

Le proteine del muscolo

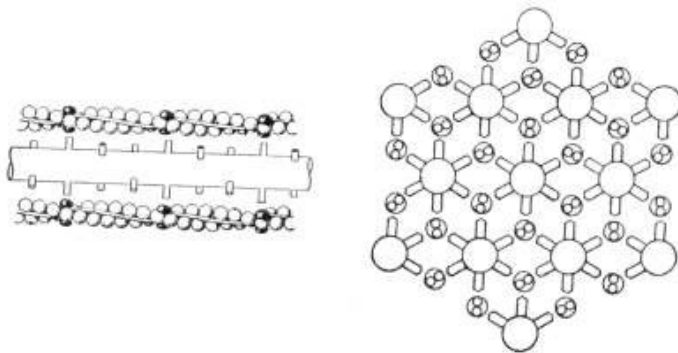
Le proteine più importanti sono la Miosina e l' Actina.

La Miosina rappresenta nei vertebrati il 40% delle proteine totali. La molecola della Miosina (p.m. 450.000) è formata da 2 catene polipeptidiche molto lunghe (1.800 aminoacidi circa) avvolte ad elica per quasi tutta la loro estensione e superspiralizzate in una lunga treccia a due capi; ad una estremità entrambe le catene si ripiegano ed assumono struttura globulare (testa della molecola)



Molecola di Miosina a due catene con la testa globulare

La Miosina, insieme con l'Actina ed altri componenti proteici minori ha grande importanza nella formazione del sistema contrattile del muscolo. L' Actina è una proteina che esiste in due forme: a bassa forza ionica si trova come monomero globulare detto G-actina, mentre a valori fisiologici di forza ionica si polimerizza formando la F-actina che consiste in una doppia elica di monomeri che, al microscopio elettronico, appare come due catene di palline avvolte tra loro. Nei muscoli striati le miofibrille, gli elementi contrattili, sono disposte parallelamente all'asse maggiore delle fibre con le loro unità funzionali, i sarcomeri, allineati trasversalmente. A loro volta le miofibrille sono costituite di numerosi miofilamenti di due tipi: quelli sottili sono formati prevalentemente di actina con tropomiosina e troponina, mentre quelli spessi sono costituiti da fasci di molecole di miosina che proiettano lateralmente le loro estremità globulari.



Rappresentazione schematica della disposizione dei miofilamenti spessi (miosina) e sottili (actina) nella miofibrilla di muscolo scheletrico vista longitudinalmente (prima rappresentazione) ed in sezione (secondo schema)

Le estremità globulari, formando legami trasversali con l'actina, determinano lo scorrimento relativo dei due tipi di filamenti e quindi la contrazione del muscolo; la miosina ha un'attività atpasi, catalizza cioè l'idrolisi del fosfato terminale dell'ATP (adenosintrifosfato) liberando l'energia necessaria alla contrazione muscolare.

Un'altra proteina importante è la mioglobina, un trasportatore di ossigeno.

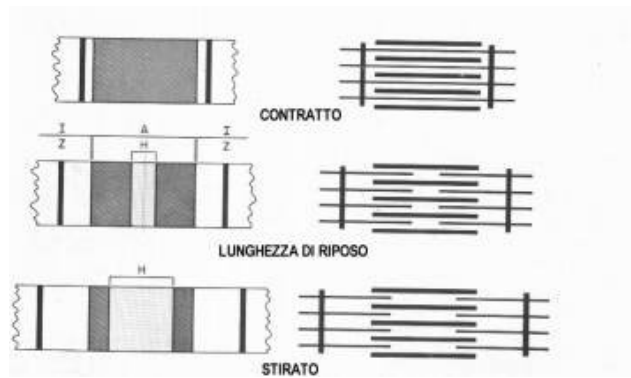
La contrazione muscolare

Meccanismo della contrazione : scorrimento reciproco dei miofilamenti

Durante la contrazione la lunghezza della banda A rimane costante mentre quella della banda H e quella della banda I diminuiscono. Quando la fibra muscolare si contrae i filamenti spessi e quelli sottili conservano inalterata la loro lunghezza, ma scorrono gli uni rispetto agli altri in modo tale che le estremità dei filamenti di actina si approfondano sempre di più nella banda A, provocando la riduzione ed infine la scomparsa della banda H. mano a mano che i filamenti I penetrano sempre più profondamente nella banda A, la linea Z si avvicina alle estremità delle 2 bande A adiacenti e la miofibrilla nel suo insieme si accorcia.

Disegno schematico illustrante le modificazioni di aspetto della striatura trasversale (a sx) nelle differenti fasi della contrazione : esse dipendono dal grado di interdigitazione dei filamenti, che scorrono gli uni rispetto agli altri (dx). La banda A ha lunghezza costante, mentre l'ampiezza della banda H varia in funzione del grado di penetrazione dei filamenti sottili I nella banda A. Allo stato di contrazione i filamenti sottili si approfondano ancor più nella banda A, obliterando la banda H. Nel muscolo stirato i filamenti sottili vengono ulteriormente estratti dalla banda A e la banda I si allarga.

Contrazione delle miofibrille (115 K)
Biochimica della contrazione muscolare



Abbiamo appena detto che la contrazione del muscolo non consiste in un vero accorciamento dei componenti proteici, ma in uno scorrimento dei filamenti di actina lungo quelli di miosina; questo scorrimento implica l'interazione della miosina e della actina con formazione di legami trasversali. Le "teste" delle molecole di miosina hanno attività ATPasica Ca^{2+} dipendente e l'energia liberata viene utilizzata per promuovere il legame di una subunità di actina con una "testa" di una molecola di miosina successiva. Il processo si ripete portando a progressivo scorrimento e perciò accorciamento della fibra muscolare. In definitiva la contrazione consiste nella formazione e scissione alterna e ripetuta di legami tra le teste della miosina ed i monomeri di G-actina dei filamenti sottili. I legami si dissociano in presenza di ATP e sono stabili in sua assenza. Il processo contrattile inizia con uno stimolo elettrico che arriva dal nervo motore alla giunzione neuromuscolare e viene trasmesso al sarcolemma; l'impulso è comunicato simultaneamente a tutti i sarcomeri da un complesso sistema di tubuli trasversali. L'impulso depolarizzante determina 2 differenti effetti: da un lato il rilascio del Ca^{2+} dai depositi cellulari (membrane sarcoplasmatiche) e dall'altro un contemporaneo flusso di Ca^{2+} dal liquido extracellulare. L'aumento di Ca^{2+} nel mioplasma provoca un incremento nell'interazione tra Ca^{2+} e la subunità di troponina specifica (nelle fibre muscolari a riposo la troponina impedisce la reazione tra actina e miosina e quindi la contrazione. Il legame tra Ca^{2+} e troponina blocca pertanto l'inibizione che quest'ultima esercita sulla contrazione) Tale complesso smaschera le zone di actina che, interagendo specificatamente con le estremità delle molecole di miosina, stimola l'attività ATPasica determinando così la contrazione. Il Ca^{2+} viene poi ripreso dal reticolo sarcoplasmatico mediante la pompa del Ca^{2+} , ATP dipendente, che trasferisce, con consumo di energia, il Ca^{2+} dal mezzo circostante all'interno del reticolo sarcoplasmatico. È dunque l'ATP a fornire l'energia per la contrazione muscolare, sia a livello della miofibrilla sia nel ripristinare il normale dislivello di riposo di Ca^{2+} tra l'interno e l'esterno del reticolo sarcoplasmatico. Tuttavia la concentrazione di ATP nel muscolo non è molto alta ed è presente un altro fosfato altamente energetico, la fosfocreatina che serve come riserva di energia. (Vedi anche Metabolismo della contrazione muscolare)

