

## Fisiologia Muscolare

Generalità sul movimento - Tessuto muscolare liscio e striato

Muscoli scheletrici come organi - Cenni sulle fibre muscolari

Caratteristiche : eccitabilità e contrattilità.

Stimolo (dai motoneuroni): potenziale d'azione muscolare ( manifestazione elettrica e tappa necessaria per attivare l'apparato contrattile) . Legge del tutto o nulla

Basi molecolari della contrazione muscolare

**Miosina** : per digestione proteolitica , meromiosina leggera e pesante.

Punti di flessione e braccio articolato. Proteina strutturale ed enzimatica

Disposizione delle molecole nei miofilamenti spessi.

**Actina**: F-actina e G-actina ( siti di legame per miosina).

**Troponina e tropomiosina**: sistema di controllo calcio dipendente

**Processo di contrazione e sue fasi:**

**attivazione**: potenziale di placca, ( potenziali di placca in miniatura), potenziale di azione muscolare, sua diffusione tramite sistema T, reticolo sarcoplasmatico longitudinale ( rete tubulare che avvolge la parte centrale di ogni sarcomero decorrendo longitudinalmente), cisterne e triadi

**regolazione**: calcio (variazioni di concentrazione), troponina C etc.

**contrazione**: flessione delle teste, scissione ATP e distacco, ricarica, meccanismo a cremagliera (range di flessione delle teste ed accorciamento del sarcomero), importanza del secondo punto di flessione

**rilassamento**: pompa del calcio ATP-dipendente

Il muscolo come unità costituita da una componente contrattile ed una componente elastica (tendini, linee Z etc.) può dare due tipi di contrazione:

**isotonica** determina l'accorciamento del muscolo ed il movimento dell'articolazione, in quanto il muscolo è fissato a 2 sostegni di cui uno è mobile.

**isometrica** non determina accorciamento del muscolo né movimento dell'articolazione, in quanto il muscolo è come fissato a due sostegni immobili. Si basa sulla componente elastica del muscolo che accumula tensione senza variare la lunghezza del muscolo.

In ogni movimento il muscolo ha una componente isotonica ed una isometrica. Ad es. nel sollevare un oggetto pesante...

Il **ritardo** che si osserva fra la contrazione sarcomerica e lo sviluppo della tensione è dovuto ad una componente viscosa che rallenta quella elastica proteggendo tendini e sarcomeri da eventuali strappi.

Valutazione della contrazione sviluppata dal muscolo isolato mediante MIOGRAFI basati sull'impiego di adatte leve scriventi (strain gauges).

**Miogrammi.**

**Scossa muscolare semplice** e sue fasi. E' la risposta massimale ad uno stimolo da parte dei sarcomeri, che però, essendo lo stimolo breve, non è in grado di produrre uno stiramento massimale della componente elastica che ha un certo ritardo rispetto a quella contrattile.

**Refrattarietà.** Fusione delle scosse muscolari (stiramento completo della componente elastica) e **tetano muscolare**. Maggior forza sviluppata nel tetano : rispettata però la legge del "tutto o nulla".

In vivo la scossa muscolare semplice non si osserva, ma si osservano tetani incompleti che , aumentando la frequenza di stimolazione , possono divenire un tetano completo.

Fenomeno della **“scala”**

Innervazione dei muscoli scheletrici : **unità motoria**

Forza di contrazione aumentata per sommazione spaziale ( reclutando più unità motorie) e temporale ( aumentando la frequenza degli impulsi). Questi due tipi di reclutamento avvengono comunque in parallelo, cioè contemporaneamente.

**Energia per la contrazione**

Unità motorie & Fibre muscolari

**Unità motorie rapide o fasciche.** Motoneuroni di grosse dimensioni e bassa eccitabilità che scaricano ad alte frequenze, 200-300 Hz, si distribuiscono a fibre muscolari in grado di sviluppare contrazioni di breve durata ed elevata intensità, in risposta alla scarica motoneuronale (tetanizzano ad elevate frequenze,). Sono costituite da fibre bianche, dotate di metabolismo prevalentemente anaerobio e raggiunte da un numero esiguo di capillari. Nel breve periodo sviluppano grosse tensioni ma sono soggette ad affaticabilità.

**Unità motorie lente o toniche.** Motoneuroni di piccole dimensioni ed elevata eccitabilità che , scaricano a basse frequenze, 30-50 Hz, si distribuiscono a fibre muscolari in grado di sviluppare contrazioni di lunga durata e di bassa intensità, in risposta alla scarica motoneuronale (tetanizzano a basse frequenze). Sono costituite di fibre muscolari rosse dotate di metabolismo prevalentemente ossidativo e raggiunte da un elevato numero di capillari. Nel lungo periodo sviluppano tensioni di intensità media e non sono soggette ad affaticabilità in quanto hanno un metabolismo aerobio e ricevono grandi quantità di ossigeno e metaboliti energetici dal circolo ematico.

**Contratture:** l'accorciamento muscolare può anche avvenire in assenza di potenziali d'azione. Rigor mortis. Fatica muscolare intensa si può accompagnare ad un incompleto rilasciamento. Correnti elettriche, agenti chimici che impediscono il riassorbimento di calcio o prolungano depolarizzazione del sarcolemma, aumenti di T.

## Muscoli lisci

Giocano un ruolo essenziale per il movimento e per mantenere la forma degli organi viscerali. Innervati dal sistema nervoso vegetativo, **da un punto di vista funzionale: m. unitari o viscerali e m. multiunitari**

### Muscoli di tipo viscerale

Actina ed una proteina Miosino-simile (rapporto più elevato degli striati). Arrangiamento dei filamenti meno organizzato che nei sarcomeri ma la contrazione avviene anche qui per scivolamento dei filamenti. **Filamenti intermedi**, non contrattili (loro ruolo, "corpi densi" nel citoplasma e sulla membrana cellulare).

I muscoli viscerali: soglia meno definita e variabile, instabilità del potenziale di membrana, **attività "spontanea"**

**Aree Pacemaker.** Durata del potenziale d'azione. Caratteristiche del controllo vegetativo.

Aspetti molecolari della contrazione nei muscoli lisci : enzima **MLCK (Myosin light chain kinase)**, livello intracellulare di  $Ca^{++}$  e sua provenienza.

Formazione del complesso actomiosinico, permanenza della contrazione, rilascio innescato da un altro enzima **MP (myosin phosphatase)**.

A differenza che nel muscolo scheletrico questo processo non sembrerebbe basarsi su una legge tipo "tutto-o-nulla". La maggior parte dei muscoli lisci sono in uno stato di debole ma continua contrazione, tono muscolare su cui si sovrappone l'evento contrattile transitorio. L'intensità di questa contrazione dipende dai fattori che possono regolare il livello di calcio cambiando il rapporto di attività degli enzimi MLCK/MP. Se l'attività dell'enzima MP è bloccata il muscolo entra in una contrazione duratura ATP indipendente. Così il muscolo liscio può sviluppare forti e durature contrazioni, senza usare altro ATP e apprezzabile affaticamento, **e in questo il processo differisce dalla contrazione del muscolo scheletrico.**

In confronto ai muscoli striati la contrazione risulta in genere più lenta e duratura e l'accorciamento che si realizza può essere maggiore. Caratteristiche meccaniche: elevatissima distensibilità (adattabilità tonica dei muscoli lisci soprattutto negli organi cavi)