

IL SISTEMA MUSCOLARE

A COSA SERVONO I MUSCOLI ?

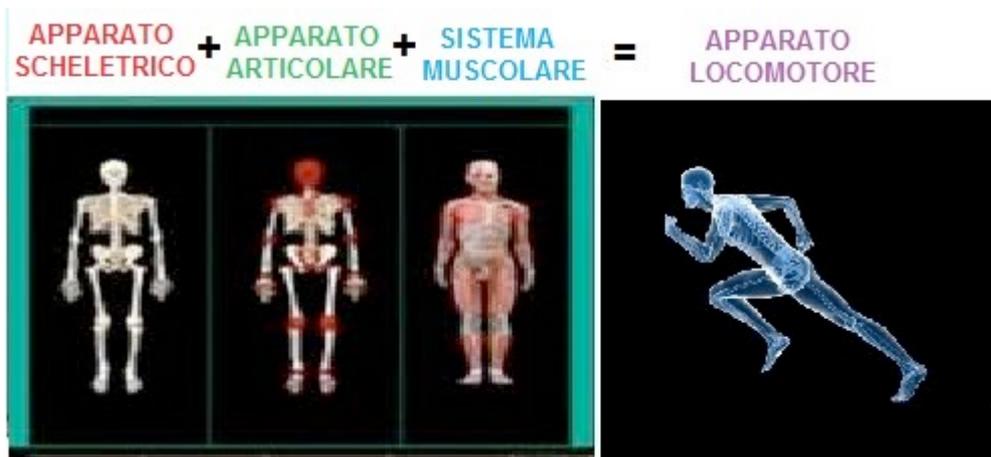
I muscoli sono l'unico modo per il cervello per comunicare con il mondo esterno: sono infatti definiti organi effettori permettendo così di far eseguire l'azione volontaria che abbiamo pensato di effettuare.

Per esempio: camminare, correre, disegnare, suonare, scrivere, etc. Ma altresì svolgono anche azioni involontarie come respirare, deglutire, controllare gli sfinteri, etc.

Il sistema muscolare costituisce circa il 40% del nostro corpo ed è costituito dall'insieme di oltre 500 tessuti di uguale tipologia: i muscoli.

Ha la funzione di:

- Permettere il movimento (*funzione dinamica*)
- Sostenere l'apparato scheletrico (*funzione statica*)
- Dare forma al corpo (*funzione plastica*)
- Muovere sostanze indispensabili all'interno dell'organismo assolvendo funzioni vitali come respirazione, digestione, circolazione, etc.
- Produrre calore, attraverso la frequente attività delle cellule muscolari.



Lo scheletro, che con le sue varie parti entra in movimento a livello delle articolazioni, risente delle sollecitazioni di una coppia di forze, la contrazione muscolare e la gravità. Tendini più o meno lunghi, agendo come cinghie di trasmissione, conducono la forza dell'apparato locomotore attivo anche alle più distanti porzioni scheletriche.

È quindi corretto definire i muscoli come i "motori" dell'apparato locomotore passivo che, attraverso il sangue, ricevono incessantemente pregiati carburanti.

Ogni muscolo, infatti, anche il più piccolo, reagisce ad uno stimolo di natura meccanica, elettrica, chimica o ad un impulso trasmessogli dal sistema nervoso. In seguito a ciò, si accorcia e avvicina quindi le porzioni ossee fra le quali è posto.

L'azione caratteristica del muscolo è la contrazione.

La contrazione avviene quando i filamenti proteici di cui è composto il muscolo, in seguito ad uno stimolo nervoso, scorrono gli uni sugli altri. In questo modo si genera una forza che attraverso il tendine del muscolo si trasmette all'osso, collegato ad una articolazione. Ciò permette di muovere il corpo o una sua parte, di mantenerlo in una determinata posizione oppure di trasferire l'energia meccanica al di fuori dell'organismo, come accade quando si va in bicicletta o si dà un calcio ad un pallone.

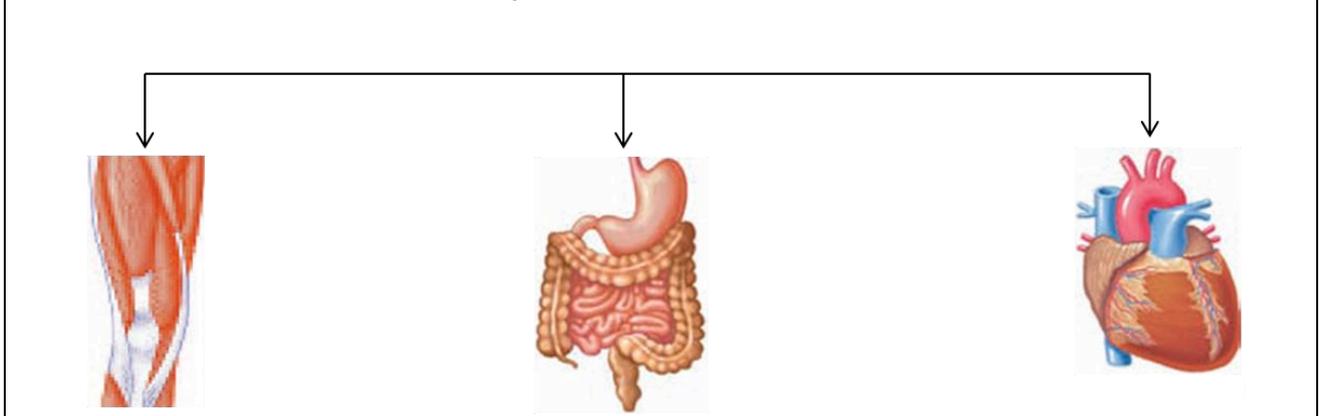
Le fibre muscolari sono dotate di quattro proprietà:

Eccitabilità	capacità di reagire agli stimoli provenienti dal sistema nervoso	Contrattilità	definibile come capacità di contrarsi o distendersi, quindi accorciarsi o allungarsi, come risposta a uno stimolo nervoso. Indicativamente la fibra muscolare può accorciarsi fino a metà della sua lunghezza a riposo
Elasticità	intesa come capacità di ritornare alla forma e alla lunghezza originaria dopo una contrazione o distensione	Tonicità	capacità di mantenere un certo tono (<i>tono muscolare</i>) anche in stato di riposo. Ciò permette al muscolo di entrare più rapidamente in azione se sollecitato e garantisce al corpo, o ad una sua parte, la stazione eretta ed una condizione di equilibrio anche da fermi (<i>tono posturale</i>)

CLASSIFICAZIONE TIPI DI MUSCOLI

MUSCOLI SCHELETRICI O STRIATI O VOLONTARI	MUSCOLI LISCI O INVOLONTARI	MUSCOLO CARDIACO O MIOCARDIO
<p>Gestiti direttamente dal sistema nervoso centrale e periferico. Sono oltre 400 e sono deputati al movimento volontario e riflesso grazie alla loro capacità contrattile ed all'essere ancorati alle ossa attraverso i tendini.</p> <p>Al microscopio, il tessuto muscolare appare caratterizzato da strisce chiare e scure alternate</p>	<p>Svolgono la loro azione indipendentemente dalla volontà della persona e sono innervati dal sistema nervoso autonomo: nel corpo provvedono alle funzioni organiche, quali ad esempio la digestione e la respirazione.</p> <p>Sono quindi tipici dei vasi sanguigni e degli organi interni. Non presentano strie</p>	<p>Presenta caratteristiche particolari, in quanto è formato da fibre simili alle striate, ma la sua azione è involontaria, è innervato anche questo dal sistema nervoso autonomo.</p> <p>È estremamente resistente tanto da essere perennemente in attività</p>

I tre tipi di tessuto muscolare



ORGANIZZAZIONE DEL MUSCOLO SCHELETRICO

I muscoli scheletrici sono così detti perché s'inseriscono con le loro estremità su due o più ossa, separate da una o più articolazioni.

La forma e le dimensioni dei muscoli scheletrici sono molto varie, da pochi millimetri (es. il muscolo della staffa dell'orecchio) fino a più di 70 centimetri di lunghezza del muscolo sartorio della coscia.

Il loro peso costituisce circa il 40% del peso totale del corpo.

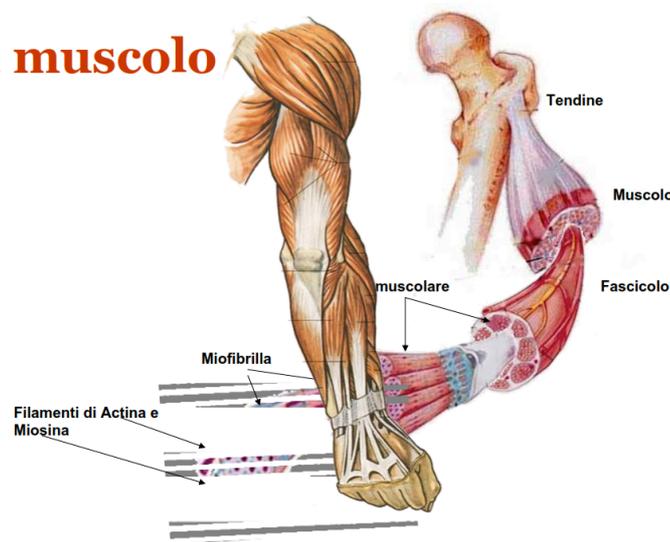
Il muscolo scheletrico è composto da migliaia di cellule a forma allungata: le fibre muscolari, visibili a occhio nudo, composte da filamenti di miosina e actina (proteine strutturali, circa il 20%), acqua cellulare (circa il 75%), glucidi (il più importante è il glicogeno (0,5 – 1,5%)), grassi, sali minerali, enzimi, pigmenti (esempio la mioglobina), sostanze azotate (creatina e urea), sostanze non azotate (come l'acido lattico), ATP, fosfocreatina.

Le fibre sono organizzate in fasci che ne raccolgono un numero variabile. Il muscolo è composto da un insieme di fasci muscolari.

Al microscopio ogni fascio muscolare, risulta delimitato da una membrana cellulare, il sarcolemma elastico, una membrana di tessuto connettivo, detto perimisio interno, delimitato verso l'esterno dall'epimisio.

Poiché raramente le fibre hanno una lunghezza pari a quella del muscolo, il tessuto connettivo di rivestimento svolge un importante ruolo di collante tra le varie porzioni finali, in un tratto di tessuto molto resistente alla **estensione**: collegamento

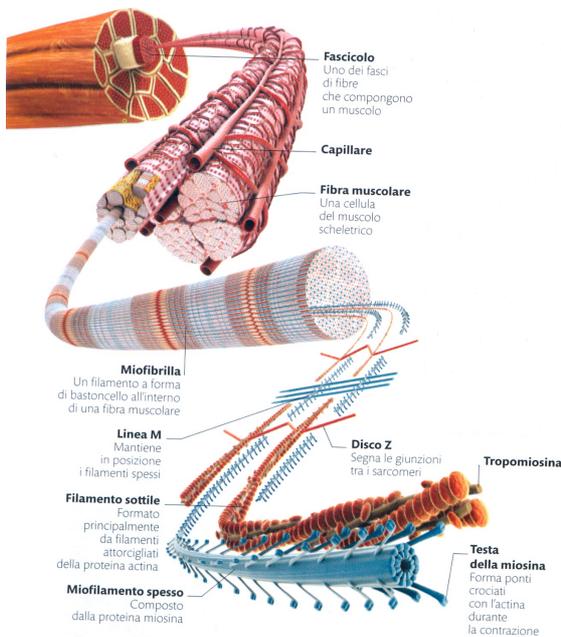
Il muscolo



Le fibre muscolari hanno la stessa lunghezza di quella del muscolo, il rivestimento svolge un ruolo di collante tra le varie porzioni finali, in un tratto di tessuto molto resistente alla **estensione**: collegamento

Le fibre muscolari terminano, nella loro parte finale, in un tratto di tessuto molto resistente alla **estensione**: collegamento

Attraverso il tendine il muscolo, ancorandosi al tessuto osseo, può esercitare lo spostamento di una parte del corpo.



IL MUSCOLO SCHELETRICO

← il muscolo, composto da fascicoli
 ← i fascicoli composti da fibre
 ← le fibre da miofibrille
 ← le miofibrille da miofilamenti
 ← che sono sostanze proteiche: actina e miosina

IL VENTRE MUSCOLARE (o *corpo muscolare*) rappresenta la parte centrale del muscolo ed ha una struttura molto complessa.

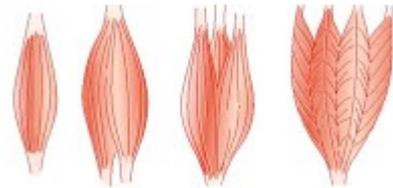
Un muscolo può avere un ventre (*monocipite*) o più.

In questo caso, distingueremo:

Bicipite, se ne presenta due.

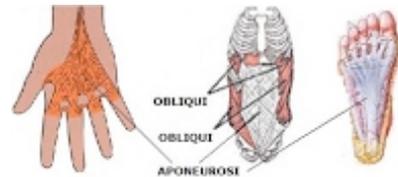
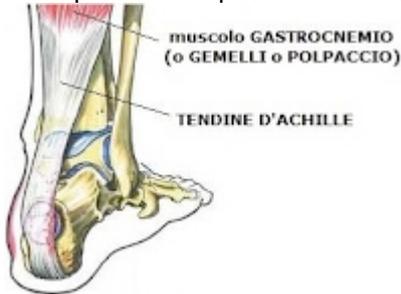
Tricipite, con tre ventri.

Quadricipite, con quattro ventri riuniti in un muscolo unico.



I TENDINI

Nascono dal ventre muscolare e funzionano come veri e propri "*tiranti*" poiché vanno ad inserirsi nelle ossa con il preciso compito di muoverle grazie ad una continua attività di contrazione e rilassamento.



Costituiti da tessuto connettivo, sono molto resistenti (sopportano oltre 500 kg.), ma poco elastici, perché si allungano fino a un massimo del 4% della loro lunghezza.

Nel caso dei muscoli più lunghi e piatti come gli addominali, i tendini sono coadiuvati da fasce fibrose, dette aponeurosi, che avvolgono i muscoli e continuano nel tendine con la funzione di mantenerli nella loro sede naturale durante la contrazione.

La parte iniziale del tendine, cioè quella in contatto diretto col muscolo, si chiama origine mentre quella terminale è detta inserzione muscolare ed entra nell'osso.

FORMA DEI MUSCOLI CLASSIFICAZIONE

I muscoli scheletrici hanno forme, dimensioni e funzioni molto diverse: nel corpo umano sono oltre 650. Possono essere classificati in base a diversi criteri.

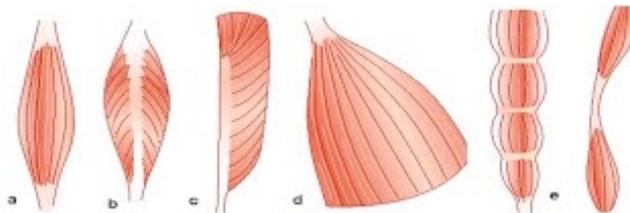
Si possono classificare in base alla loro forma ed in base al numero di ventri. I muscoli hanno forme varie tanto da poter effettuare diverse classificazioni. Una prima distinzione prevede:

Muscoli lunghi, che ricoprono lo scheletro degli arti (bicipite, quadricipite, tricipite, etc.).

Muscoli larghi, che, invece, risiedono nel tronco come trapezio, deltoide, gran dorsale, gran pettorale, gran gluteo.

Un altro tipo di classificazione più specifica riconosce quattro diverse forme principali da cui ne possono derivare altre secondarie:

- Fusiformi**, caratterizzati da una disposizione parallela delle fibre del ventre rispetto ai tendini. Sono piuttosto affusolati con la parte centrale più sviluppata, mentre le estremità sono più sottili. Ricordiamo il bicipite femorale, quello brachiale, il tricipite ed il sartorio.
- Pennati**, anch'essi caratterizzati da un'inserzione obliqua, ma terminante su entrambi i lati del tendine d'inserzione come nel caso del gastrocnemio.
- Semipennati**, con fibre disposte in modo obliquo che si agganciano solo su lato del tendine d'inserzione (gran dorsale, obliqui addominali, gran gluteo, etc.).
- A ventaglio (od a triangolo)**, appiattiti e che possiedono un piccolo tendine ad una estremità da dove le fibre si aprono a ventaglio per terminare con un'ampia e piatta superficie tendinea detta aponeurosi che serve da collegamento tra muscolo e osso. La loro conformazione aperta li rende molto resistenti, ma anche molto forti, perché possono agire su aree ed ossa diverse. Ad esempio, il gran pettorale e le sue tre diverse intersezioni: clavicolare, sternale e addominale.
- Nastriformi**, con fibre parallele alla lunghezza, interrotte da più inserzioni tendinee, come ad esempio il retto dell'addome.
- Digastrici**, che presentano un tratto tendineo intermedio al ventre muscolare.



AZIONE DEI MUSCOLI

Ogni muscolo realizza una AZIONE PRINCIPALE, ed in base a questa è classificato come ad esempio estensore, flessore, abductore, rotatore, etc., ma è di solito in grado di realizzare anche AZIONI SECONDARIE che è bene conoscere per poter sfruttare le potenzialità muscolari in maniera ottimale.

MUSCOLI AGONISTI – ANTAGONISTI - SINERGICI

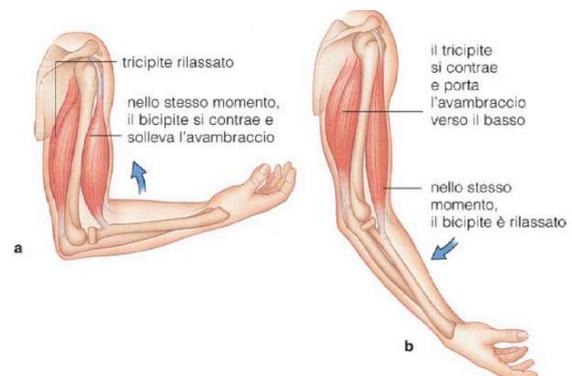
- **AGONISTI**: Il movimento è reso possibile dalla contrazione di uno o più muscoli che insieme realizzano l'azione
- **ANTAGONISTI**: Svolgono l'azione opposta dei muscoli agonisti
- **SINERGICI**: Quando più gruppi muscolari concorrono alla realizzazione di una azione.

Per realizzare lo spostamento di un segmento scheletrico è necessario che i muscoli deputati all'azione contraria, cioè gli antagonisti, siano rilasciati per non essere di freno al movimento.

I ruoli s'invertono nello svolgimento dell'azione opposta.

In gran parte delle azioni motorie è necessario che agonisti e antagonisti coordinino la loro azione per ottenere il movimento ricercato. I muscoli che collaborano a questa perfetta riuscita dell'azione si dicono sinergici.

Il bicipite e il tricipite brachiale sono un tipico esempio di muscoli agonisti-antagonisti



Infine, definiremo **fissatori** i muscoli che, per mezzo della loro contrazione, fissano i segmenti corporei in una data posizione e mantengono ferme le articolazioni.

A prescindere che siano ora agonisti ora antagonisti, i muscoli permettono cinque movimenti principali tanto da essere distinti in:

- **Flessori**, quando con il loro lavoro permettono di avvicinare due capi articolari
- **Estensori**, quando li allontanano
- **Adduttori**, se avvicinano alla linea mediana del corpo una parte distante
- **Abduttori**, se lo allontanano
- **Rotatori**, quando permettono un'azione di rotazione sia verso l'interno sia verso l'esterno.

Infine, un'altra classificazione prevede:

- **Muscoli Fasici**, se agiscono sempre sotto il controllo della volontà o per riflesso o automatismo

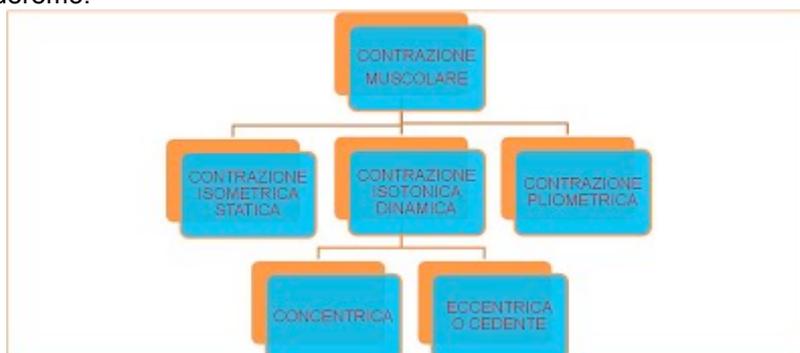
- ➔ **Muscoli Tonici**, se garantiscono un certo tono muscolare anche senza intervento della volontà come nel caso dei muscoli che permettono una condizione statica e di equilibrio. Si tratta di muscoli che mai si rilassano completamente, ma sono sempre *“all’erta”* e pronti a contrarsi. Oltre a permettere una posizione eretta, questo stato di *“tensione latente”* accelera i tempi di reazione muscolare. Il tono dei muscoli migliora grazie al riscaldamento che, quindi, deve precedere ogni attività fisica di un certo rilievo e diminuisce solo se siamo molto affaticati o in condizioni ambientali negative.

TIPI CONTRAZIONE MUSCOLARE CLASSIFICAZIONE

La contrazione muscolare produce una forza che consente di muovere le singole parti del corpo. A questa forza muscolare se ne oppone una esterna.

$$\text{Se FORZA MUSCOLARE} = \text{FORZA ESTERNA} \rightarrow \text{MOVIMENTO} = 0$$

Il criterio preso in esame per classificare la contrazione muscolare è il tipo di lavoro svolto per vincere una resistenza e distingueremo:



CONTRAZIONE ISOMETRICA o statica

Nella contrazione isometrica vi è un equilibrio tra la forza muscolare e quella esterna.

Questo equilibrio non permette alcun riavvicinamento delle estremità opposte del muscolo.

NON c'è quindi MOVIMENTO ESTERNO ed è quindi una contrazione statica.



CONTRAZIONE ISOTONICA DINAMICA

Tale contrazione prevede che a non variare sia il tono muscolare, mentre lo sforzo prodotto determina una modifica della distanza tra segmenti ossei ed è per questo motivo che si definisce dinamica.

Può essere ulteriormente distinta in:

Concentrica, se avvicina due capi articolari o se permette di sollevare un carico. Il muscolo si accorcia e le inserzioni muscolari si avvicinano perché la forza muscolare è superiore alla forza esterna.

Nel sollevamento pesi, solo se la contrazione concentrica sviluppa una forza superiore alla resistenza offerta dal peso, l'atleta riuscirà a sollevare il bilanciere



Eccentrica o cedente, se allontana due capi articolari o serve ad abbassare un peso.

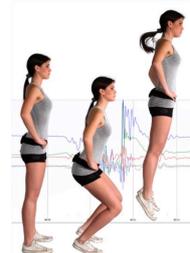
Nella contrazione eccentrica, quando la forza esterna è più grande della forza muscolare applicata, si crea un disequilibrio per cui il muscolo, pur contraendosi, è costretto ad allungarsi.

Si produce cioè un movimento con allontanamento di origine ed inserzione del muscolo in contrazione.

È una contrazione in **ALLUNGAMENTO** che rallenta o resiste al movimento. In queste condizioni il muscolo funziona come un vero e proprio freno, come ad esempio nel salto in basso (*movimento di ammortizzazione*).

CONTRAZIONE PLIOMETRICA

È quella che permette di sfruttare la forza elastica di muscoli e legamenti. Prevede che prima di eseguire un lavoro se ne compia uno contrario in modo da produrre una forza opposta a quella che serve per il movimento che, alla fine, vogliamo realizzare. In tal modo l'energia prodotta può essere restituita al momento opportuno per aumentare la velocità e l'intensità di ciò che vogliamo realizzare. L'esempio classico è quello dell'elastico che, prima di essere lanciato, è tirato per poi essere rilasciato.



TIPI DI FIBRE MUSCOLARI

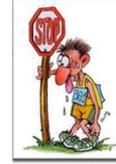
Le fibre di un dato muscolo non sono tutte uguali alle altre: esse differiscono per colore ma, soprattutto, per le loro caratteristiche. Le fibre dette "pallide" sono in grado di una velocità più elevata e sanno altresì maggiore forza. Altre definite "rosse" dotate di minore velocità e minore forza, più alta resistenza.

L'allenamento appropriato riesce a parte le caratteristiche delle fibre più facile, però, che una fibra "pallida" maggiore resistenza e diventi più simile "rossa", piuttosto che si verifichi la in senso inverso.

All'interno di ogni muscolo si riconoscono diversi tipi di fibre, classificate in base alla velocità di contrazione ed alla resistenza alla fatica:

Distribuzione delle fibre muscolari

In ogni muscolo sono presenti **sia fibre veloci che fibre lente**. La distribuzione in percentuale **varia da muscolo a muscolo e da atleta ad atleta**.



- **SEDENTARIO:** 40% di tipo I (lente) - 60% di tipo II (rapide)
- **SPRINTER:** 20% di tipo I (lente) - 80% di tipo II (rapide)
- **PRATICA REGOLARE JOGGING** 50% di tipo I (lente) - 50% di tipo II (rap.)
- **MEZZOFONDISTA:** 55% di tipo I (lente) - 45% di tipo II (rapide)
- **MARATONETA:**
- **ULTRAMARATONETA:** 95% di tipo I (lente) - 5% di tipo II (rapide)

tutte uguali le dimensioni, funzioni.

accorciarsi ad estrinsecare sono invece ma hanno una

trasformare in muscolari: è acquisti una ad una fibra trasformazione

FIBRE DI TIPO I sono fibre lente o ST (dall'inglese Slow Twitch "fibra lenta")	FIBRE DI TIPO II sono fibre veloci o FT (dall'inglese Fast Twitch "fibra veloce")	FIBRE INTERMEDIE Si tratta di una sottocategoria delle fibre di tipo II
<p>Denominate anche <i>rosse</i> perché ad un particolare esame chimico risultano colorate intensamente.</p> <p>Esse sono ricche di mioglobina, una sostanza che è appunto di colore rosso e che, all'interno della fibra, trasporta l'ossigeno fino ai corpuscoli nei quali viene utilizzato, i mitocondri.</p> <p>L'ossigeno è fondamentale per queste fibre dal momento che esse traggono l'energia quasi esclusivamente dal "meccanismo aerobico", quello nel quale l'ossigeno si combina con gli zuccheri o con i grassi.</p> <p>Ciascuna fibra rossa è circondata da un numero maggiore di capillari, proprio per favorire l'apporto di ossigeno.</p> <p>Esse hanno mediamente meno forza e meno velocità di contrazione (ossia di accorciamento), ma sono dotate di grande resistenza alla fatica.</p> <p>Gli atleti che eccellono nelle discipline di fondo (i maratoneti, i marciatori, i ciclisti della strada, gli sciatori di fondo...) hanno di solito muscoli nei quali prevalgono le fibre lente.</p>	<p>Denominate anche <i>bianche o pallide</i> perché non presentano colorazione.</p> <p>Esse sanno accorciarsi rapidamente e sanno estrinsecare valori elevati di tensione alle estremità; contengono poca emoglobina e pochi mitocondri.</p> <p>Negli scattisti dell'atletica leggera, nei saltatori e in tutti quegli atleti che praticano discipline nelle quali è importante la velocità (e non è importante la resistenza), i muscoli hanno una percentuale di fibre pallide superiore a quella delle fibre rosse.</p>	<p>Caratteristiche intermedie rispetto alle due precedenti categorie.</p> <p>Questo tipo di fibra muscolare a contrazione rapida rappresenta al massimo il 3% del totale delle fibre di un muscolo.</p>

Dimensioni	più sottili	diametro maggiore
Capillari	molti	pochi
Velocità di contrazione	bassa	elevata
Resistenza alla fatica	buona o ottima	discreta o scarsa
Mioglobina	abbondante	Scarsa

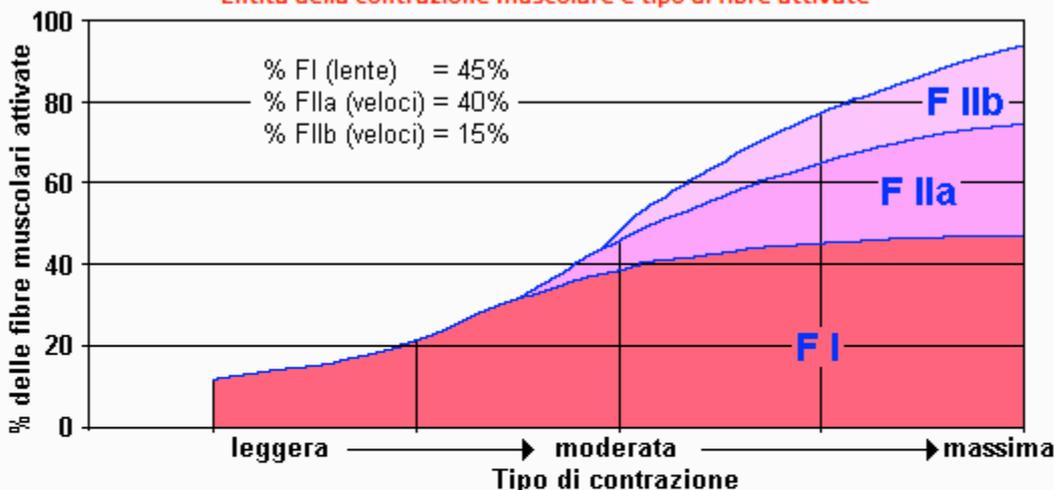
In relazione alla loro struttura, ed in particolare al potenziale ossidativo (cioè in base alla capacità di lavorare aerobicamente) vengono ulteriormente distinte in:

- II A - con discreto potenziale ossidativo
- II B - con potenziale ossidativo molto scarso o inesistente
- II C - Intermedie – forma di transizione fra fibre del I tipo e del II tipo.

I tre tipi di fibre sono presenti contemporaneamente in tutti i muscoli, ma in percentuali diverse, così come varia anche la distribuzione di fibre da individuo a individuo tanto che non siamo tutti veloci o resistenti nello stesso modo.

A renderci ancora più diversi è anche la possibilità di modificare il patrimonio di fibre con l'allenamento che può trasformare le fibre da un tipo all'altro (è maggiore la possibilità di trasformare le fibre bianche in rosse e non viceversa e, quindi, è più facile diventare più resistenti che veloci).

Entità della contrazione muscolare e tipo di fibre attivate



Fibre I (lente, rosse):	Fibre IIa (veloci, bianche):	Fibre IIb (veloci, bianche):
<ul style="list-style-type: none"> - bassa intensità di tensione; - bassa velocità di contrazione - ricche di mitocondri e mioglobina; - elevata densità di capillari sanguigni; - alto potere ossidativo. 	<ul style="list-style-type: none"> - medio-alta intensità di tensione; - alta velocità di contrazione; - alto potere ossidativo; - medio potere glicolitico. 	<ul style="list-style-type: none"> - elevatissima intensità di tensione; - altissima velocità di contrazione; - alto potere glicolitico.
FORZA MUSCOLARE		
RESISTENZA MUSCOLARE	Con allenamento opportuno possono assumere le caratteristiche delle F IIb.	Con allenamento opportuno possono assumere le caratteristiche delle F IIa

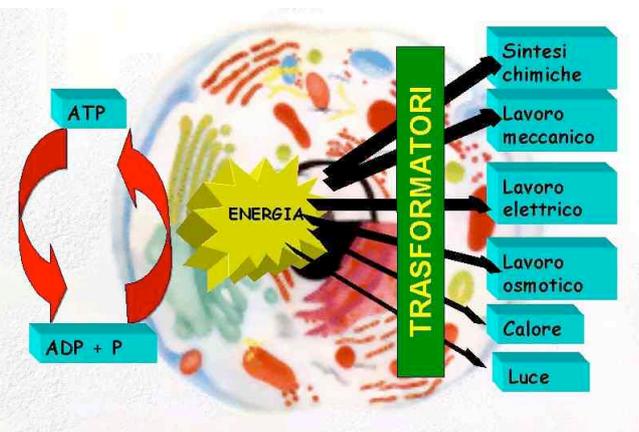
METABOLISMO MUSCOLARE E SISTEMI ENERGETICI

Aerobico, anaerobico, che significa?

Nell'uomo, e nella maggior parte degli esseri viventi, la molecola comune alle varie tipologie d'utilizzo dell'energia è l'ATP che, pur non possedendone una gran quantità per ogni suo legame fosforico, è in grado di liberarla sotto una forma facilmente impiegabile nei vari processi biochimici.

Combustibili ricchi di energia come il glucosio non possono essere utilizzati direttamente per la contrazione muscolare. Prima devono essere convertiti, ribadiamo, in ATP (adenosintrifosfato), una sostanza che immagazzina, trasporta e rilascia energia. Durante la contrazione l'ATP permette all'actina ed alla miosina di interagire. L'ATP è prodotto all'interno delle fibre muscolari mediante due tipi di reazione cellulare: anaerobica ed aerobica. Una fibra muscolare contiene ATP sufficiente per alimentare alcuni secondi di contrazione. Pertanto, le concentrazioni di ATP devono essere mantenute ad un livello costante.

Nella produzione d'energia avremo quindi un diverso impiego in base alla durata (*capacità*) ed all'intensità (*potenza*) del gesto atletico richiesto.



Come avviene la produzione dell'energia (spiegazione semplificata)

L'organismo è dotato di una certa quantità di energia pronta per l'uso. Questa energia si trova nei muscoli sotto forma chimica e si chiama CP (creatin fosfato). Questa energia pronta permette un impegno anche intenso, ma della durata massima di 8-10". Il meccanismo che utilizza questo tipo di energia si chiama **ANAEROBICO**. L'organismo ha però bisogno di altre fonti di energia, più durature e infatti vi sono dei meccanismi che ne producono costantemente. Il meccanismo abituale, ordinario è quello **AEROBICO**, che combina le sostanze energetiche provenienti dagli alimenti, con l'ossigeno proveniente dalla respirazione e quindi dal sangue. Il meccanismo aerobico fornisce energia molto economica, ma impiega molto tempo e quindi sarà energia per sforzi poco intensi, ma anche molto prolungati. Questo sistema ha il vantaggio di non provocare "affaticamento", non produce "scorie".

Se si comincia ad affrontare uno sforzo di elevata intensità cominciamo con l'utilizzare, attraverso il meccanismo Anaerobico, le riserve di energia (CP); contemporaneamente il sistema Aerobico comincia a produrre la sua energia; nel frattempo l'energia pronta si esaurisce; per protrarre lo sforzo alla intensità

necessaria il sistema Anaerobico continua a produrre energia alla sua maniera che utilizza un meccanismo chiamato “(anaerobico) LATTACIDO”, detto così perché tale meccanismo produce energia, ma come scarto produce acido lattico; questa sostanza, se accumulata nei muscoli, ostacola la contrazione muscolare. La durata di questo sistema, impiegato alla massima intensità è di circa 40-80”. Al termine della prova le riserve utilizzate vanno reintegrate, e l'acido lattico dev'essere smaltito; entrambe le operazioni sono a carico del sistema aerobico, cioè dell'ossigeno; per questo si dice che l'impiego del sistema Anaerobico produce un “**debito di Ossigeno**” (v.tab.pag.succ.). Il tempo necessario per ripristinare il livello organico iniziale si chiama “**tempo di recupero**” (v.tab.fine pag.).

Tabella sistemi di produzione di energia

SISTEMA AEROBICO	GRASSI E ZUCCHERI + O₂	= ENERGIA
SISTEMA ANAEROBICO	CP	= ENERGIA + DEBITO
SISTEMA AN. LATTACIDO	ZUCCHERI	= ENERGIA + DEBITO

<i>Sistema</i>	<i>Durata massima</i>	<i>Capacità</i>	<i>Potenza</i>	<i>Debito di O₂</i>
Anaerobico	8” - 10”	Ridotta	Elevata	Medio
An. Lattacido	40” - 90”	Medio - bassa	Elevata	Elevato
Aerobico	∞	Illimitata	Bassa	-

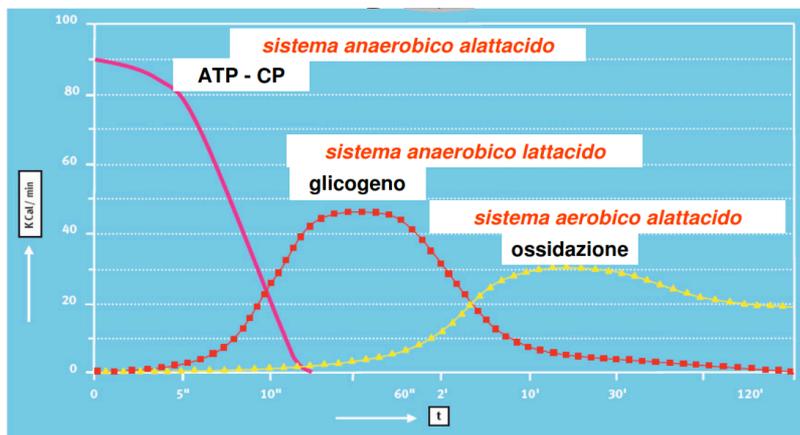
Il sistema Aerobico utilizza sia zuccheri che grassi. Ha una “Capacità” elevatissima, ma una bassa Potenza, produce energia senza contrarre debito di ossigeno.

Il sistema Anaerobico può utilizzare solo zuccheri. Ha una capacità ridottissima, ma elevata potenza e contrae un debito di ossigeno necessario a ripristinare le riserve energetiche muscolari.

Il sistema anaerobico Lattacido utilizza solo zuccheri. Ha una capacità medio bassa, potenza elevata, contrae il debito di ossigeno necessario allo smaltimento dell'acido lattico prodotto.

Un altro concetto che è bene ricordare subito è che **le varie fonti energetiche lavorano in parallelo**, non in serie. Ciò significa che, quando diciamo che sono coinvolti carboidrati, grassi e proteine nella produzione di energia per una corsa a una certa velocità, i meccanismi sono contemporanei, non successivi. In altre parole, interverrà in percentuali diverse un sistema piuttosto che un altro, ma tutti e tre i sistemi entrano in funzione fin dall'inizio in contemporanea.

Ognuno di noi può sfruttare i tre meccanismi in maniera diversa, a seconda dell'allenamento e delle caratteristiche individuali congenite o acquisite.

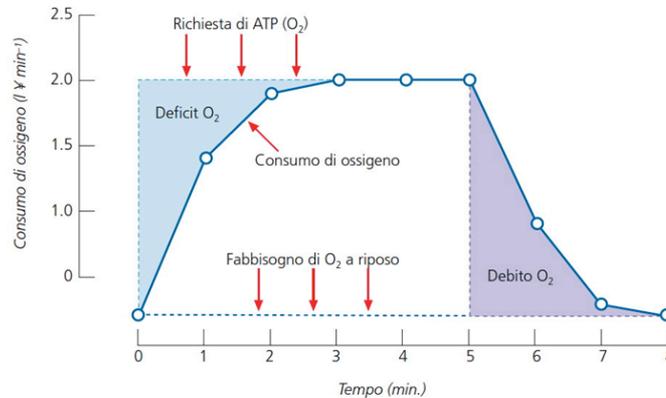


Il continuum dei sistemi energetici

Per reintegrare i meccanismi energetici occorrono TEMPI di RECUPERO diversificati a seconda del processo di resintesi energetica utilizzato.

MECCANISMO ENERGETICO	TEMPI MEDI di RECUPERO dopo lo sforzo
mecc. di resintesi ATP-CP	2 - 3 minuti
recupero del debito di ossigeno ALATTACIDO	4 - 5 minuti
Recupero del debito di ossigeno LATTACIDO	45 - 60 minuti
ricostituzione delle riserve di glicogeno nei muscoli	15 - 30 ore

In caso di esercizio intenso, il deficit di O₂ che s'instaura all'inizio della prova verrà pagato al termine della stessa (debito d'ossigeno).



Area azzurra: energia spesa all'inizio dell'esercizio a carico dei meccanismi anaerobici. Si dice che l'organismo contrae un debito d'ossigeno. Area bianca: energia aerobica. Area viola: energia ossidativa necessaria al termine della prova per pagare il debito d'ossigeno.

SCHEMA DEI TRE SISTEMI ENERGETICI (METABOLISMI)						
METABOLISMO	ANAEROBICO ALATTACIDO		ANAEROBICO LATTACIDO		AEROBICO	
QUALITÀ FISICA	VELOCITÀ		RESISTENZA ANAEROBICA		RESISTENZA AEROBICA	
SCHEMA FISIOLÓGICO	FOSFAGENO = ATP + PC 		GLICOGENO ↓ ACIDO PIRUVICO ↓ DEBITO DI OSSIGENO ↓ ACIDO LATTICO		GLICOGENO - GRASSI PROTEINE ↓ ACIDO PIRUVICO ↓ APPORTO DI OSSIGENO SUFFICIENTE ↓ CO ₂ + H ₂ O	
SOSTANZE RESIDUE	-----		ACIDO LATTICO		-----	
DURATA	DA 0 A 30 SECONDI				DA 30 SECONDI A 3 MINUTI	DA 3 MINUTI A "VARIE" ORE
	sforzi esplosivi	sforzi intensivi	sforzi medi	sforzi piccoli		
	FINO A 6"	FINO A 10"	FINO A 20"	FINO A 30"		
SUDDIVISIONE	POTENZA		CAPACITÀ		POTENZA	CAPACITÀ
	DA 0" A 10"		DA 0" A 30"		fino a 1 minuto	fino a 3 minuti
					intorno alla SOGLIA ANAEROBICA	molto sotto alla SOGLIA ANAEROBICA

Acido Lattico...cos'è?

L'acido lattico o lattato è un sottoprodotto del metabolismo anaerobico lattacido. Si tratta di un composto tossico per le cellule, il cui accumulo nel torrente ematico è correlato alla comparsa della fatica muscolare. Tutti gli atleti che praticano sport di potenza sanno di cosa stiamo parlando, quella sensazione di bruciore intenso che impedisce ogni ulteriore contrazione muscolare.

Una volta prodotto, l'acido lattico si diffonde nel flusso sanguigno che lo trasporta al cuore, al fegato ed ai muscoli inattivi, dove viene riconvertito in glucosio, ed è uno sbaglio pensare che sia un composto derivante solo ed esclusivamente da uno sforzo atletico. Infatti il lattato viene prodotto già a partire da basse intensità di esercizio; i globuli rossi, per esempio, lo formano continuamente anche in condizioni di completo riposo. Basti pensare che un uomo adulto attivo produce circa 120 grammi di acido lattico al giorno.

Ma ritorniamo all'esercizio fisico e alla produzione di acido lattico. Quando l'intensità dell'esercizio aumenta, nei muscoli si accumula sempre di più acido lattico, che il sangue deve riuscire ad eliminare: se si mantiene

alto questo livello di intensità si raggiunge la soglia del lattato, praticamente il livello di acido lattico nel sangue è maggiore di quello che l'organismo è in grado di metabolizzare.

Come detto in precedenza, l'acido lattico è un prodotto tossico, l'organismo però ha delle valide difese che gli permettono di fronteggiare questa tossina: è in grado infatti di riconvertire l'acido lattico in glucosio, ed inoltre basti pensare che il cuore metabolizza l'acido lattico a scopo energetico.

Precisamente: il 65% dell'acido lattico prodotto viene convertito in anidride carbonica ad acqua, il 20 % viene convertito in glicogeno, il 10% in proteine ed il 5% in glucosio.

La quantità di acido lattico prodotta durante un esercizio muscolare è inversamente proporzionale al grado di allenamento del soggetto. Ciò significa che un soggetto non allenato produce più acido lattico rispetto ad un soggetto allenato.

L'acido lattico inizia ad accumularsi nei muscoli e nel sangue quando la velocità di sintesi supera la velocità di smaltimento. Approssimativamente tale condizione si innesca quando durante un esercizio fisico intenso la frequenza cardiaca supera l'80% (per i non allenati) ed il 90% (per i più allenati) della frequenza cardiaca massima.

Per tutti coloro che praticano sport di potenza c'è una bella notizia: l'acido lattico rappresenta un forte stimolo per la secrezione di ormoni anabolici come il GH ed il testosterone. Per questo motivo allenarsi con pesi ad elevata intensità, con serie intervallate da pause non troppo lunghe, massimizza il guadagno di massa muscolare.

L'acido lattico nel torrente ematico viene smaltito nel giro di 2 o 3 ore, e la sua quantità si dimezza ogni 15-30 minuti a seconda dell'allenamento e della quantità di acido lattico prodotto.

Sfatiamo una leggenda metropolitana: il dolore muscolare che si avverte il giorno dopo un allenamento intenso, non è dovuto all'acido lattico (come leggenda dice), ma da microlacerazioni muscolari che originano processi infiammatori; inoltre vi è un incremento delle attività ematiche e linfatiche che aumentano la sensibilità nelle zone muscolari maggiormente sollecitate.

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

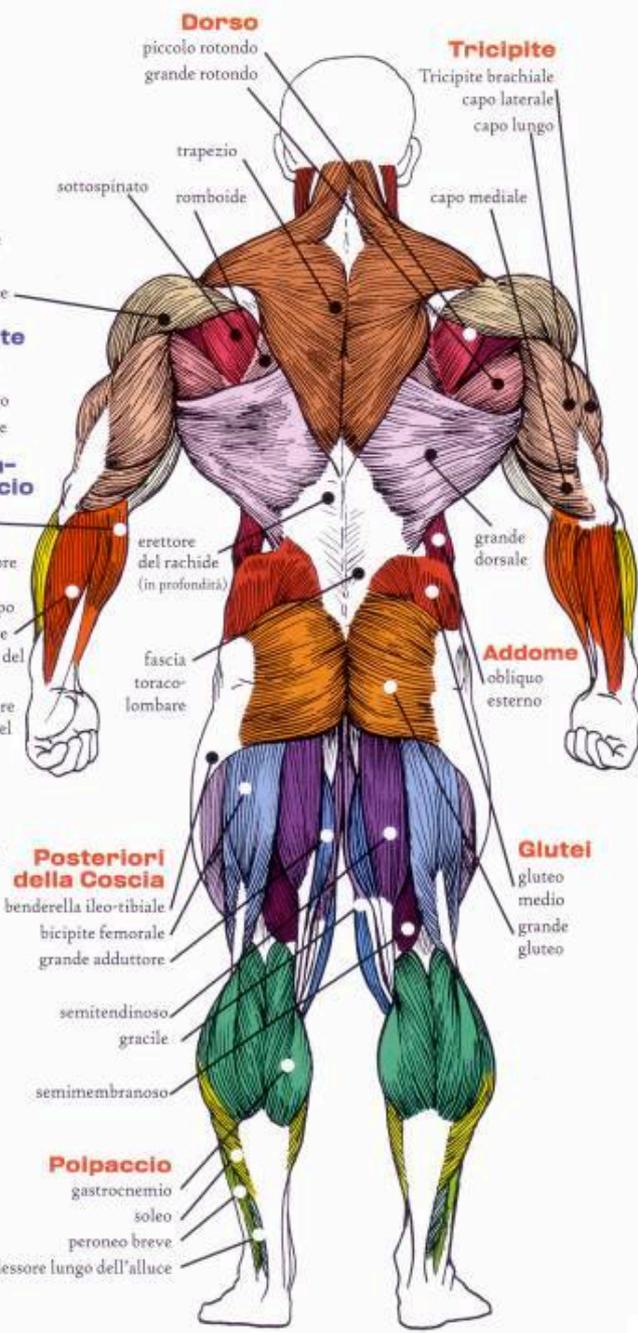
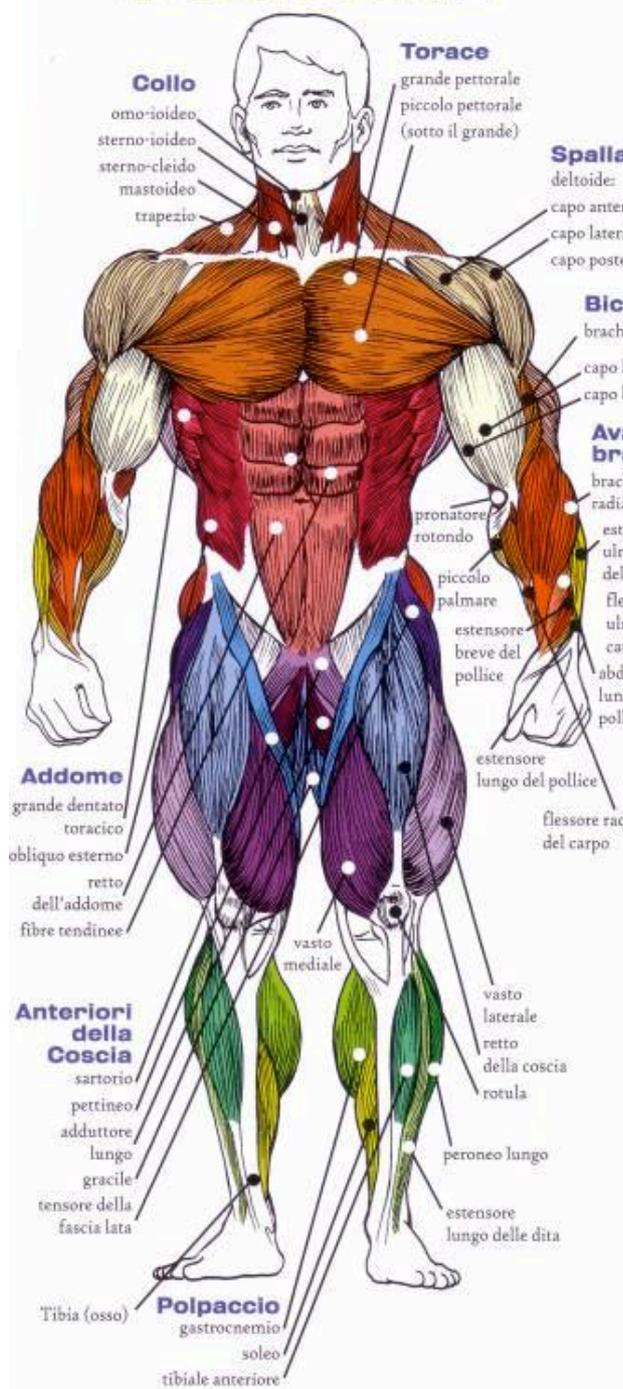
Metabolismo anaerobico lattacido

- 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

In base al tipo di sistema energetico prevalentemente utilizzato durante l'attività sportiva si può proporre la seguente classificazione:	
CLASSIFICAZIONE BIOENERGETICA DEGLI SPORT	
TIPO DI SPORT	DURATA MEDIA DEL GESTO ATLETICO
SPORT DI POTENZA (alattacidi) <i>100 e 110 hs atletica, lanci, salti, sollevamento pesi</i>	10" - 15"
SPORT prevalentemente ANAEROBICI <i>200 e 400 atletica, 100 nuoto stile libero</i>	15" - 45"
SPORT ANAEROBICI - AEROBICI MASSIVI <i>800 e 1500 atletica, 200 nuoto</i>	45" - 180"
SPORT prevalentemente AEROBICI <i>5000 e 10000 atletica, maratona, ciclismo su strada, 800 e 1500 nuoto, marcia, canottaggio, sci fondo</i>	superiore a 180"
SPORT ANAEROBICI - AEROBICI ALTERNATI <i>tennis, sport di squadra (calcio, basket, volley, rugby), sport di combattimento (pugilato, lotta, arti marziali)</i>	
SPORT di DESTREZZA Scarso impegno muscolare <i>tiro con armi da fuoco, bocce, bowling</i> Intenso impegno muscolare <i>scherma, ginnastica, windsurf, alpinismo</i> Impegno muscolare posturale e direzionale <i>sport di guida (auto, moto, motonautica, aerei con e senza motore, deltaplano), surf, equitazione, sport subacquei, arco</i>	
SPORT COMBINATI <i>pentathlon, decathlon, biathlon</i>	

TABELLA ANATOMICA MUSCOLARE

VEDUTA FRONTALE



VEDUTA POSTERIORE

APPENDICE

LE LESIONI MUSCOLARI

Le lesioni muscolari sono molto frequenti nello sport e la loro incidenza varia fra il 10 ed il 55% di tutti i traumi da sport. Le lesioni muscolari possono essere determinate da un *Trauma Diretto* più frequente negli sport di contatto (pallacanestro, calcio, rugby) o da un *Trauma Indiretto* più frequente negli sport individuali (tennis, atletica leggera).

Nel **trauma diretto**, in cui la forza agisce sul muscolo schiacciandolo contro i piani profondi, il danno prodotto varia dalla semplice contusione fino alla rottura muscolare, in funzione della violenza del trauma e dallo stato di contrazione del muscolo. I muscoli più colpiti sono il deltoide, il quadricipite e i gemelli.

Nel **trauma indiretto**, in cui manca il contatto diretto contro una forza traumatica, si può ipotizzare una disfunzione neuromuscolare quale un improvviso allungamento passivo del muscolo per effetto di una forza di trazione applicata durante la fase di contrazione oppure una troppo rapida contrazione del ventre muscolare a partire da uno stato di rilassamento completo. I muscoli più colpiti sono il bicipite brachiale e gli ischiocrurali.

In ordine di gravità, le lesioni possono essere suddivise in:

- ❖ **contratture**: o lesione di grado 0; il muscolo è contratto
- ❖ **elongazioni**: o stiramento, lesione di grado 1; si ha una distensione delle fibre muscolari, ma non c'è rottura
- ❖ **distrazioni**: o lesione di grado 2; in questo caso le rotture interessano parte delle fibre del muscolo, con emorragie e conseguenti ecchimosi a livello sottocutaneo:
 - I stadio – rottura di poche fibre
 - II stadio – rottura di più fibre
 - III stadio – rottura parziale
- ❖ **rotture**: in questo caso la rottura delle fibre interessa tutto il muscolo.

Le cause delle lesioni muscolari sono molto varie e possono essere legate all'attività sportiva, a squilibri muscolari, a contusioni, a condizioni ambientali non ottimali. Per quanto riguarda l'attività della corsa, le lesioni sono favorite da carenze tecniche nella corsa, scarsa flessibilità o coordinazione muscolare, eccessive contrazioni dei muscoli, riscaldamento non adeguato o recupero insufficiente dopo un precedente sforzo atletico. Quest'ultimo punto è fondamentale: la causa non è un'insufficiente forza muscolare, quanto un recupero insufficiente. Prova ne sia che anche i campioni (in cui un deficit muscolare è improbabile) soffrono di lesioni muscolari.

Nelle **contratture** si ha dolore al muscolo colpito che influisce negativamente sulla sua efficienza. L'esame obiettivo consente di verificare facilmente la patologia, sia per la presenza di sintomi sia perché la pressopalpazione consente di verificare che il muscolo è contratto.

Nel caso delle **elongazioni** il dolore è diffuso lungo tutta la fascia muscolare.

Con le **distrazioni** invece il dolore è maggiormente focalizzato in un punto ed è possibile individuare la presenza di ecchimosi o ematomi. L'**ematoma** può essere di due tipi:

- **Intramuscolare**: l'ematoma è delimitato da una fascia muscolare intatta e clinicamente si manifesta con dolore ed impotenza funzionale;
- **Intermuscolare**: l'ematoma si espande negli spazi interfasciali ed interstiziali se la fascia muscolare è lacerata ed in tal caso non si verifica un aumento di pressione all'interno del muscolo.

In presenza di **rottura**, oltre a dolore ed ematoma, è evidente il punto in cui le fibre del muscolo sono interrotte a causa del trauma. L'esame ecografico consente di stabilire lo stato preciso della situazione patologica e di seguirne l'evoluzione e la guarigione.

Tempi di guarigione

- **Contrattura/Elongazione** - L'infortunio guarisce spontaneamente in 7 gg; indicate le terapie self (soprattutto impacchi caldo-umidi). Possibile usare antinfiammatori, miorilassanti;
- **Stiramento** - Il periodo di stop consigliato è di 15-20 gg. Fondamentale seguire le indicazioni sulla ripresa del metodo StopandGo;
- **Distrazione** - Il periodo di stop consigliato dal metodo è di 20 giorni; le terapie self sono ghiaccio per due giorni, antinfiammatori e miorilassanti per 7 giorni, bendaggio compressivo. Se dopo 20 giorni l'infortunio non è rientrato (20 giorni è il periodo minimo per una distrazione che può richiedere anche 40 giorni di stop), l'intervento dell'ortopedico può associare altre terapie (tecarterapia, fibrolisi, massoterapia etc.);
- **Rottura (strappo)** - È il caso in cui l'intervento dell'ortopedico è giustificato da subito, poiché nei casi più gravi è indicato l'intervento chirurgico per suturare le fibre muscolari. L'intervento immediato consiste in crioterapia, antinfiammatori, miorilassanti. Il metodo è automaticamente applicato perché si richiede riposo assoluto (con l'arto in posizione declive) per almeno 15-20 giorni. Poi l'ortopedico farà il punto della situazione.

L'interruzione dell'attività sportiva può anche raggiungere i quattro mesi. La rieducazione è consigliabile solo a guarigione avvenuta. Per un recupero completo è fondamentale rispettare i tempi della riabilitazione, senza avere fretta di tornare ad allenarsi. Quando si riprende l'attività si deve prestare la massima attenzione alla programmazione degli allenamenti ed alla fase di riscaldamento.

ALTRI GUAI DEL MUSCOLO

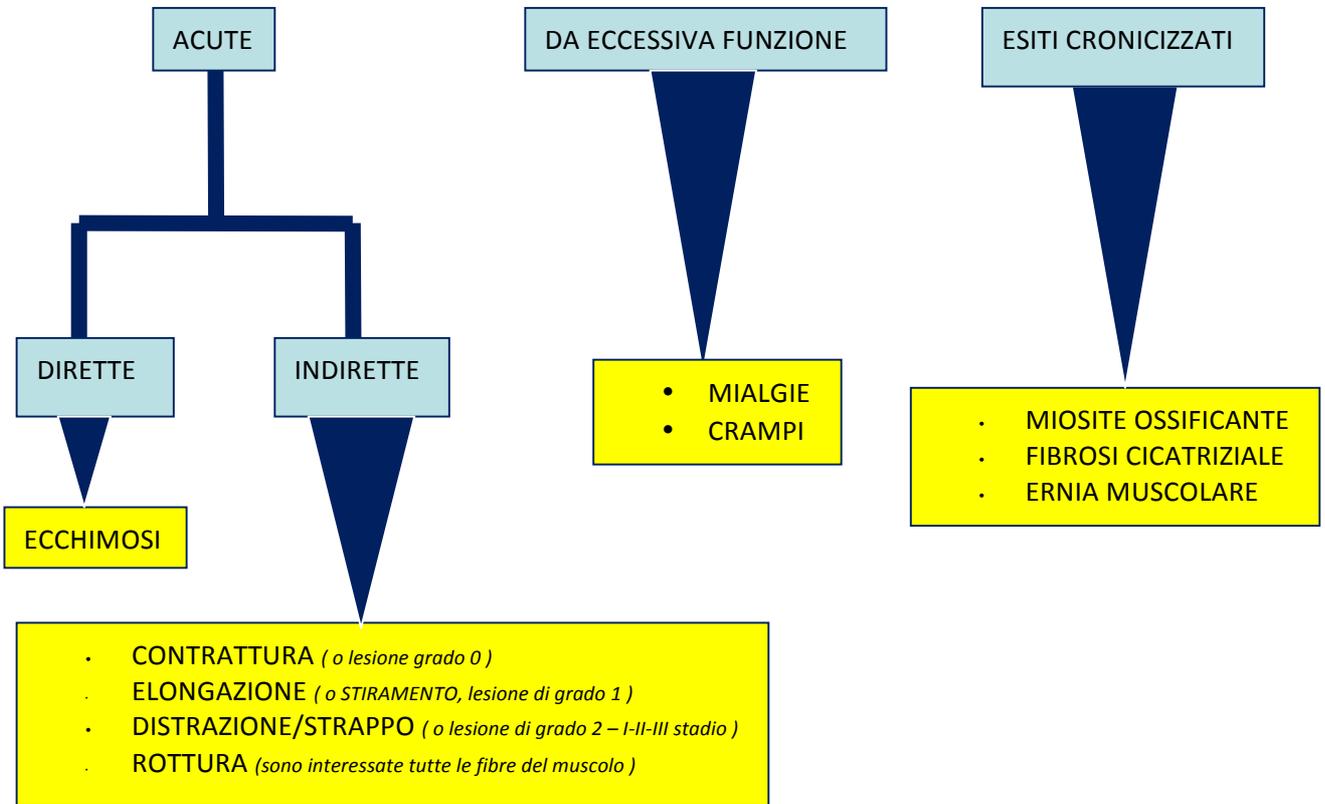
CRAMPO

Rigidità della muscolatura, che si mantiene in uno stato continuo di contrazione, senza riuscire a rilassarsi. La **causa** può essere il freddo, l'umidità od un affaticamento esagerato. Può trattarsi anche di mancanza di sale o di potassio che va corretta con l'alimentazione. Occorre **ALLUNGARE** il MUSCOLO PASSIVAMENTE, NON BRUSCAMENTE.

TENDINITE

Infiammazione dolorosa del tendine. Frequente è quella del tallone d'Achille, che può essere **causata** da corse su suolo duro o da scarpe inadatte. Altre CAUSE possono essere: un'esagerata ipertrofia muscolare, una cattiva statica del piede. Occorre **RIPOSO** e **IMPACCHI FREDDI**.

LESIONI DEL MUSCOLO



SEDI PIÙ SOGGETTE A LESIONE MUSCOLARE

