

Il muscolo liscio

È involontario e controllato dal SNA. Si distingue in :

- 1) Muscolo liscio multi-unitario
- 2) Muscolo liscio unitario (o viscerale)

- 1) Le cellule del muscolo liscio multi-unitario non sono accoppiate elettricamente e devono essere stimulate in modo indipendente. Si trovano nell'iride e nel corpo ciliare dell'occhio, muscolo pilomotore. Siccome non sono accoppiate elettricamente, ogni fibra deve essere strettamente associata a un terminale assonale o a una varicosità. A livello delle varicosità viene rilasciato il neurotrasmettitore e ogni cellula riceve il potenziale e si contrae. Questo rende possibile l'attivazione selettiva di singole fibre.
- 2) Le cellule sono connesse da giunzioni comunicanti (permettono che la depolarizzazione passi velocemente da una cellula all'altra) e si contraggono come una singola unità. Vengono stimulate le cellule superficiali e il potenziale viene condotto in quelle più interne. Si trovano nei visceri, es: intestino tenue.

Il muscolo liscio è costituito da cellule piccole affusolate con un solo nucleo al centro. Presentano meno filamenti di actina e di miosina delle cellule muscolari scheletriche, fibre orientate in senso longitudinale e non sono organizzate in sarcomeri.

Il potenziale di membrana può non essere stabile ma variare (onde lente) e durante questo "fluttuare" è raggiunto il valore soglia insorge una serie di potenziali d'azione (spikes). Il tetano nel muscolo liscio viene raggiunto con una frequenza minore rispetto al muscolo scheletrico.

Altra particolarità → la liberazione del neurotrasmettitore a livello delle varicosità da parte del sistema nervoso autonomo non necessariamente determina una contrazione, può farci allontanare dal valore soglia inibendo la contrazione.

Quindi: neurotrasmettitori e ormoni che agiscono sul muscolo liscio possono sia stimolare che inibire la contrazione. La risposta del muscolo a un dato NT dipende dal tipo di tessuto e dal recettore.

Neurotrasmettitori:

- Acetilcolina per il parasimpatico; Recettore: nicotinico
- Noradrenalina per il simpatico; Recettore: adrenergico

Distinguiamo:

- **I muscoli lisci tonici** sono normalmente contratti e sviluppano una certa forza continua. Esempi sono gli sfinteri, i vasi sanguigni e le vie aeree.

- **I muscoli lisci fasici:** comunemente esibiscono contrazioni ritmiche (tratto gastrointestinale), ma possono contrarsi in modo intermittente in attività fisiologiche controllate volontariamente (defecazione, sbadiglio).

All'interno della cellula muscolare liscia l'actina e la miosina sono poste in modo da creare una rete i cui filamenti sono tenuti assieme da corpi densi. Anche qui si formano i legami actina e miosina. Il **muscolo liscio ha un tono**: può essere contratto, rilasciato o parzialmente contratto.

Sistemi di controllo delle cellule muscolari lisce

- (1) dalla attività intrinseca delle cellule pacemaker,
- (2) da neurotrasmettitori liberati dalle fibre nervose,
- (3) da ormoni circolanti o generati localmente o da molecole segnale.

ATTIVITA' ELETTRICA DEI MUSCOLI LISCI

Il potenziale di membrana a riposo della maggior parte dei muscoli è $-50/-60$ mV.

-in alcuni tessuti è stabile.

-in alcuni tessuti oscilla in modo periodico (onde lente) per aumento della permeabilità al sodio della cellula a riposo.

Il potenziale non è stabile → SPIKE (più potenziali d'azione).

--La fase di depolarizzazione del p.d.a. è dovuta all'apertura dei canali per il calcio.

--Ripolarizzazione per apertura canali potassio (**accoppiamento elettro-meccanico**).

Il muscolo liscio può contrarsi senza una variazione del potenziale di membrana (**accoppiamento farmaco-meccanico**).

(a) I potenziali a onde lente determinano potenziali d'azione quando raggiungono la soglia.

I potenziali pacemaker generano sempre una depolarizzazione fino al valore soglia.

L'accoppiamento farmacomeccanico avviene quando segnali chimici modificano la tensione muscolare senza variare il potenziale di membrana.

Se non c'è il calcio anche in questo caso non avviene la contrazione. A livello della cellula liscia ci sono tre tipi di canali (che servono per fare entrare il calcio):

1. Canali Ca^{2+} Voltaggio dipendenti
2. Canali Ca^{2+} regolati da ligandi (neurotrasmettitori, ormoni) → (accoppiamento elettro – meccanico).
3. Canali per gli ioni Ca^{2+} del RS regolati dall'IP₃ → qui il pot. di membrana non cambia (accoppiamento farmaco- meccanico).

Questo calcio si va a legare ad una molecola (che sostituisce la troponina C) che viene detta **calmodulina**. Se non c'è questo legame non avviene la contrazione, ma c'è sempre un po' di calcio legato per mantenere il tono.

Il calcio entra nelle fibre muscolari lisce attraverso:

- canali di voltaggio dipendenti attivati dalla depolarizzazione
- canali attivati meccanicamente, canali a controllo di neurotrasmettitore, ma può essere rilasciato anche dal reticolo sarcoplasmatico.

In seguito il calcio si lega alla calmodulina e viene attivato il complesso MLCK che prima era solo basalmente attivo, ovvero attivato in parte, per mantenere il tono.

Il complesso calcio- calmodulina si lega alla chinasi della catena leggera della miosina attivandola; la chinasi attivata fosforila la miosina ripristinandone l'attività ATPasica. In seguito il calcio viene rimosso dal citoplasma attraverso la pompa sodio calcio ed una pompa calcio ATPasi e NON LA SERCA.

La calmodulina rilascia il calcio e si stacca dalla chinasi delle catene leggere. La miosina fosfatasi rimuove il fosfato dalla miosina diminuendo la sua attività ATPasica.

Se vi è un fenomeno di rilassamento, la calmodulina lascia il calcio, il complesso MLCK è inattivo così come la miosina.

La contrazione del muscolo liscio può essere di due tipi:

-contrazione fasica → Una stimolazione di breve durata provoca un incremento del Ca^{2+} , seguito dalla fosforilazione dei ponti trasversi che iniziano i loro cicli producendo una contrazione fasica simile ad una scossa.

-contrazione tonica → In una contrazione tonica, provocata da una stimolazione prolungata, i livelli del Ca^{2+} e della fosforilazione si riducono in modo tipico dopo un picco iniziale che consente un rapido sviluppo di forza.

Contrazione del muscolo liscio è lenta:

- L'accoppiamento eccitamento- contrazione è più lento
- I ponti trasversali rimangono inseriti per tempi più lunghi perché l'attività ATPasica della miosina del muscolo liscio è più lenta, oppure a causa di una possibile defosforilazione della testa miosinica inserita sul filamento di actina.
- Consente di mantenere la contrazione muscolare con un buon risparmio energetico.

La contrazione è più lenta perché i filamenti contrattili qui sono di meno e poi perché la muscolatura liscia e non è mai completamente rilasciata, infatti esiste un tono che si trova in uno stato di contrazione più o meno pronunciato → significa che la muscolatura liscia non è mai completamente rilasciata in quanto esiste questo tono. Inoltre spende meno energia rispetto al muscolo scheletrico.

Riassumendo

Proprietà	Scheletrico	Liscio	Cardiaco
<i>sarcomeri</i>	SI	NO	SI
<i>Actina e miosina</i>	SI	SI	SI
<i>Livello controllo</i>	volontario	involontario	involontario
<i>Giunzione nervosa</i>	Placca specifica	Varicosità diffusa	Varicosità diffuse
<i>Controllo ormonale</i>	Nessuno	Diversi	Adrenalina
<i>Fonte del calcio</i>	RS	RS e LEC	RS e LEC
<i>Prot legante Ca</i>	Troponina C	Calmodulina	Troponina C
<i>Giunzioni comunicanti</i>	NO	SI (unitario)	SI
<i>Attività pacemaker</i>	NO	SI (unitario)	SI
<i>Attività ATPasi miosinica</i>	Più veloce	Più lenta	media
<i>Reclutamento</i>	SI	SI (multiunitario)	NO

Quando parliamo di Riflessi abbiamo la muscolatura liscia che lavora insieme a quella scheletrica. A seguito di una lesione spinale si perde il controllo degli sfinteri perché sono innervati dal sistema nervoso → CONTROLLO VOLONTARIO: il SNC può inibire il riflesso della minzione continuando a eccitare i motoneuroni che innervano lo sfintere esterno.