppone ad un eccessivo stiramento contraendosi), nonché nell'energia elastica che viene accumulata.

Ogni fattore che influenza la forza viene sviluppato mediante particolari criteri di allenamento in base al tipo di sport.

Dalle osservazioni pratiche, possiamo infine dedurre che la velocità è inversamente proporzionale alla forza, dunque con il massimo della forza si ottiene la minor velocità e con la maggior velocità il minimo della forza.

## L'ALLENAMENTO

L'esercizio fisico è in grado di indurre profondi cambiamenti nell'organismo umano; riuscire a valutare e pilotarne gli effetti è molto importante affinché esso venga indirizzato nella maniera corretta in un preciso campo delle attività motorie.

Sia nel campo sportivo che riabilitativo, è necessario un impegno ripetitivo che tenga conto di certe regole ben precise derivanti dalla conoscenza di quella catena di risposte fisiologiche che l'organismo oppone agli stimoli. Per mantenere il suo equilibrio interiore, infatti, l'organismo reagisce sempre ad uno stress prolungato attraverso tre fasi che si articolano sempre in questa successione:

### **Reazione di allarme:**

Fase di shock (l'organismo subisce passivamente l'azione dell'agente alterativo).

Fase di contro-shock (l'organismo mobilita le sue difese).

### **Resistenza:**

L'organismo aumenta la sua resistenza verso il fattore dannoso.

### **Esaurimento:**

L'organismo soccombe agli agenti dannosi.

Quest'ultima fase può comparire più o meno tardivamente in rapporto alle capacità di risposta dell'organismo e all'intensità dello stress, oppure può mancare qualora lo stress si esaurisca in tempo utile.

L'attività muscolare è un importante stimolo che aggredisce l'organismo: essa è caratterizzata da un periodo di shock breve e debole, seguito da fenomeni molto pronunciati di contro-shock. L'allenamento, *ovvero la ripetizione dello stress fisico*, determina un effetto variabile secondo l'intensità dell'esposizione allo stress e la durata del periodo di riposo fra le due esposizioni (fase di **adattamento**). Se la prima esposizione non è stata troppo severa e la durata della fase di adattamento, *ovvero di riposo*, è stata sufficiente ma non eccessiva (*l'organismo infatti deve conservare il ricordo dello stress subito*), la seconda esposizione trova l'organismo già predisposto e con un grado di adattamento superiore in partenza: questo

fenomeno viene detto “**supercompensazione**”. A questo punto una nuova esposizione ben dosata, anche se più intensa della precedente, farà aumentare ancora la capacità di adattamento e di resistenza; in modo graduale, quindi, si predispone l’organismo ad impegni sempre più gravosi. L’organismo si adatta a tale successione di stress con l’ipertrofia muscolare, l’ipertrofia ventricolare sinistra e un migliorato scambio del sangue arterioso e venoso grazie alla formazione di nuove arteriole.

Contrariamente, se le esposizioni allo stress fisico sono troppo severe per intensità e durata o intervallate da periodi troppo brevi di riposo, il risultato è inverso al precedente: la resistenza si installa ad un ripiano più basso in modo da favorire l’insorgere della fatica acuta; questa fase di esaurimento corrisponde alla “*sindrome da superallenamento*”.

Una corretta organizzazione del lavoro muscolare, quindi, deve prevedere una razionale distribuzione del rapporto stimolo-adattamento affinché si possa esaltare al massimo l’effetto della supercompensazione: i carichi di lavoro devono essere non soltanto incrementati gradualmente e progressivamente, ma anche alternati da precise fasi di sfogo, nelle quali il carico deve diminuire, nonché da periodi di riposo. E’ in tali periodi, infatti, che avviene l’adattamento organico, vale a dire la predisposizione del sistema biologico ad un impegno più gravoso.

---

**FONTI:**

**Attività atletica - Concetti generali** (a cura della Federazione Italiana Wushu Kung-Fu)

<http://www.wushu.it/atletica.html>

**I muscoli** (a cura dello studio "Obiettivo Web")

<http://www.vivailfitness.it/muscoli.htm>

**Teoria dell'allenamento** (di Giuseppe Domichino)

<http://web.tiscali.it/isolavolley/file/0798domichino.pdf>

**Fisiologia dell'allenamento** (a cura di Guido Bruscia e Luca Nobile)

<http://www.corpus-project.it/fisiolog.html>

**L'energia per la contrazione muscolare** (di Gianluca Todisco)

<http://www.abc-fitness.com/artic/ene-musc.htm>

**L'allenamento della forza nel gioco del calcio** (di Angelo Avello)

<http://www3.calciatori.com/magazine1.nsf/magazine/3AEE051F665F1C9AC125680900020994?OpenDocument>

**voce: "Muscolo"** (autore n.d.)

Enciclopedia Microsoft Encarta