

# Introduzione alla contrazione muscolare

La possibilità di eseguire contrazioni muscolari nell'uomo è una delle più complesse e affascinanti funzioni della macrostruttura in anatomia, della microstruttura in istologia e di entrambe per la fisiologia umana.

Tutte queste conoscenze non hanno come unico scopo la sola cultura personale specifica del settore, non che non sia di notevole importanza e rilevanza, anzi tutt'altro, ma per un Personal Trainer e/o Preparatore Atletico, che deve riscontrarsi con applicazioni pratiche da utilizzare durante l'allenamento, non bastano le conoscenze puramente teoriche, ma occorre sfruttare proprietà meccaniche, caratteristiche metaboliche e capacità di resistenza alla fatica nel modo più opportuno.

L'articolo è tecnico e teorico e si rivolge ai professionisti-laureandi che vogliono avere un compendio sintetico e pratico.

## Le fibre muscolari e l'allenamento: le prime cose da sapere

Articolo di **Grassadonia Gabriele**

## Applicazioni costruttive della contrazione muscolare

Entrando maggiormente nello specifico, possiamo distinguere delle percentuali indicative per comprendere meglio capacità e bisogni prestativi relativi alla composizione delle fibre muscolari.

I diligenti Hatfield e Poliquin sono stati tra coloro che si sono maggiormente confrontati con questa problematica negli anni passati (l'immagine 1 è stata elaborata proprio da Hatfield per un apposito test).

<b>SLOW GAINER</b> Da 14 a 21 ripetizioni o più con 80% di 1RM	20-25% della popolazione Predominanza di fibre "rosse" Alta tolleranza alla resistenza, alla fatica, al carico Difficoltà di aumento di massa muscolare (crescita difficile e lenta): <b>Predisposto per un allenamento a tensione continua</b>
<b>MEDIUM GAINER</b> Tra 10 e 13 ripetizioni con l'80% di 1RM	50-60% della popolazione Predominanza di fibre "miste" nella muscolatura Media tolleranza alla resistenza: cresce mediamente di massa muscolare <b>Predisposto per allenamenti a tensione mista, sia esplosiva che continua</b>
<b>EASY GAINER (FAST GAINER)</b> Da 1 a 9 ripetizioni con l'80% di 1RM	20-25% della popolazione Predominanza di fibre "bianche" a livello muscolare Bassa tolleranza alla fatica e al carico (cresce facilmente e velocemente di massa muscolare) <b>Predisposto ad allenamenti con movimenti veloci ed esplosivi</b>

Il rientrare in una categoria piuttosto che in un'altra dipende dalla capacità soggettiva di eseguire ripetizioni massime con l'80% del carico massimale in un determinato esercizio su un certo gruppo muscolare.

*(In realtà il test del massimo numero di ripetizioni con l'80% del carico è stato smentito per predire il tipo di fibra prevalente. Questo test indica l'efficienza neurale. Più una persona la sviluppa più a parità di % di carico riesce a fare meno ripetizioni. Atleti forti neuralmente con l'80% del loro massimale fanno 5-6 ripetizioni. Atleti scarsi ad attivarsi neuralmente anche 10 o più).*

Effettivamente non è una problematica di poco conto riuscire a determinare le capacità soggettive, il test proposto da Hatfield è ovviamente superato da test genetici rimanendo nel campo, piuttosto che dall'aver capito che il muscolo è un effetto di un qualcosa che lo

precede, il sistema nervoso, anche se le caratteristiche miogene sono comunque in grado di influenzare le capacità di prestazione. Di conseguenza saranno molto diversi i risultati ottenuti con lo stesso tipo di allenamento somministrato ad un soggetto “**SLOW GAINER**” (prevalenza di fibre rosse o con difficoltà ad attivarsi neuralmente) che ad uno “**EASY GAINER**” (prevalenza di fibre bianche o con un sistema nervoso efficiente), ed è più che probabile che non sia efficace per almeno uno dei due, se non addirittura entrambi, perché non risponde al principio di specificità. Inoltre un’altra differenza riguarda la composizione di ogni singolo muscolo, perché ci potrebbero essere importanti diversità nelle caratteristiche miofibrillari (es.: il tricipite surale è il muscolo con la più alta concentrazione di fibra rossa del corpo umano, viceversa il tricipite brachiale è colui che ha la composizione più prevalente a fibra bianca del nostro corpo). Le stesse accortezze vanno comunque prese anche per i “**MEDIUM GAINER**”, che rappresentano la maggior parte della popolazione, loro saranno più propensi per sport a carattere misto e per raggiungimenti più veloci del livello ideale di fitness (inteso come equilibrio tra le capacità).

Qui si potrebbe aprire anche il discorso sui somatotipi (alias biotipi) ma si rischierebbe di esser fuorvianti e anacronistici.

Ricordiamoci sempre che rapide variazioni nell’espressione di RNA messaggero nel muscolo scheletrico sono associate all’esercizio fisico, e gli adattamenti trascrizionali seguenti sono imputabili a variazioni del carico lavorativo.

Oltre a queste caratteristiche occorre conoscere le tipologie di contrazione muscolare (isotonica, isometrica, isocinetica, auxotonica, pliometrica e isoinerziale), per potersene avvalere in modo proficuo ed intelligente. Chiaramente l’obbiettivo (sport specifico, recupero funzionale, allenamento mirato al fitness, etc.) influenza notevolmente la scelta di una tipologia di contrazione a discapito di un’altra.

Il parametro finale che vale per tutti, dall’atleta Top Level al principiante che si iscrive in palestra, è rendere più specifico possibile l’allenamento a seconda dell’obbiettivo e delle capacità individuali donateci dal patrimonio genetico, e di sfruttare quest’ultimo in modo utile e perspicace.

## **CENNI D’ISTOLOGIA, ANATOMIA E FISIOLOGIA APPLICATI**

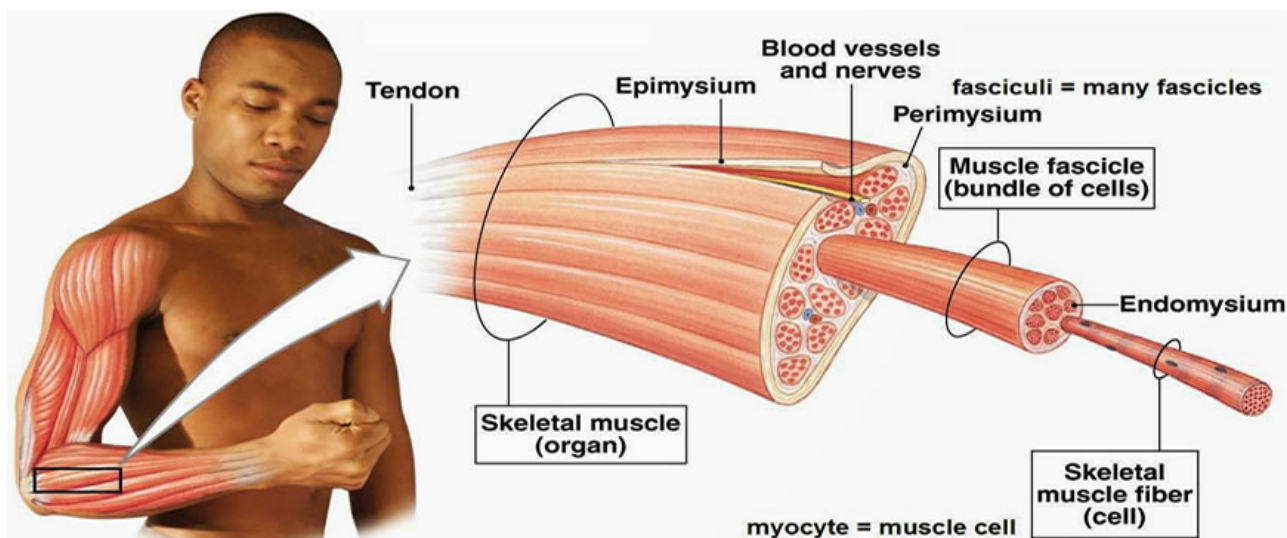
Il meccanismo di contrazione muscolare è simile in tutti e 3 i tipi di tessuto muscolare (striato, liscio e cardiaco), ma le cellule muscolari sono diverse nella loro organizzazione interna.

Le proprietà universali del muscolo sono l’**eccitabilità** e la **conduttività** (alcuni autori l’accomunano mentre altri legano la prima al sistema nervoso e la seconda al sistema endocrino), la **contrattilità** e l’**estensibilità**, ovvero la capacità di contrarsi ed estendersi rispetto alla normale lunghezza, ed infine l’**elasticità**, ovvero la capacità di ritornare alla lunghezza di riposo.

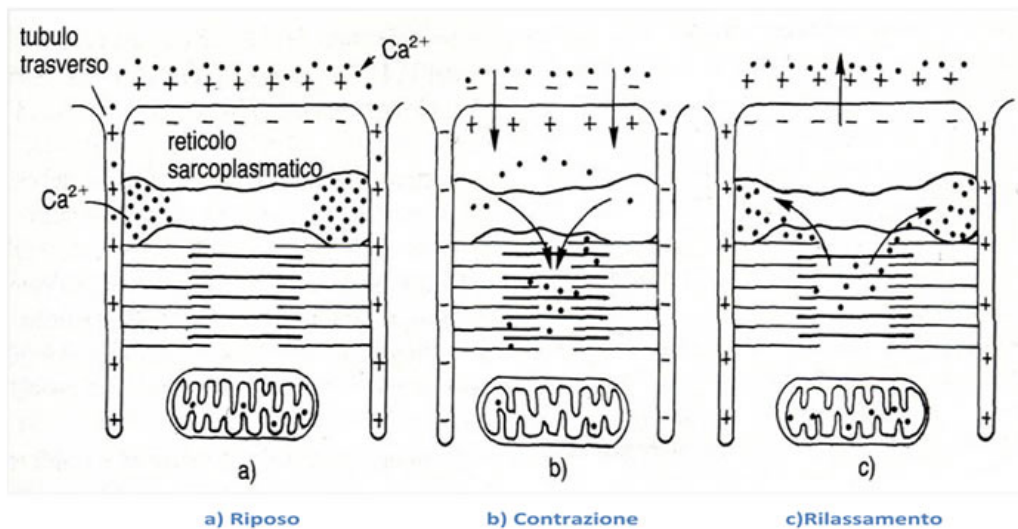
Il tessuto muscolare è il tessuto maggiormente presente nel corpo umano, e la contrazione di esso avviene a livello biochimico grazie ad una molecola chiamata ATP (adenosin trifosfato), che permette la contrazione meccanica grazie alla produzione di energia. Occorre quindi cercare di comprendere al meglio i meccanismi morfologici-funzionali tra le fibre muscolari.

Ogni singolo muscolo umano è ricoperto da tessuto connettivo, e la lunghezza delle fibre varia da circa pochi millimetri a 30 cm. Ogni cellula muscolare è rivestita da una fascia connettivale (**endomisio**), poi c’è un altro avvolgimento delle fibre muscolari detto

**perimisio** (o sarcolemma), ed infine l'ultimo rivestimento che riguarda l'intero fascicolo muscolare detto **epimisio**. L'epimisio continua agli estremi del ventre muscolare nel tendine, il quale è composto da un tessuto connettivale molto resistente, che si attacca in un punto d'inserzione dell'osso, fondendosi con lo strato superficiale che ricopre l'osso stesso detto **periostio**.



Esiste anche una parte “fluida” della fibra muscolare che prende il nome di **sarcoplasma**, il citoplasma delle cellule muscolari, contiene varie sostanze in forma disciolta, prevalentemente proteine, minerali, glicogeno e grassi, e i necessari organuli. Il sarcoplasma si differenzia dal citoplasma delle altre cellule per la grande quantità di glicogeno ed una sostanza che serve a legare l'ossigeno: la **mioglobina**, molto simile all'emoglobina. Nel sarcoplasma sono presenti i **tubuli T** (tubuli trasversi), essi originano sia da un lato che dall'altro delle cisterne fenestrate, e confluiscono al confine tra Banda A e Banda I in una cisterna detta terminale, insieme ad esse formano il complesso chiamato “triade”, di cui è dotato ogni sarcomero (situato appunto al confine tra disco chiaro-disco scuro); tornando ai tubuli T, sono estensioni del sarcolemma (membrana plasmatica) e attraversano la fibra muscolare lateralmente. I tubuli T consentono la trasmissione rapida dell'impulso nervoso che passa dal sarcolemma alle singole fibre; inoltre agiscono da “condotti” per le sostanze che devono penetrare nella cellula e permettono ai metaboliti di scarto di lasciare le fibre. In più troviamo una rete longitudinale di tubuli denominata **reticolo sarcoplasmatico**, che serve a immagazzinare il calcio (Ca), elemento essenziale per la contrazione muscolare, esso viene rilasciato dal reticolo sarcoplasmatico dopo aver ricevuto una carica elettrica ( $Ca^{2+}$ ). Esso è molto più sviluppato nelle fibre veloci.



L'insieme degli eventi che si verificano tra la depolarizzazione della membrana e la contrazione del muscolo costituisce il fenomeno: **accoppiamento eccitazione-contrazione** (EC). Una volta generato l'impulso nervoso a livello della placca motrice, il potenziale d'azione si propaga in tutte le direzioni lungo il sarcolemma della fibra, attraverso i tubuli T favorisce la propagazione del potenziale fino alle regioni più interne della fibra muscolare, dove si trovano gli elementi contrattili: **actina** (proteina filamentosa, con molecole globulari di actina G e siti attivi per legarsi alla miosina) e **miosina** (proteina filamentosa, con un'estremità globosa detta testa e una porzione allungata detta coda, unite da una porzione intermedia detta collo) in modo particolare, ma vengono coadiuvate anche da **troponina** (proteina globulare) e **tropomiosina** (proteina filamentosa).

La troponina è costituita da 3 sub-unità: di tipo T, che lega con la tropomiosina, di tipo I, che lega con l'actina, di tipo C, la quale ha una elevata affinità con  $Ca^{2+}$ . Actina e miosina vengono anche chiamate **miofilamenti**. La tropomodulina che si lega ad actina e alla tropomiosina, con l'obiettivo di far mantenere costante la lunghezza della catena dell'actina.

Actina, tropomiosina e troponina fanno parte del cosiddetto "Filamento Sottile", mentre la miosina essendo una molecola ad alto peso molecolare, costituita da ben 6 catene polipeptidiche sia Heavy (pesanti) che Light (leggere) forma il cosiddetto "Filamento Spesso".

A titolo informativo si specifica che esistono nel genoma di ogni specie vivente diverse isoforme, per esempio la catena pesante della miosina (MHC), ne ha ben 8 differenti tipi.

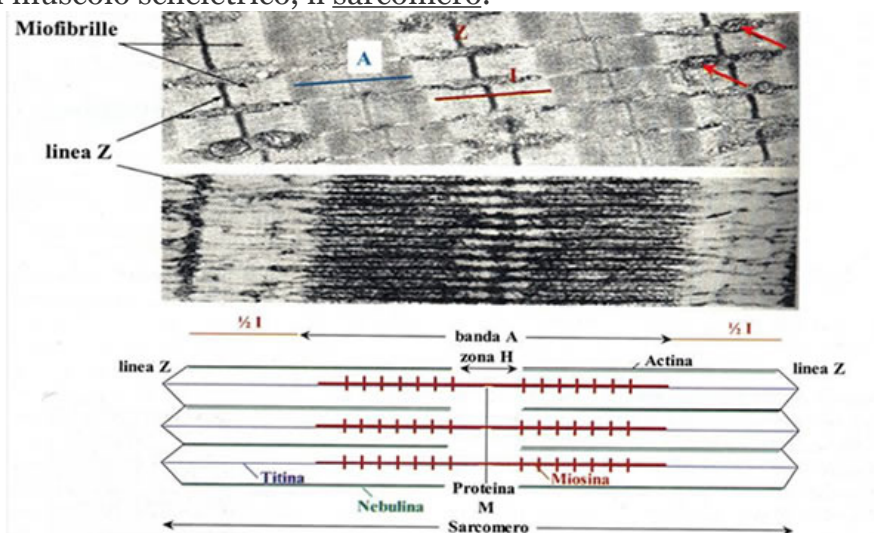
La sequenza degli avvenimenti principali nell'azione muscolare è: un motoneurone libera acetilcolina (ACh) e permette l'ingresso del sodio nella cellula muscolare (depolarizzazione), e solo se la cellula è sufficientemente depolarizzata, si lega ai recettori presenti sul sarcolemma. Se si fissa una quantità sufficiente di ACh un potenziale d'azione viene generato nella fibra muscolare, a questo punto il potenziale d'azione provoca la liberazione di ioni calcio ( $Ca^{2+}$ ) dal reticolo sarcoplasmatico all'interno del sarcoplasma, loro si legano alla troponina sul filamento di actina, ed è la troponina a rimuovere la tropomiosina dai siti attivi, permettendo alle teste di miosina di attaccarsi al filamento di actina, giunti a questo punto la testa di miosina s'inclina e tira il filamento di actina in maniera che i due filamenti scorrano l'uno sull'altro. L'inclinazione della testa di miosina rappresenta la cosiddetta **fase utile (power stroke)**. L'azione muscolare richiede apporto di energia. La testa di miosina si lega all'ATP e all'ATPasi, l'attivazione di



quest'ultimo porta all'idrolisi di ATP, che fornisce l'energia necessaria alla variazione della conformazione strutturale delle teste della miosina. L'ATPasi, il quale si trova sulla testa della miosina, scinde l'ATP in ADP e P<sub>i</sub> (fosfato inorganico), liberando l'energia necessaria per la contrazione. L'azione muscolare termina quando il calcio viene restituito dal sarcoplasma al reticolo sarcoplasmatico, dove verrà nuovamente immagazzinato (anche questo processo richiede energia, fornita sempre da ATP). Quindi è necessaria energia sia per la contrazione sia per il "rilasciamento". Nel corso di ogni contrazione muscolare i ponti di miosina effettuano continui "agganci" e "sganci" in modo indipendente, questo proprio per permettere un movimento fino, preciso e controllato. In ogni momento circa il 50% dei ponti della miosina sono agganciati all'actina (parliamo di complesso actomiosinico), che di fatto sviluppa l'azione contrattile, mentre gli altri ponti si trovano in varie fasi del *processo aggancio/sgancio* che possiamo suddividere in 4 fasi: avvicinamento della testa della miosina all'actina, legame actina-miosina, colpo di forza (power stroke), ed infine stato di rigor (sono attaccate). Un altro sito della testa del ponte della miosina presenta l'enzima **adenosin-trifosfatasi miofibrillare (miosin-ATPasi)**, attivato dall'actina stessa. Esso provoca l'idrolisi di ATP e l'energia chimica che si libera si trasforma in energia meccanica. La velocità di scissione dell'ATP è minore se actina e miosina non sono agganciate, a differenza di quando i ponti hanno stabilito un aggancio.

Ci sono inoltre 2 molecole che svolgono un importante ruolo di controllo e sono la **nebulina** e la **titina** (elemento elastico): la nebulina è disposta in prossimità dell'actina ed è deputata al controllo dei monomeri dell'actina stessa uniti sullo stesso filamento sottile, mentre la titina aiuta a mantenere il filamento spesso centrato rispetto alle 2 linee Z durante la contrazione muscolare, oltre che controllare il numero di molecole di miosina contenute in un filamento spesso.

La zona più scura di un muscolo striato viene chiamata **banda A** (non subisce variazioni durante la contrazione muscolare, contiene miosina e actina, tranne che al centro, dove si trova una zona di "gap", in cui è presente solo miosina, che prende il nome di **zona H**, che si restringe in fase concentrica e allarga in fase eccentrica, nella sua parte centrale si trova un'area più scura nota come **linea M**, che rappresenta il centro del sarcomero), mentre la regione più chiara viene chiamata **banda I** (contiene solo actina, ed è quella che durante la contrazione muscolare subisce una maggiore variazione strutturale, infatti si restringe, a meno che la contrazione muscolare non sia di tipo isometrico), la **linea Z** (o disco Z), invece, si unisce al sarcolemma, grazie all'actina, per conferire stabilità e definire l'unità funzionale del muscolo scheletrico, il **sarcomero**.



Oltre alle già citate proteine, che sono le più importanti, ce ne sono però altre che concorrono alla formazione e funzione del sarcomero, e sono: **proteine C** (disposte in strisce, aiutano a far mantenere la regolare disposizione spaziale dei filamenti di miosina), **proteine M** (regolano la disposizione spaziale dei filamenti spessi), **miomesina** (funge d'ancoraggio per la titina), **M-CK** (si trova in prossimità delle teste di miosina e consente la formazione di ATP a partire dalla fosfocreatina),  **$\alpha$ -actinina** (mantiene la disposizione spaziale dei filamenti sottili),  **$\beta$ -actinina** (forma la linea Z), la **desmina** (essa forma connessioni tra le linee Z adiacenti ma appartenenti a diverse miofibrille, e quindi aiuta a mantenere un corretto allineamento del sarcomero), e la **CapZ** che è localizzata a livello della linea Z ed è responsabile dell'assemblaggio del filamento sottile tramite allungamento e accorciamento.

Circa il 75% del peso del muscolo è rappresentato da acqua, mentre il 20% da matrice proteica e il restante 5% da sali inorganici, fosfati energetici, composti chimici vari (urea e acido lattico), minerali (calcio, magnesio e fosforo), enzimi vari, ioni (sodio, potassio e cloro), amminoacidi, grassi e carboidrati. La miosina è la proteina più abbondante.

Un altro fattore di vitale importanza per l'organismo umano e nella fatti specie per il tessuto muscolare è la sua vascolarizzazione, che serve a garantire un elevato apporto ematico. Di ciò ne sono responsabili prima arterie e vene che decorrono parallelamente lungo le fibre muscolari, poi esse si diramano in arteriole, capillari e venule che riescono a realizzare un importante rete all'interno e intorno all'endomysio, così da assicurare ad ogni singola fibra muscolare un adeguato apporto di sangue ossigenato proveniente dal distretto arterioso e un rapido allontanamento dell'anidride carbonica attraverso la circolazione venosa. Durante un esercizio fisico (di tipo dinamico), l'attività ematica è oscillante, infatti aumenta nella fase di contrazione per diminuire in quella di rilascio. L'alternanza di afflusso del sangue favorisce il ritorno venoso al cuore, tramite un effetto di "spremitura" delle vene (azione di pompa muscolare scheletrica).

Nel corso di una contrazione muscolare è possibile che intervengano più potenziali d'azione durante la contrazione della fibra, e la forza della seconda scossa sarà superiore rispetto alla prima; mentre i potenziali d'azione seguono la legge del tutto o nulla, infatti proprio per questo non sono sommabili, la tensione sviluppata può aumentare se il muscolo è stimolato da potenziali d'azione ravvicinati. Si possono verificare 2 tipi di condizioni: il **tetano incompleto** (o non fuso) o il **tetano completo** (fuso). Nel caso del tetano incompleto si verificano oscillazioni della tensione generata, ma aumentando la stimolazione della contrazione non si verificano più oscillazioni di tensione, in questo caso la forza della tensione tetanica generata è massima. Questo viene spiegato (nonostante la legge del tutto o nulla) con una duplice motivazione: la prima spiegazione riguarda l'apertura dei canali di  $\text{Ca}^{2+}$  e il loro rilascio teso a favorire il legame dei ponti, essa aumenta progressivamente nel caso del tetano incompleto o rimane costantemente elevata nel tetano completo; la seconda spiegazione fa riferimento al modello meccanico del muscolo, infatti la forza viene misurata a livello dei tendini e non del sarcomero, questo perché se si potesse misurare la forza all'estremità della componente contrattile, senza l'interposizione della componente elastica costituita dai tendini, la differenza tra la forza sviluppata nella scossa singola e nel tetano sarebbe molto ridotta. Ed è proprio quest'ultima componente a fare la differenza tra il tetano completo e quello incompleto, infatti l'allungamento dei tendini solo con il tetano completo arriva a compimento.

Diverso è invece il processo attraverso il quale viene regolata la dimensione della cellula e quindi i fenomeni di atrofia e ipertrofia. La via che può essere attivata dall'"insulin-like growth factor 1 (IGF-1) vede una serie di fattori tra cui il più importante è Akt (Protein

Kinase B) in quanto esso è in grado di promuovere l'ipertrofia attivando la sintesi proteica attraverso parecchie vie. Anche mTOR è di fondamentale importanza per la sua funzione regolatrice di NAFT. L'elevata concentrazione di ioni calcio che si produce in risposta al potenziale d'azione attiva la calcineurina. La calcineurina è una fosfatasi serina/treonina regolata dal  $Ca^{2+}$ . Essa è in grado di attivare diverse vie per l'espressione genica di proteine specifiche delle fibre muscolari di tipo lento tra cui quelle del NAFT e MEF2. Il NAFT può agire in unione con altri possibili regolatori quali: HDAC o MEF2.

## Tipologia di fibre muscolari, disposizione spaziale e ruoli

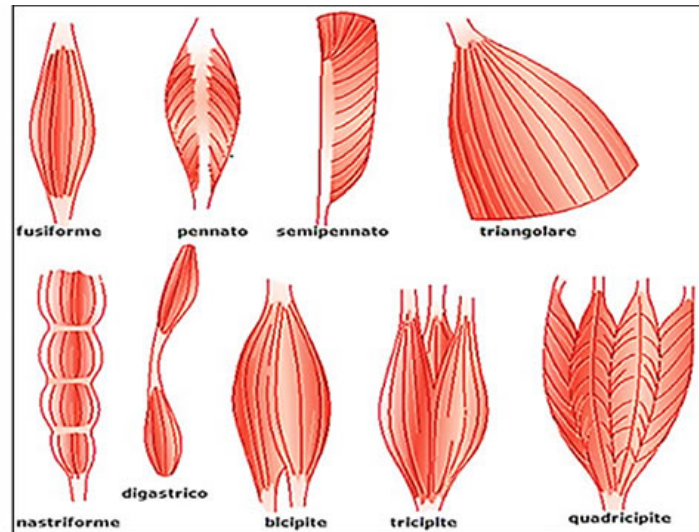
Non tutte le fibre sono uguali!

Infatti, come accennato in precedenza, ci sono diverse tipologie di fibre muscolari: fibre a contrazione lenta (**ST, slow-twitch**) e fibre a contrazione rapida (**FT, fast-twitch**), che a loro volta si suddividono in **FT di tipo A**, di tipo intermedio, e fibre **FT di tipo B** (alcuni le chiamano **FT X**), ed esiste, per essere bibliograficamente più corretti, un altro tipo di fibre, **FT di tipo C**, che sono di norma rare e indifferenziate, rilevabili nel corso di processi di reinnervazione per modificazioni di carattere morfologico-funzionale dell'unità motoria. Le fibre bianche, a contrazione rapida, hanno una maggiore riserva di glicogeno, utilizzando principalmente i glucidi come carburante, oltre ad un reticolo sarcoplasmatico maggiormente sviluppato per potergli permettere un più veloce turnover di  $Ca^{2+}$ ; sono più grandi e presentano una grande innervazione cellulare oltre che più unità motorie, ma hanno una minore densità capillare, meno mitocondri e mioglobina. Mentre le fibre rosse, a contrazione lenta, hanno una maggiore riserva lipidica e presentano più mitocondri e mioglobina, che facilita la diffusione di ossigeno dal sarcolemma al luogo di utilizzazione, il mitocondrio; ma hanno l'innervazione cellulare più piccola.

Muscolo	%ST	%FTa	%FTb	Muscolo	%ST	%FTa	%FTb
Adduttore breve*	45	15	40	Adduttore lungo*	45	15	40
Grande adduttore*	55	15	30	Gemelli*	50	20	30
Grande gluteo*	50	20	30	Gluteo medio/piccolo*	50	20	30
Ileo Psoas*	50		50	Otturatore est/interno*	50	20	30
Pettineo*	45	15	40	Piriforme*	50	20	30
Psoas*	50	20	30	Bicipite femorale*	65	10	25
Gracile*	55	15	30	Sartorio*	50	20	30
Semimembranoso*	50	15	35	Semitendinoso*	50	15	35
Tensore fascia lata*	70	10	20	Popliteo*	50	15	35
QF Vasto intermedio*	50	15	35	QF Vasto laterale*	45	20	35
QF Vasto mediale*	50	15	35	QF Retto femorale*	45	15	40
Soleo*	75	15	10	Tibiale anteriore*	70	10	20
Grande dorsale**	50		50	Retto addominale**	46		54
Bicipite brachiale**	50		50	Brachio-radiale**	40		60
Deltaide**	60		40	Grande pettorale**	42		58
Romboide**	45		55	Tricipite brachiale**	33		67
Trapezio**	54		46	Sopraspinoso**	60		40

Oltre alla distinzione di "tipologie" di fibre c'è una distinzione dovuta all'"architettura" del muscolo e alla disposizione di queste fibre (angolo di pennatura). L'allineamento delle fibre muscolari cambia da muscolo a muscolo, infatti esistono muscoli **fusiformi**, **digastrici**, **circolari**, segmentati o **laminari**, **semipennati**, **unipennati**, **bipennati** e **multipennati**. Questa distinzione porta non solo a delle diversificazioni a livello "bibliografico", ma anche sotto l'aspetto funzionale di questi singoli muscoli, infatti le fibre parallele all'asse longitudinale dei tendini consentono movimenti ampi e rapidi, mentre man mano che aumenta l'angolo di pennatura i movimenti saranno più lenti, di minore ampiezza ma avranno in compenso una maggiore produzione di forza dovuta a una maggiore sezione trasversa (PCSA, Physiological Cross Section Area) rispetto alla sezione

longitudinale. L'angolo di pennazione solitamente aumenta quando un muscolo si accorcia.

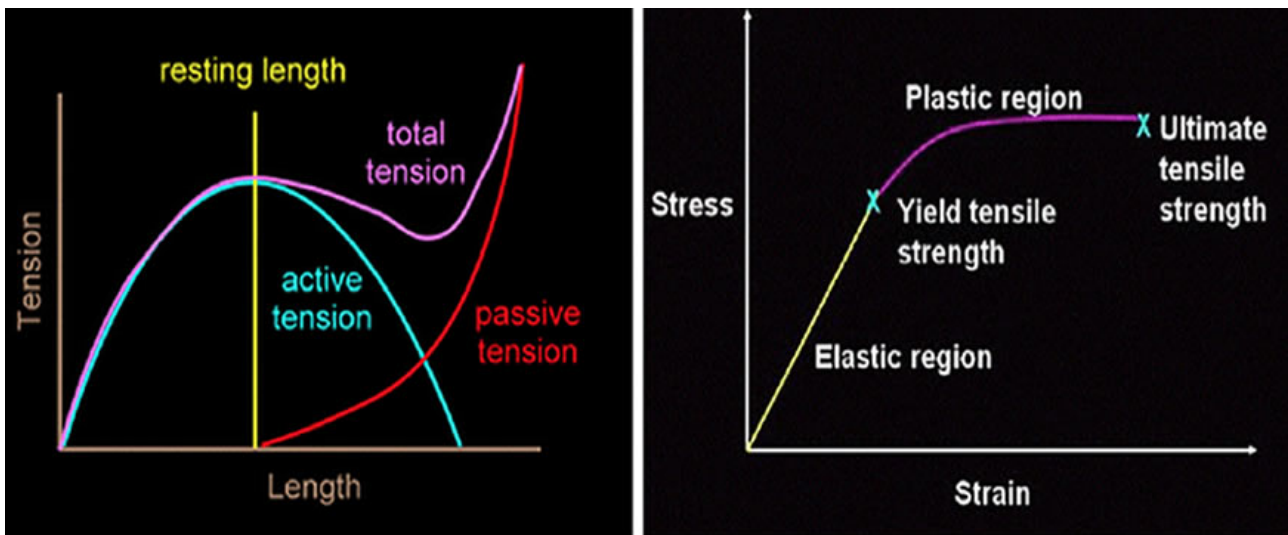


Per finire i muscoli possono in base al ruolo assunto durante il movimento essere definiti:

- **Agonista**: Il muscolo più importante che esegue il movimento.
- **Antagonista**: Il muscolo che può eseguire il movimento opposto al muscolo agonista. Quando esegue il movimento diventa agonista. Il muscolo antagonista agisce anche come modulatore ovvero, mantenendo un certo tono, assicura la giusta direzione del movimento.
- **Sinergico**: Non è il muscolo effettore principale del movimento ma vi partecipa insieme all'agonista.
- **Fissatore**: in quanto con una contrazione statica o isometrica, fissa saldamente i segmenti sui quali un altro segmento si muove.
- **Neutralizzatore e guidatore**: La sua contrazione neutralizza l'azione di altri muscoli agonisti, soprattutto biarticolari, il cui intervento completo non permetterebbe la possibilità di localizzare il movimento ad una sola articolazione ma muoverebbe più segmenti corporei contemporaneamente.

**\*N.B.:** Il muscolo ha una sua capacità tensile che cambia a seconda se la mobilità richiesta è di tipo attiva o passiva (la mobilità articolare passiva è generalmente maggiore di quella attiva). La differenza tra mobilità articolare passiva ed attiva viene definita riserva di movimento (Frey, 1975). La riserva di movimento è data dalle capacità di forza speciale e di coordinazione. Inoltre occorre sempre tenere a mente soprattutto in relazione al tipo di forza che utilizziamo che c'è una proporzionalità di tipo diretto con l'immagine in basso a dx e nell'ordine la forza esplosivo-reattiva, la forza dinamico-massima e la forza massima (intesa in questo caso come carico massimo sollevato). In poche parole più allungo il tempo di tensione (si parla di millisecondi) più inibisco i riflessi da stiramento più la cosiddetta parte elastico-connettivale farà spazio a quella miogena prima e osseo-articolare dopo.



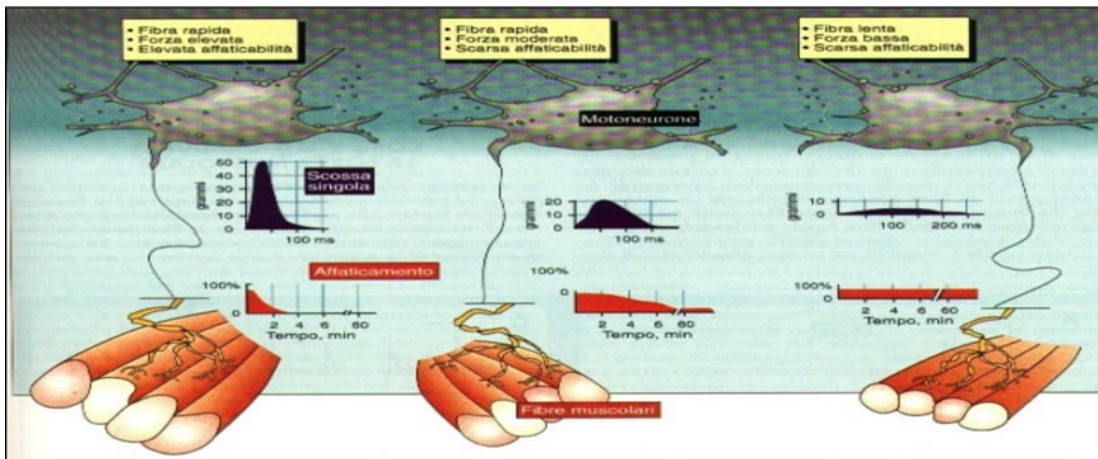


## Nozioni di reclutamento muscolare

Un'altra fonte di ricerche e teorie sono stati negli anni i principi di reclutamento muscolare. A partire dalla **legge di Henneman** (le fibre lente vengono reclutate prima di quelle rapide, per carichi leggeri si utilizzano fibre lente, per i moderati fibre intermedie e per i carichi pesanti invece fibre rapide), per continuare con gli studi di Bosco, Komi, Hakkinen (etc.) che andavano a smentire la teoria precedente, o per esser più precisi a correggerla per quel che riguarda movimenti esplosivi che richiedono una forte frequenza di scarica.

### Il reclutamento muscolare e la legge di Henneman

La legge di Henneman rimane tutt'oggi ancora valida se i movimenti eseguiti con i carichi leggeri avvengono a bassa velocità. Nelle contrazioni balistiche tutte le fibre sono reclutate insieme, con ogni scarica alla massima frequenza, mentre nelle contrazioni crescenti le fibre vengono reclutate nell'ordine: lente, intermedie e veloci. Altro parametro studiato nel corso degli anni è stato la sincronizzazione delle fibre, che è regolata da un particolare sistema inibitorio composto da interneuroni chiamati **cellule di Renshaw**, che impediscono un'eccessiva attività muscolare a scopo preventivo; si concretizza tutto ciò con una diminuzione della frequenza di scarico. Chiaramente più è importante lo sforzo e maggiore è il numero delle unità motorie reclutate, e questa capacità di reclutamento motorio è maggiormente sviluppato in soggetti allenati rispetto a soggetti sedentari, ma tuttavia il sistema nervoso non recluta mai il 100% delle unità motorie, neanche in sforzi massimali, questo perché è una forma di prevenzione per muscoli e tendini.



## Parametri di allenamento

Dovremmo essere in grado di avvalerci delle conoscenze a disposizione per poter far ottenere dei vantaggi agli atleti o clienti, allo scopo di realizzare gli obiettivi prefissati in partenza. Un esempio importante può essere l'allenamento della terza e quarta età, con l'obiettivo generale di combattere la **sarcopenia**, e tutti i parametri che la riguardano e contraddistinguono, come l'atrofia muscolare maggioritaria nei flessori rispetto agli estensori, e la perdita di fibre prevalentemente a carico delle fibre bianche rispetto alle fibre rosse.

In precedenza abbiamo citato alcune tipologie di contrazioni muscolari che ora andremo ad analizzare con coscienza critica allo scopo di costruire delle sedute di allenamento che siano mirate e specifiche per il soggetto allenato. Chiaramente l'avvalersi di queste contrazioni fa sì che noi otteniamo dei risultati, e sono proprio questi ultimi a doverci dare lo stimolo di andare a rimodificare in modo continuo le nostre sedute di allenamento, sia per creare sempre nuovi stimoli, sia per cercare di migliorare sempre (Principio della Supercompensazione). Anche se poi questo non è veritiero al 100% sulla multidisciplinarietà delle capacità, infatti nessun recordman dei 100 metri piani ha mai vinto una maratona!

I professionisti, che operano nel fitness, devono essere in grado di "saper giocare" su questa multidisciplinarietà che si offre al cliente per dare sempre degli stimoli nuovi, specifici e funzionali alla vita e al benessere della persona che andiamo ad allenare (concetto di "allenamento ecologico").

Ben diversa è la situazione vista dal Preparatore Atletico che deve cercare di tutelare l'integrità degli atleti che allena, ma nel contempo deve per forza di cose portarli alla migliore condizione possibile per eseguire una determinata performance al meglio delle loro possibilità.

**Contrazione Isotonica:** nella contrazione isotonica il muscolo cambia la sua lunghezza, mantenendo però una continua tensione. E' la contrazione che utilizziamo ogni giorno per muovere un oggetto, sollevare un peso e quant'altro. Questa contrazione è composta da 2 fasi ben distinte: fase concentrica e fase eccentrica; nella prima contrazione il muscolo subisce un accorciamento, mentre nella seconda il muscolo viene sottoposto ad una fase di allungamento. Le fibre muscolari in questo tipo di contrazione subiscono un maggior danno nella fase eccentrica del movimento, rispetto alla fase concentrica del movimento.

**Contrazione Isometrica:** la contrazione isometrica avviene senza variazioni di lunghezza da parte del muscolo. Si nota una minima variazione solo nel ventre muscolare che tende minimamente a gonfiarsi. La contrazione isometrica è chiamata anche contrazione statica.

**Contrazione Isocinetica:** si ottiene questo tipo di contrazione in un movimento senza variazioni di velocità, ovvero a velocità costante. Questo tipo di contrazioni sono impossibili in natura! Possono solamente essere ottenute grazie a macchinari “speciali” e “sostanziosi”, detti per l'appunto macchinari isocinetici.

**Contrazione Auxotonica:** la contrazione auxotonica invece è quella che avviene mediante l'utilizzo di elastici. In questa tipologia di contrazione muscolare, notiamo che man mano che l'elastico si allunga la tensione muscolare aumenta, infatti proprio per questa peculiare caratteristica le contrazioni auxotoniche vengono dette contrazioni progressive.

**Contrazione Pliometrica:** le contrazioni pliometriche sono costituite da 3 fasi, facilmente distinguibili, la fase eccentrica, la fase di “volo” o “ammortizzazione” e la fase concentrica. Queste contrazioni hanno un'importante componente, basata sul riflesso di stiramento muscolare: la componente elastica (SEC, Series Elastic Component). La caratteristica funzionale di queste tipologie di contrazioni è: la maggiore “vigore” di contrazione del muscolo se precedentemente allungato.

**Contrazione Isoinertiale:** questi tipi di movimenti sono costituiti da una forte attivazione mioelettrica iniziale, che è corrispondente al momento in cui occorre vincere l'inertza del carico (contrazione degressiva). Le contrazioni isoinertiali hanno un differente pattern di attivazione neuromuscolare e sono molto utili per ricostruire il rapporto forza-velocità. Vengono ottenute mediante apparecchiature molto particolari.

Non tutto è per tutti!

I motivi sono diversi, ma la realtà, anche se a volte è dura da accettare, è questa.

E' qui che entra in gioco la bravura del Preparatore Atletico e/o Personal Trainer professionista, perché cercherà di individuare il lavoro più giusto ed appropriato per chi gli sta davanti in quel determinato periodo preparatorio. Non si può pensare di far fare degli esercizi pliometrici ad alta intensità ad un soggetto sedentario che soffre di una grave obesità (anche se ci sono delle ricerche recenti che sembra che vadano nel senso opposto, vedi Racil G. et al, 2015), e quindi anche qui occorre essere “elastici mentalmente”, oppure usare attrezzatura isoinertiale a chiunque, quando in una normale palestra non si è mai vista (questo però purtroppo dovuto al costo notevole e alla scarsa commercialità di queste tipologie di attrezzi); tutto questo almeno fino a quando non ci saranno determinati presupposti da parte dei soggetti in causa e delle strutture.

Ma tutte queste contrazioni muscolari, hanno un effetto sul corpo, in modo particolare una fase che caratterizza molteplici tipologie di contrazione in modo particolare: la fase eccentrica. Infatti è proprio questa fase che porta ad un maggior danno muscolare (può essere superiore fino al 30-40% rispetto alla fase concentrica del movimento), ed è responsabile di maggior ipertrofia muscolare.

Il danno muscolare è in genere correlato al tipo di attività contrattile esercitata. La distruzione meccanica è osservabile con EMG o per il rilascio di enzimi specifici delle fibre muscolari. Anche la sensazione soggettiva di stanchezza o crampi possono essere dei buoni indicatori di danno muscolare così come, in assenza di fatica, una diminuzione della forza sviluppata.

E' facilmente comprensibile l'importanza di questa fase durante l'allenamento, anche se tendenzialmente cambia la velocità di interpretazione di essa tra Fitness e Sport (lenta e veloce) a causa dei differenti obiettivi.

La rigenerazione del muscolo scheletrico è un processo altamente sincronizzato che coinvolge l'attivazione di varie risposte cellulari. La fase iniziale è caratterizzata dalla necrosi del tessuto danneggiato e dall'attivazione della risposta infiammatoria. Questa fase

è rapidamente seguita dall'attivazione delle cellule miogeniche che proliferano, si differenziano e si fondono a formare nuove fibre muscolari. Si ha quindi la ricostituzione dell'apparato contrattile funzionale. L'attivazione delle cellule satelliti del muscolo adulto è come detto la fase chiave del processo. L'attivazione delle cellule satelliti assomiglia alla biogenesi embrionale per molti aspetti fra i quali l'induzione "ex novo" dei fattori regolatori miogenici.

Istologicamente le fibre in rigenerazione sono caratterizzate dal loro piccolo calibro e dalla posizione centrale dei nuclei. Le cellule satelliti sono normalmente quiescenti nel muscolo adulto e possono essere attivate per esempio da un danno muscolare. Una volta attivata, la cellula satellite si divide a produrre mioblasti che proliferano fino al momento in cui sono attivati per la differenziazione e quindi si fondono a formare miotubuli i quali poi maturano per diventare fibre muscolari.

Oltre l'allenamento in se per se contano moltissimo anche i tempi di recupero, che chiaramente sono un parametro imprescindibile dell'allenamento stesso, vanno rispettati per evitare condizioni di overreaching disfunzionale e overtraining.



## CONCLUSIONI

Un buon allenamento, al di là di chi ne sia il fruitore ultimo, deve rispondere a dei principi: delle differenze individuali, della sovracompensazione, del sovraccarico, degli adattamenti specifici (SAID), dell'uso/non uso, della specificità e degli adattamenti generali (GAS), in una parola "Eterocronismo".

### Eterocronismo:

**"Gli adattamenti hanno un'inerzia diversa, tipica di ogni funzione".**

**R. Manno, 1989.**

### (Dinamica Carico/Recupero)

L'allenamento è una scienza con enormi sfaccettature, sia positive che negative, può diventare "un'arma" per i tecnici del settore che la sanno adoperare, ma per far ciò occorre conoscere profondamente le potenzialità ed i rischi annessi.

Sta a noi rendere l'allenamento quanto di più vicino possibile alla perfezione, nel rispetto del corpo umano, per poterlo esaltare al massimo.

L'allenamento è una scienza non una dottrina, e anche la scienza si basa su un processo induttivo/deduttivo: dal particolare all'universale ovvero dalla contrazione muscolare all'allenamento (induttivo), e viceversa, dal macro al micro (deduttivo).

Parafrasando un estratto di un articolo di **Mel Siff** (coautore di *Supertraining: Special Strength Training for Sporting Excellence*),

<<troppi professionisti del fitness focalizzano l'allenamento sui muscoli come se fossero un'entità indipendente>>.

A cura di,

**Gabriele Grassadonia**

Laureando in Scienze delle Attività Motorie e Sportive (Università San Raffaele Roma).

Tecnico Specializzato in "Metodologie Anti-Aging e Anti-Stress" (Università La Sapienza Roma).

Personal Trainer NSCA (National Strength and Conditioning Association) - ISSA (International Sport and Science Association) - FIPE (Federazione Italiana Pesistica) e ELAV.

MAIL: [gabriele.grassadonia@gmail.com](mailto:gabriele.grassadonia@gmail.com)

### **Principali Bibliografie:**

- 1** - McArdle William D., Katch Frank I., Katch Victor L., ***Fisiologia applicata allo sport Aspetti energetici, nutrizionali e performance*** Casa Editrice Ambrosiana, 2009
- 2** - Wilmore Jack H., Costill David L., ***Fisiologia dell'esercizio fisico e dello sport*** Calzetti&Mariucci, 2005
- 3** - Zocchi L., ***Principi di fisiologia*** Edises, 2012
- 4** - Martini F. H., Timmons Michael J., Tallitsch Robert B., ***Anatomia Umana*** Edises, 2012
- 5** - Saladin Kenneth S., ***Anatomia Umana*** PICCIN, 2011
- 6** - Baechle T.R., Earle R.W., ***NSCA National Strength and Conditioning Association CPT*** Calzetti&Mariucci, 2010
- 7** - Baechle T.R., Earle R.W., ***NSCA National Strength and Conditioning Association CSCS*** Calzetti&Mariucci, 2010
- 8** - Busin S., Nicosia N., Suardi C., Zambelli S., Hatfield F., ***FITNESS La guida completa ISSA*** (International Sport and Science Association), Edizioni Sporting Club Leonardo da Vinci, III Edizione, 2011
- 9** - Weineck J., ***L'allenamento ottimale***, Calzetti&Mariucci, 2009