

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)

2

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

Motor neuron, Branches of motor neurons, Myofibrils, Muscle fiber

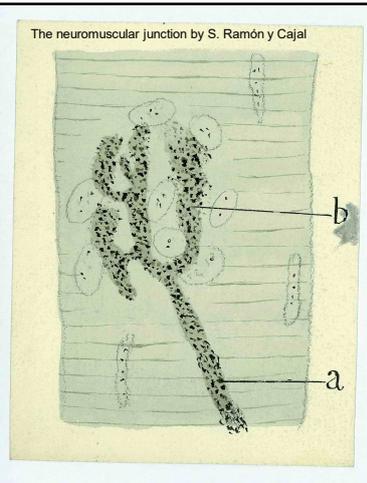
UNA UNITA' MOTRICE è formata da un motoneurone e da tutte le fibre muscolari che esso controlla

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

3

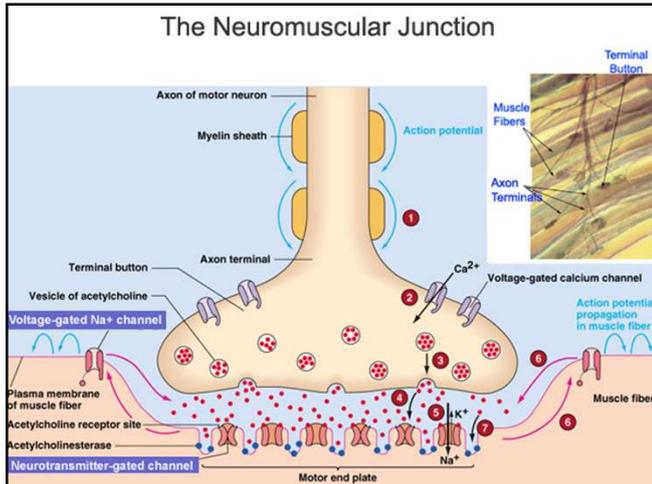
Active learning

- Funzionamento della sinapsi neuromuscolare



4

The Neuromuscular Junction

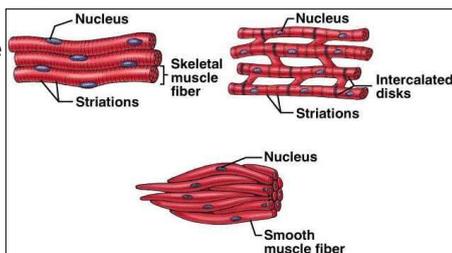


5

Cellule muscolari

Sono specializzate nella contrazione, se ne conoscono tre tipi:

- scheletriche
- cardiache
- lisce



6

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)

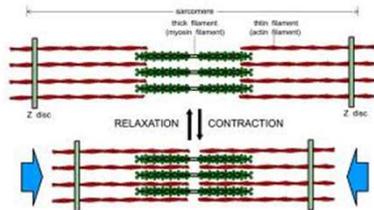
7

Il meccanismo di scorrimento dei filamenti, miosina e actina, è alla base dell'accorciamento 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

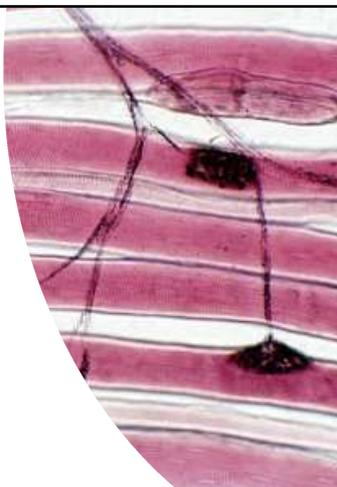
ACCOPIAMENTO ECCITAZIONE-CONTRAZIONE (E-C Coupling).



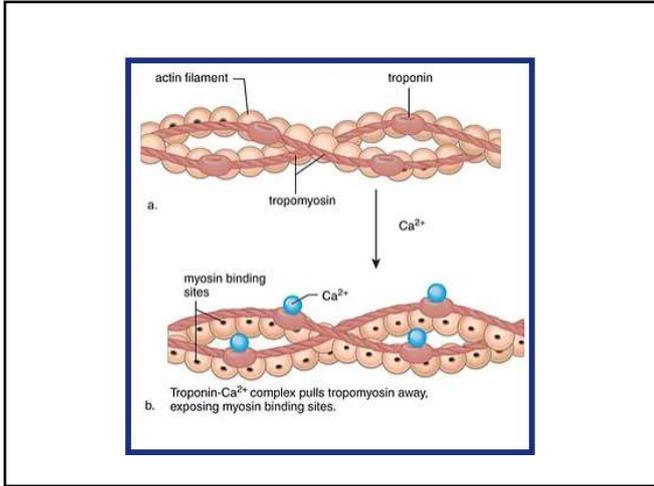
8

Active learning

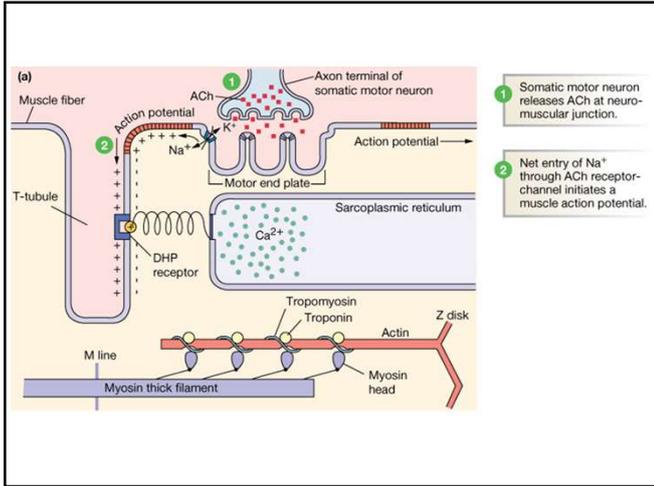
- Funzionamento della sinapsi neuromuscolare
- Accoppiamento eccitazione-contrazione



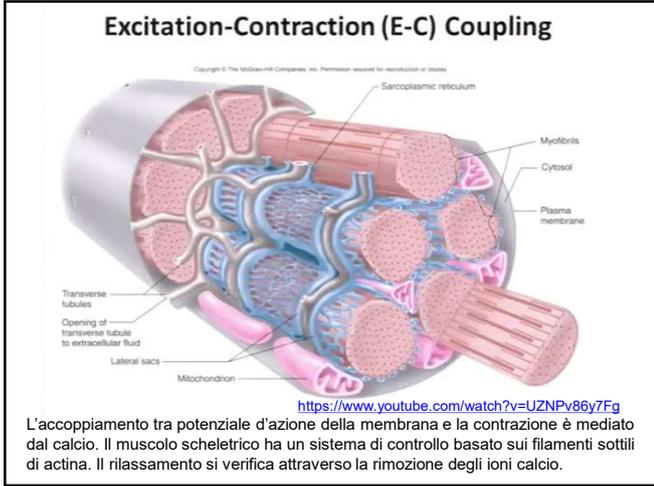
9



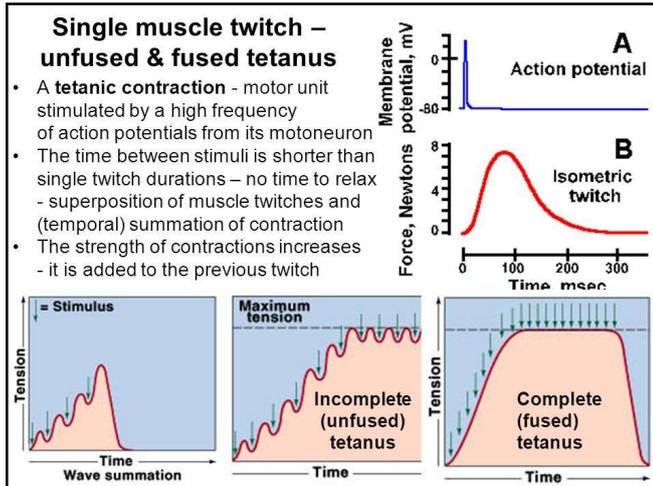
10



11



12



13

Altre sostanze attive sulla placca

- **Agenti sul rilascio di ACh**
 - Tossina botulinica (*Clostridium botulinum*): inibisce il rilascio di ACh (morte per paralisi respiratoria)
 - Tossina della vedova nera: favorisce l'aggregazione delle vescicole e liberazione eccessiva di ACh
- **Bloccanti postsinaptici**: legano il recettore
 - Nicotina (alcaloide)
 - Veleno di cobra

14

Patologie delle unità motrici

- Determinano riduzione della forza e atrofia dei muscoli scheletrici
- Le caratteristiche distintive delle diverse patologie dipendono dal tipo di componente funzionale maggiormente colpita:
 - Motoneurone: es Sclerosi Laterale Amiotrofica (malattia di Lou Gehrig)
 - Assone: neuropatia periferica
 - Placca neuromuscolare: autoanticorpi (es mioastenia)
 - Fibre muscolari: malattie miopatiche o miopatie

15

Malattie neurogeniche

- Hanno effetto analogo a quello del taglio di un nervo periferico, anche se più lente
- Muscoli paralitici
- Perdita di forza: i muscoli vanno incontro ad atrofia progressiva
- Scomparsa dei riflessi tendinei
- Perdita di sensibilità della zona innervata (nel nervo decorre anche la componente sensitiva)

16

Malattie miopatiche

- Paresi dei muscoli
- Difficoltà di deambulazione
- A volte miotonie (difficile rilasciamento)
- Crampi
- Dolori (mialgie)
- Comparsa di mioglobina nelle urine (mioglobinuria)

— mioglobina cromoproteina che conferisce il colore rosso al muscolo

17

Distrofie muscolari

- Miopatie peculiari
- Sono ereditarie
- Si manifestano esclusivamente con paresi progressiva
- All' esame istologico segni di degenerazione e rigenerazione

18

Elettromiogramma

In superficie oppure in profondità

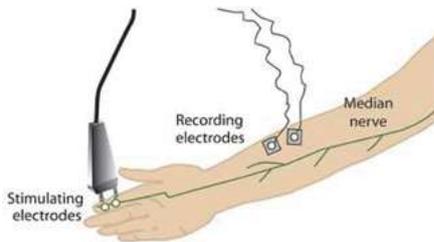
Registra il potenziale elettrico sommatorio quando il muscolo sottostante si contrae perché un po' di elettricità raggiunge la cute

- Permette di individuare il livello della lesione:
 - Muscolo scheletrico
 - Placca neuromuscolare
 - Motoneurone
 - SNC

19

Elettromiografia

- Consente di registrare i PA delle singole unità motrici in uomo e animali



20

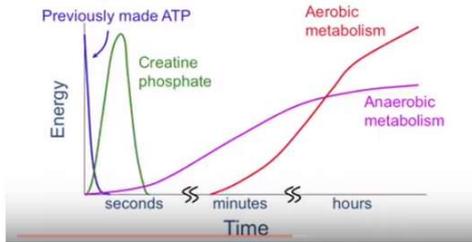
Metabolismo del muscolo

- L'energia per la contrazione è data dall'ATP
- L'ATP della fibra muscolare deve essere ricostituito in continuazione
 - La sintesi dell'ATP può avvenire in 3 modi:**
- Meccanismo AEROBICO: duraturo, sfrutta glucidi (fegato, sangue) e grassi
- Meccanismo ANAEROBICO (in assenza di O₂):
 - ALATTACIDICO: sforzi più intensi: utilizzo iniziale di fosfocreatina, che però dura 8-10 sec. Se lo sforzo continua, si passa al
 - LATTACIDICO (glicolitico): possibilità di tensioni elevate per circa 1 min. utilizza glicogeno, con produzione di ac. lattico

21

Metabolismo fibre muscolari

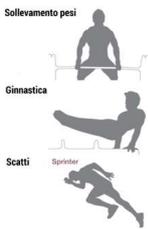
Sources of ATP during exercise:



22

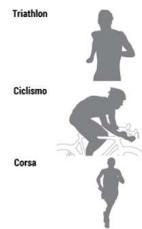
Attività anaerobica

- Sforzi intensi ma di breve durata



Attività aerobica

- Attività sostenuta e vigorosa durata



23

Attività anaerobica

ATP si può formare da:

- fosfocreatina: trasferisce un gruppo fosfato all'ADP
- glicogeno muscolare
- glicogeno epatico

molto potente per brevi periodi

Attività aerobica

ATP si forma da:

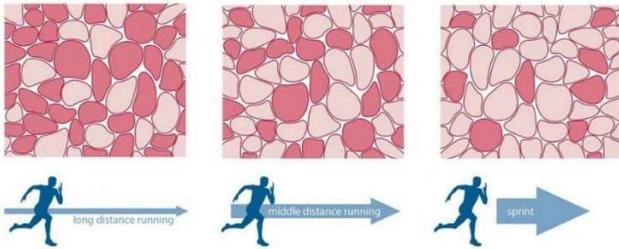
- glucosio ematico
- acidi grassi*
- aminoacidi

potenza inferiore ma durata superiore

*solo nel metabolismo aerobico

24

Tipologie di fibre



28

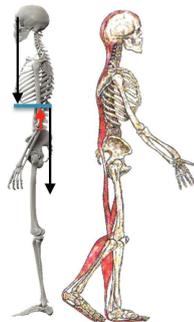
Tipologie di muscolo scheletrico

Muscoli fasici	Muscoli tonici
<ul style="list-style-type: none"> • Funzione di movimento • Si affaticano presto • Contengono più fibre bianche (rapide) • Si contraggono più rapidamente • In genere superficiali, flessori e adduttori 	<ul style="list-style-type: none"> • Funzione di sostegno, postura • Si affaticano poco • Contengono più fibre rosse (lente) • Si contraggono più lentamente • Localizzati più profondamente e medialmente • Estensori e abduttori <ul style="list-style-type: none"> - a contrazione lenta, costante - a contrazione rapida

29

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**)

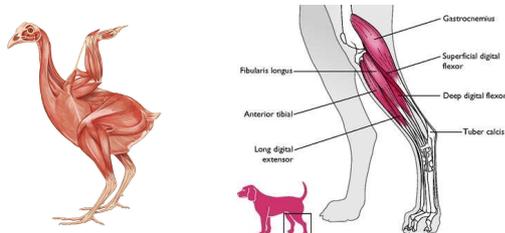


Metabolismo prevalente:
aerobico (ossidativo) e anaerobico lattacido (glicolitico)

30

Fibre rapide rosse ossidative (intermedie)

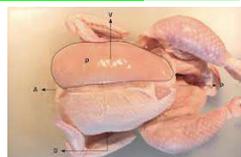
- Resistenza alla fatica intermedia
- Hanno caratteristiche intermedie tra fibre di tipo I e tipo II b.
- Sono rosse ma veloci
- **Metabolismo prevalente: anaerobico lattacido e aerobico**



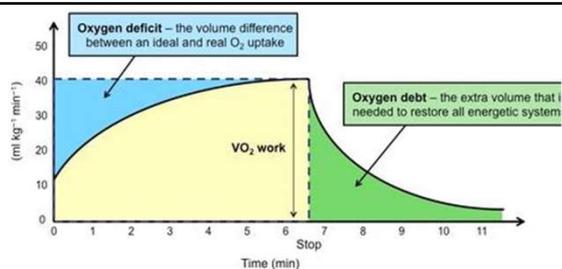
31

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)**



32



Debito di ossigeno

- Quantità di O₂ necessaria per ritornare alle condizioni di pre-esercizio
- Rappresenta la quantità di ossigeno che serve per:
- Rimpiazzare l'ossigeno prelevato da GR e mioglobina
 - Ricostruire le scorte di creatina ~P
 - Ricostruire le scorte di glicogeno
 - Convertire l'acido lattico in glucosio (nel fegato)

33

Fatica muscolare(fm)

Previene il danno al muscolo. I fattori più studiati sono:

1. Accumulo di ECF $[K^+]$ = depolarizzazione persistente delle fibre
2. Accumulo di acido lattico (dal metabolismo glicolitico)= aumento ICF $[H^+]$ e diminuzione del pH, che danneggia l'ATPasi, richiesta per il rilassamento (ma ha scarsi effetti sulla contrazione). È controverso che sia il responsabile unico di fm.
3. Accumulo di ADP nell' ICF: ciò inibisce il distacco dei ponti di miosina rallentando la reazione.
4. Accumulo di Pi nell'ICF: al momento è ritenuto la causa più importante di fm per esercizi intensi. Provoca una diminuzione della fuoriuscita di Ca^{++} dal Reticolo Sarcoplasmatico
5. Diminuzione della fonte energetica (glicogeno, acidi grassi, glucosio), soprattutto in attività di endurance

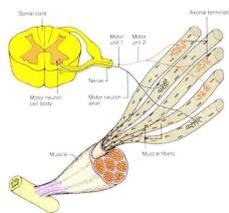
34

Unità motrici

- Muscoli antigravitari → un solo motoneurone innerva centinaia di fibre
- Muscoli oculomotori → un motoneurone innerva poche fibre (circa 10)
- Il SN determina la forza di contrazione reclutando più unità motorie nello stesso tempo (**SOMMAZIONE SPAZIALE**) oppure aumentando la frequenza di contrazione (**SOMMAZIONE TEMPORALE**)

35

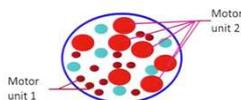
Tipi di fibra e unità motrici



Diversi tipi di fibra muscolare = diverse unità motrici

I movimenti fini richiedono un controllo nervoso maggiore :

1. piccole unità motrici (poche fibre)= movimenti fini
2. grandi unità motrici (tante fibre) = maggiore tensione



36
