

1

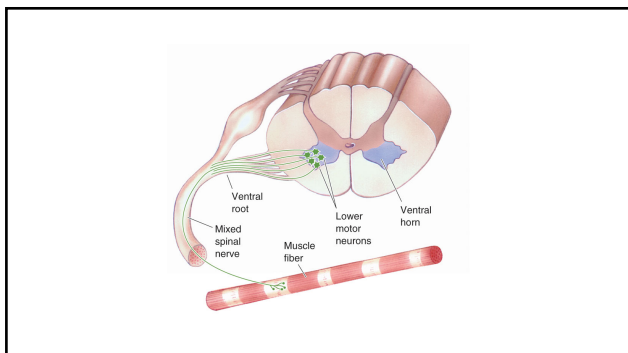
Funzione del muscolo scheletrico

Movimento delle ossa, con apertura o chiusura di angoli articolari.
Tutti i movimenti sono la conseguenza della contrazione dei muscoli scheletrici

I tendini sono inseriti su due ossa diverse e quando si contraggono flettono o estendono i segmenti ossei (li avvicinano o li allontanano)

Labels: Ulna, Radio, Omero, Bicipite Brachiale con avambraccio supinato.

3



4

Un unico neurone può controllare 3-1000 fibre, tutte all'interno dello stesso muscolo.

Una fibra muscolare è di solito innervata da un unico motoneurone

The Motor Unit

UNA UNITA' MOTTRICE è formata da un motoneurone e da tutte le fibre muscolari che controlla

Queste fibre muscolari sono innervate da un unico motoneurone: ciò significa che non devono ricevere input da più neuroni per contrarsi

5

Concetti chiave

- Funzionamento della sinapsi neuromuscolare
- Accoppiamento eccitazione-contrazione

6

The Neuromuscular Junction

Potenziale di placca

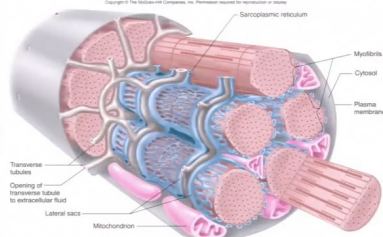
7

Eventi nella placca

- Arrivo del PA nella terminazione nervosa, apertura canali del Ca^{++} voltaggio-dipendenti e liberazione di Ach
- Legame dell' Ach al recettore **nicotinico** ionotropico: attivato **direttamente** da Ach
- Apertura canali del Na^+ e depolarizzazione della membrana muscolare (potenziale di placca)
- Apertura dei canali del Na^+ voltaggio-dipendenti
- Idrolisi dell'Ach (Ach-esterasi)

8

Excitation-Contraction (E-C) Coupling



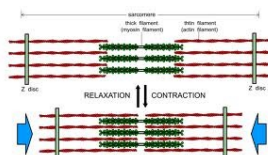
L'accoppiamento tra potenziale d'azione della membrana e la contrazione è mediato dal calcio. Il muscolo scheletrico ha un sistema di controllo basato sui filamenti sottili di actina. Il rilassamento si verifica attraverso la rimozione degli ioni calcio.

9

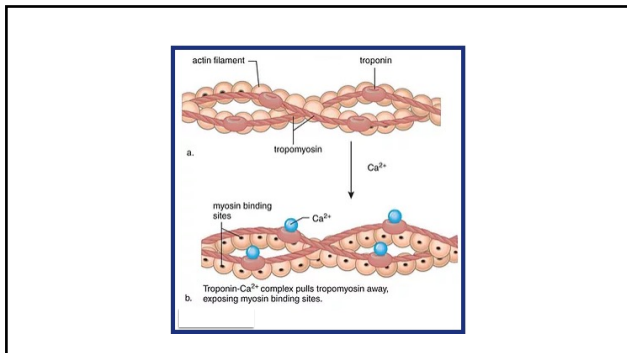
Il meccanismo di scorrimento dei filamenti, miosina e actina, è alla base dell'accoppiamento del muscolo stimolato dall'acetilcolina.

L'interazione tra miosina e actina è regolata dagli ioni calcio

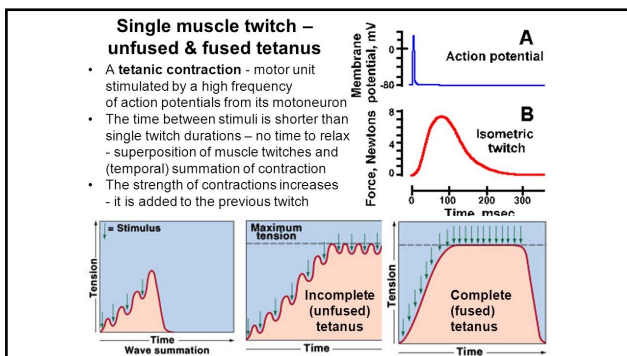
L'inversione del potenziale di membrana induce la contrazione con un meccanismo che prende il nome di **ACCOPIAMENTO ECCITAZIONE-CONTRAZIONE (E-C Coupling)**.



15



16



17

Acetilcolinesterasi (AChE)

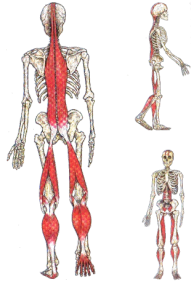
- Inibitori dell' AChE** (o anticolinesterasici) provocano accumulo di ACh negli spazi sinaptici
 - **reversibili**: eserina (fitostigmina)
 - **irreversibili**: organofosfati, carbammati
- Azione: effetti sul SNC, effetti sulla placca motrice (lunga stimolazione seguita da paralisi)




19

Fibre lente (rosse) ossidative

- I muscoli rossi sono composti prevalentemente da fibre a scossa lenta (fibre di tipo I)
- I muscoli composti da fibre tipo I possono sviluppare tensioni piccole per lunghi periodi senza esaurire le riserve energetiche (es. muscoli estensori antigravitari)



Metabolismo prevalente: aerobico (ossidativo) e anaerobico lattacido (glicolitico)

40

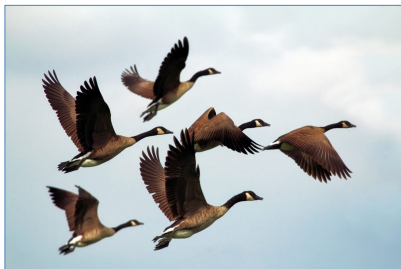
Fibre rapide rosa (pink) ossidative (intermedie)

- Resistenza alla fatica intermedia
- Hanno caratteristiche intermedie tra fibre di tipo I e tipo II b.
- Sono "rosse" ma veloci
- Metabolismo prevalente: anaerobico lattacido e aerobico



41

Uccelli migratori



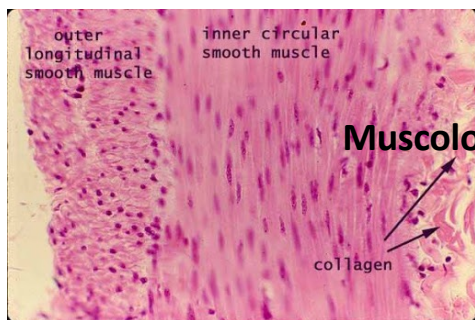
42

Fibre rapide (bianche) glicolitiche

- Velocità di contrazione rapida: per il salto o lo scatto
- Attività esplosiva ma scarsa resistenza alla fatica
- Es: muscoli bianchi delle ali/petto di pollo, che usa le ali per compiere vigorosi tentativi di fuga
- **Metabolismo energetico: anaerobico alattacido (glucosio/glicogeno) e lattacido (creatin-fosfato e ADP)**



43



Muscolo liscio

52

Concetti chiave

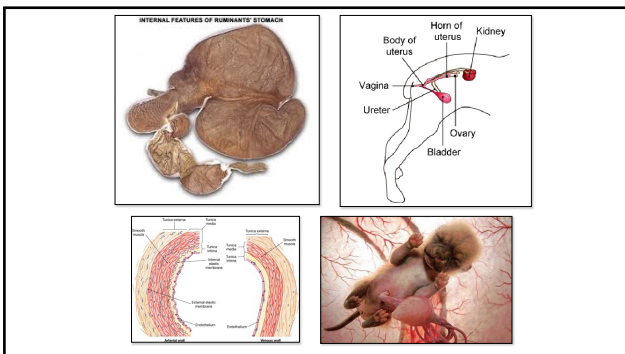
- Differenze (anatomiche e funzionali) con il muscolo scheletrico
- Accoppiamento eccitazione-contrazione
- Neuromediatrici

53

Muscolo liscio

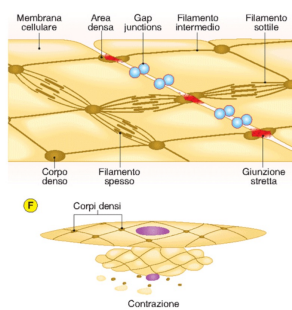
- Involontario, attività propria (SNE)
- **Regolato** dal SNA
- Proprietà specifiche:
 - può dividersi per tutta la vita
 - Può cambiare dimensioni, tramite **ipertrofia o iperplasia**. Per esempio se c'è un aumento di lavoro meccanico diventerà più spesso e lungo.
- Si trova intorno ai vasi sanguigni e negli organi interni.

54



56

Struttura del muscolo liscio



Le cellule non hanno la caratteristica struttura a bande.

I filamenti di actina sono attaccati direttamente alla membrana plasmatica attraverso "dense bodies" (analoghi alle linee Z)

Le cellule non hanno bisogno di tubuli T perché sono di diametro molto modesto.

C'è una attività ATP-asiica lenta, pertanto la contrazione è anch'essa lenta
Manca la troponina (al suo posto c'è caldesmone)

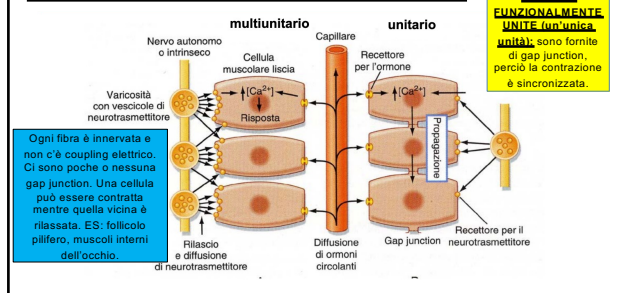
57

Meccanismi di rilascio del calcio

- I canali del calcio possono essere aperti da:
- Stress meccanici (canali meccanici)
 - Ligandi (canali ligando-dipendenti)
 - Neurotrasmettitori (SNA, serotonina)
 - Ormoni (es. ossitocina, P4)
 - Sostanze paracrine (es. NO)
 - Correnti (canali voltaggio-dipendenti): potenziali pace-maker

60

CONTROLLO NERVOSO E ORMONALE



61

Regolazione della contrazione

- Il muscolo liscio ha diversi tipi di regolazione, sia **positiva** che **negativa**.
- Mentre nel muscolo scheletrico, l'attivazione della placca neuromuscolare induce **sempre** la contrazione, il muscolo liscio può essere rilassato o contratto e ciò dipende dall'effetto finale (al netto) di tutti gli stimoli che agiscono su di esso.
- Poiché diversi segnali possono raggiungere la fibra liscia simultaneamente (nervosi, umorali), la cellula stessa deve funzionare da centro di integrazione e rispondere in modo appropriato
- È per questo che la muscolatura liscia è difficile da studiare e rappresenta in tanti casi una sfida ancora oggi

62

Tipi di contrazione

TONICA: muscolo continuamente contratto (tono). La tensione generata è proporzionale allo stimolo ed è prolungata. Es:

- sfinteri del tratto Gi hanno la muscolatura liscia completamente contratta; per permettere al materiale di passare da un comparto all'altro c'è bisogno di rilassare il muscolo;
- muscolatura liscia dei **vasi sanguigni** ha un tono nello stato basale e può contrarsi ulteriormente oppure rilassarsi

(a) A tonic smooth muscle that is usually contracted. Example: a sphincter that relaxes to allow material to pass.

(b) A tonic smooth muscle whose contraction is varied as needed. Example: vascular smooth muscle.

63

Tipi di contrazione

FASICA: contrazione rapida seguita da rilassamento. Se viene stimolata c'è contrazione, il rilassamento avviene dopo la rimozione del calcio.

(a) A phasic smooth muscle that is usually relaxed. Example: esophagus.

(b) A phasic smooth muscle that cycles between contraction and relaxation. Example: intestine.

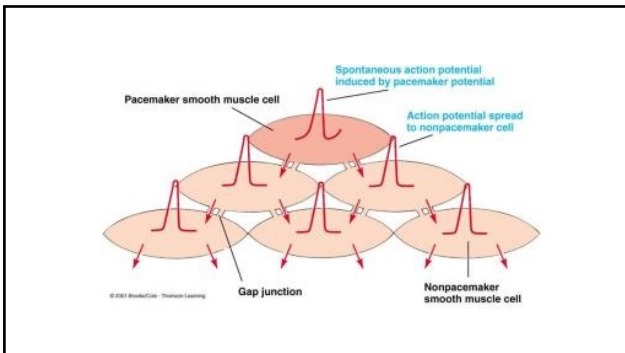
64

Pacemaker activity

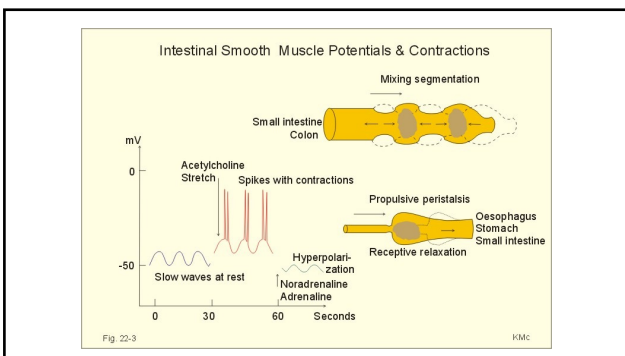
Pacemaker potential

Potenziale di riposo di membrana instabile che apre i canali del Ca⁺⁺ voltaggio-dipendenti, provocando un ritmico susseguirsi di potenziali di azione e contrazioni

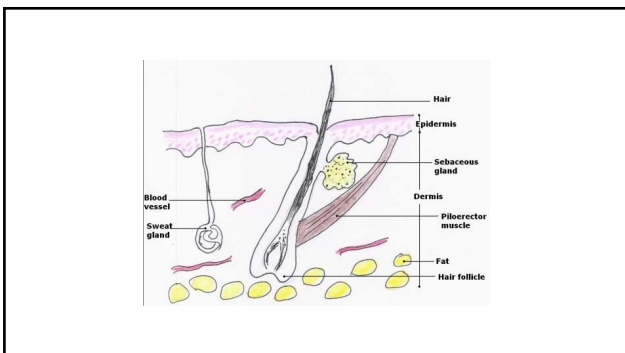
70



71



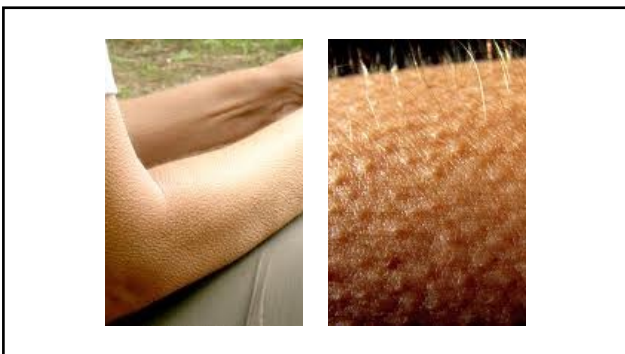
72



75



76



77



78

Concetti chiave

- Differenze (anatomo-funzionali) con il muscolo scheletrico e liscio
- Attività elettrica
- Attività meccanica
- Pressioni cardiache e significato
- Il sangue e le sue componenti

79

Muscolo cardiaco

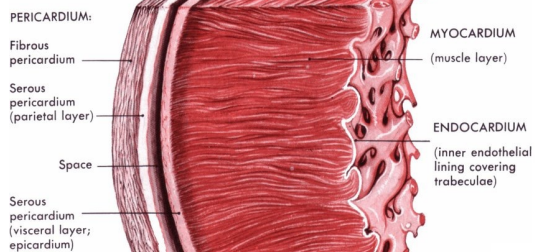
- Muscolo involontario di:
 - cuore,
 - vena cava,
 - vene polmonari
- È muscolo striato ma non è innervato dal Sistema Nervoso Somatico.



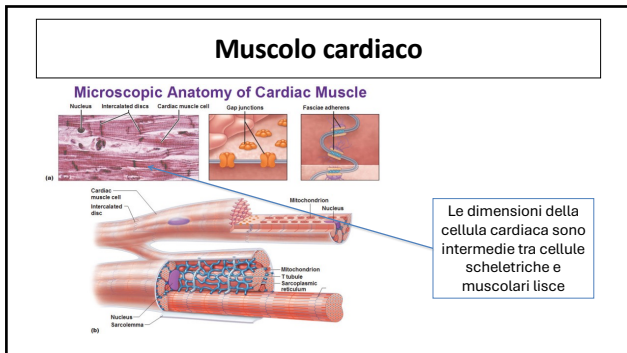
- La REGOLAZIONE è di pertinenza del SNA

80

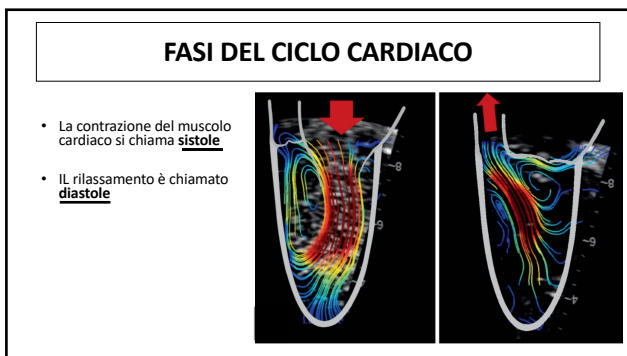
Parete cardiaca



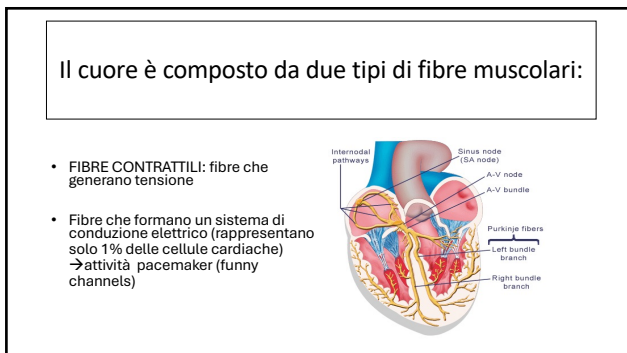
81



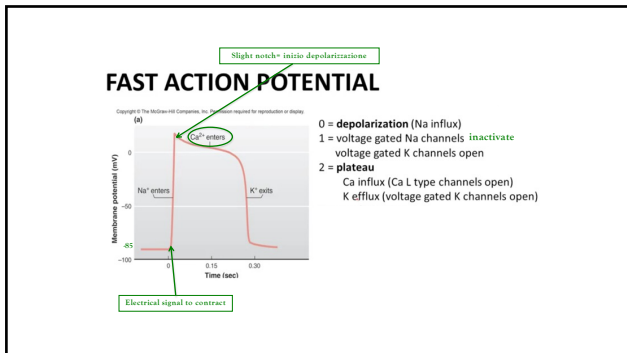
82



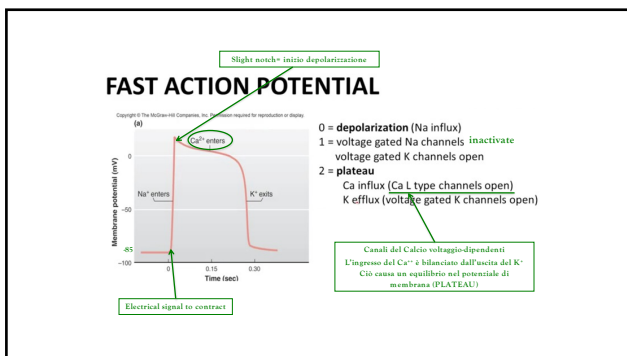
89



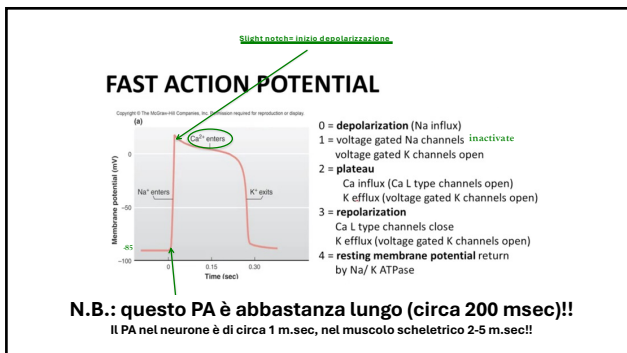
90



91



92



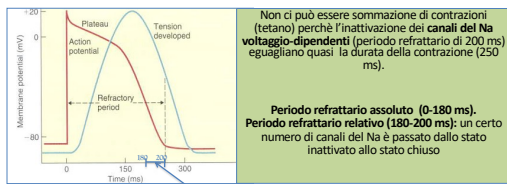
95

Periodo refrattario

- Poiché il potenziale d'azione è abbastanza lungo, esso conferisce alcune proprietà importanti alle cellule cardiache:
- Infatti per 200 millisecondi i canali del Na si trovano in uno stadio inattivato
- Se cerchiamo di stimolare le cellule in questo periodo, la cellula non può rispondere e non va incontro a un secondo potenziale di azione
- La conseguenza è che non si può avere sommazione di PA: c'è sempre un periodo di 200 m.sec tra due PA
- Questo è il periodo refrattario

96

Periodo refrattario



Non ci può essere sommazione di contrazioni (tetano) perché l'inattivazione dei canali del Na **voltaggio-dipendenti** (periodo refrattario di 200 ms) eguagliano quasi la durata della contrazione (250 ms).

Periodo refrattario assoluto (0-180 ms).
Periodo refrattario relativo (180-200 ms): un certo numero di canali del Na è passato dallo stato inattivato allo stato chiuso

Uno stimolo abbastanza potente può generare un nuovo PA, che prende il nome di **extrastimolo (extrasistole)**

99

Legge Maestrini-Starling

- Mette in relazione la gittata cardiaca con il volume telediastolico
- La forza di contrazione sviluppata dalle fibre cardiache durante la sistole (quindi la quantità di sangue espulsa dai ventricoli) dipende dalla lunghezza iniziale delle fibre, cioè dal volume telediastolico
 - Quindi il volume telediastolico, che dipende a sua volta dal ritorno venoso, determina la gittata cardiaca

101

Lunghezza delle fibre e tensione

- Non c'è una contrazione graduata come nel muscolo liscio
- I cardiomiociti si contraggono con la massima tensione in modo univoco; una contrazione più potente si può verificare se c'è un maggiore riempimento delle camere cardiache.

