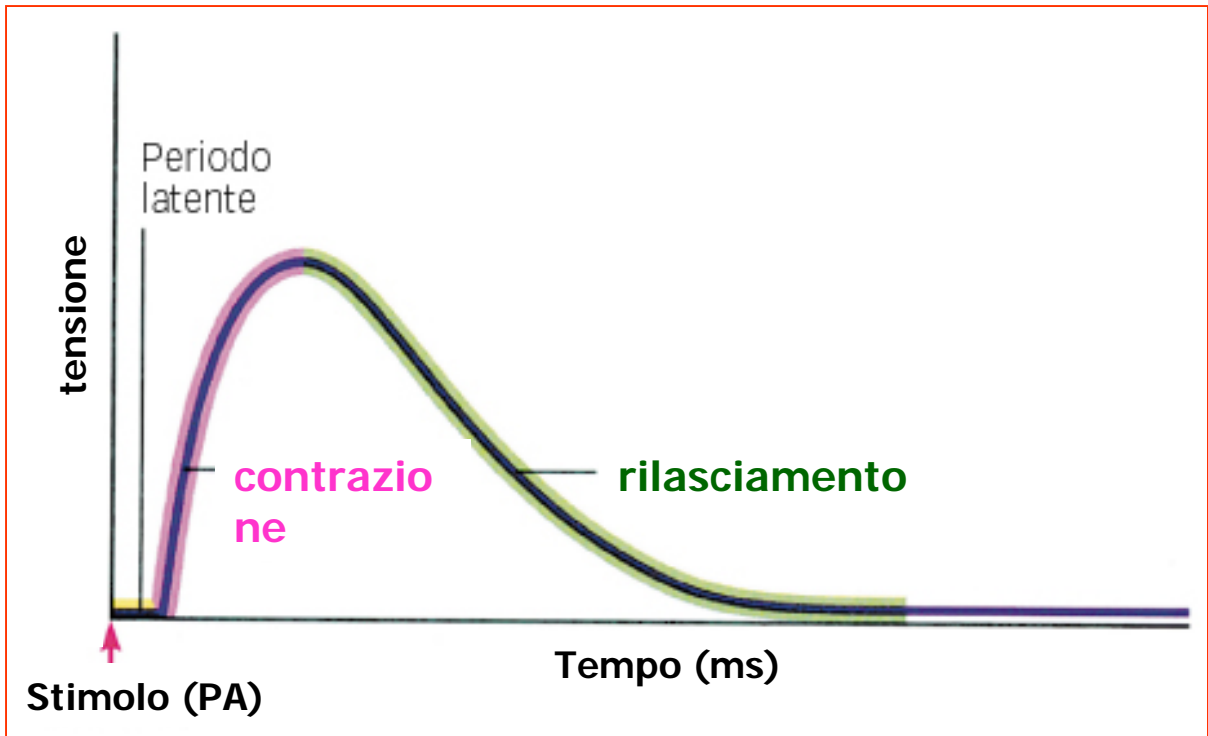


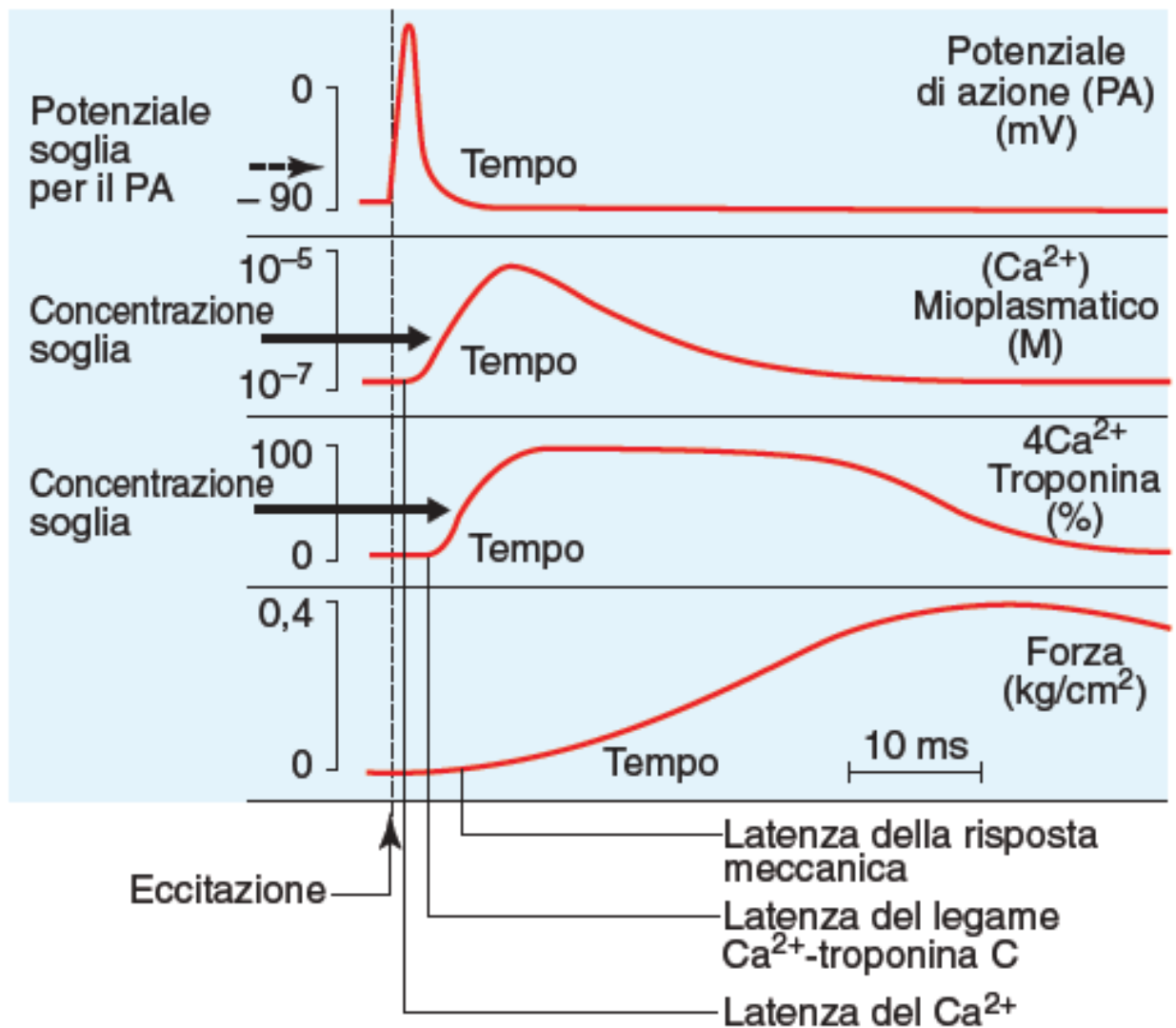
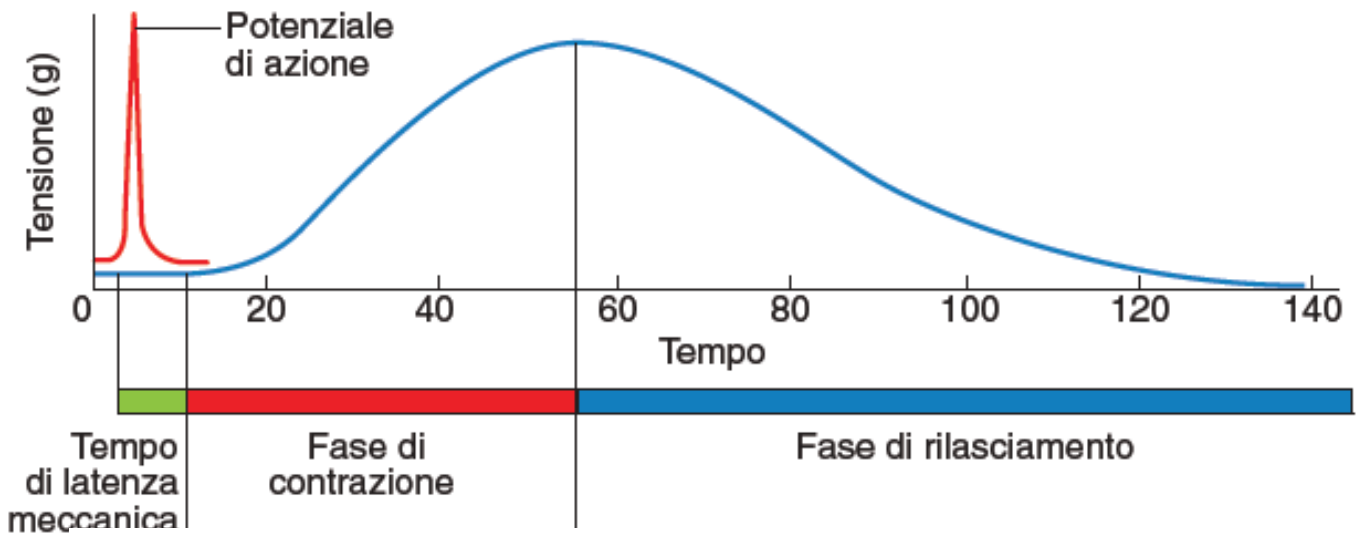
## 4.3 CONTRAZIONI MUSCOLARI

- **Scossa muscolare semplice**
- **Relazione tensione-lunghezza**
- **Relazione velocità-carico**
- **Tetano muscolare**
- **Metabolismo energetico: produzione e consumo di ATP**
- **Fatica muscolare**
- **Unità motrice**

- **La scossa muscolare semplice**

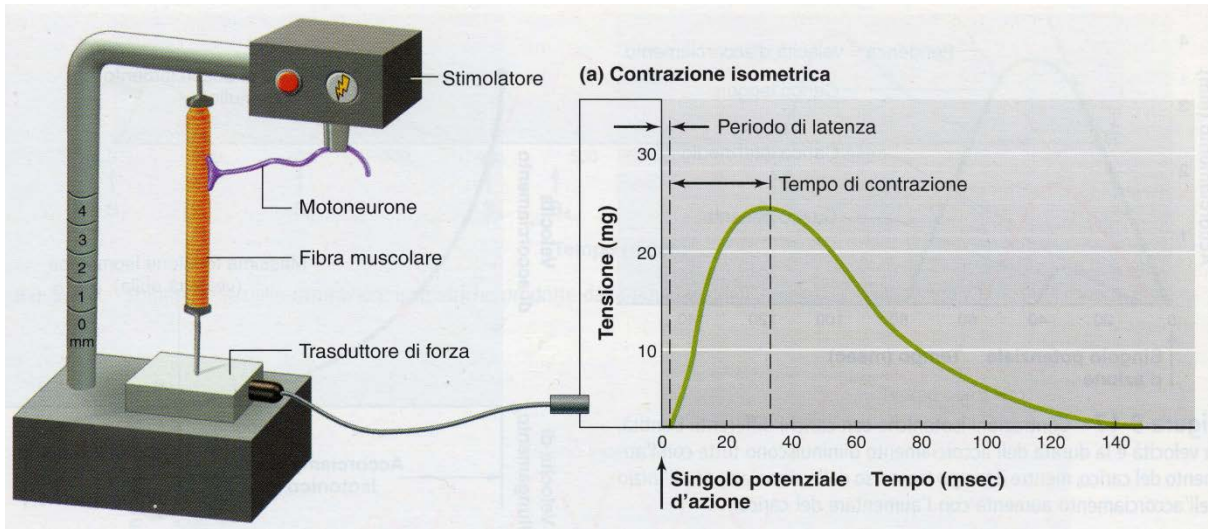


- **La risposta meccanica** di una fibra muscolare ad un **singolo potenziale d'azione** è denominata **SCOSSA** muscolare.
- Insorge con un ritardo di alcuni ms (10-100, periodo di latenza).

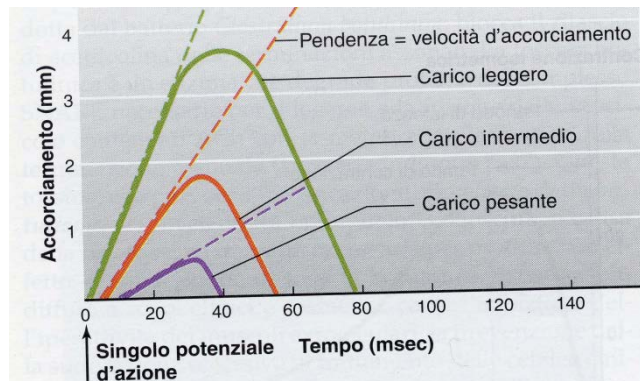
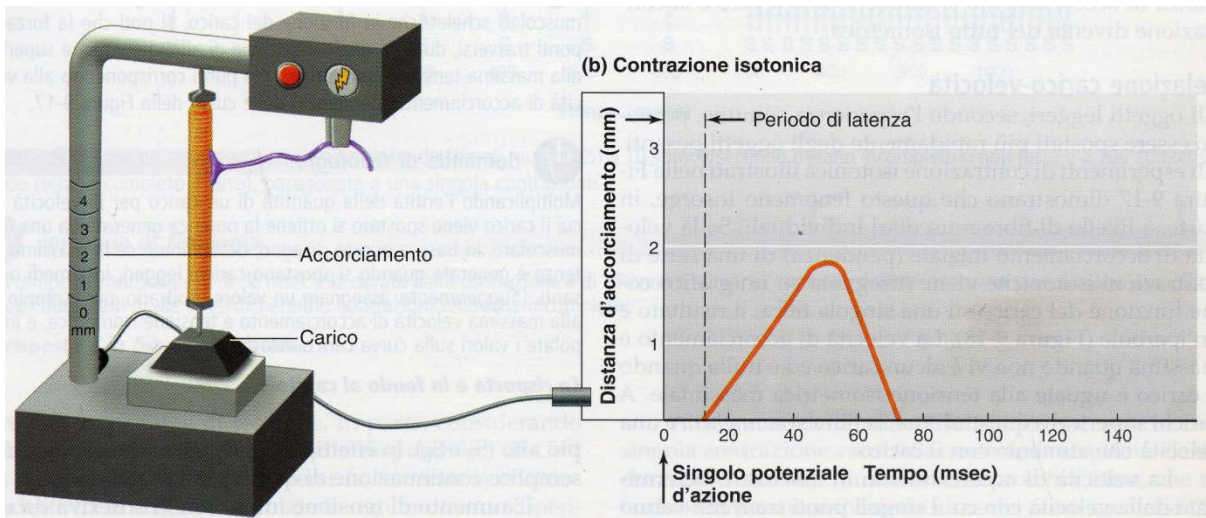


MUSCOLARI

# LA SCOSSA ISOMETRICA = a lunghezza costante

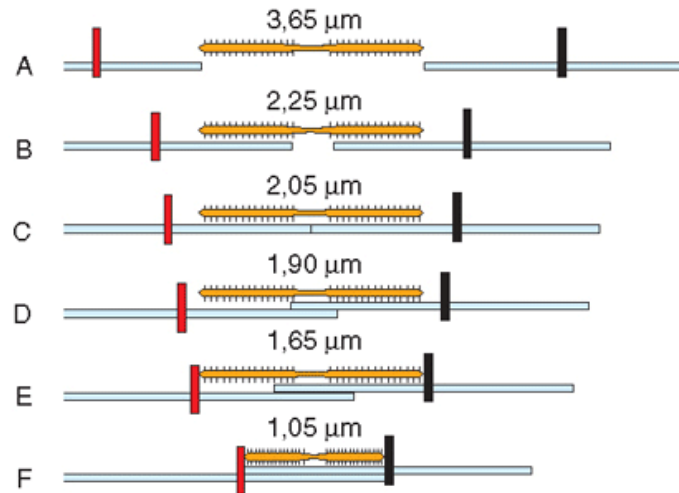
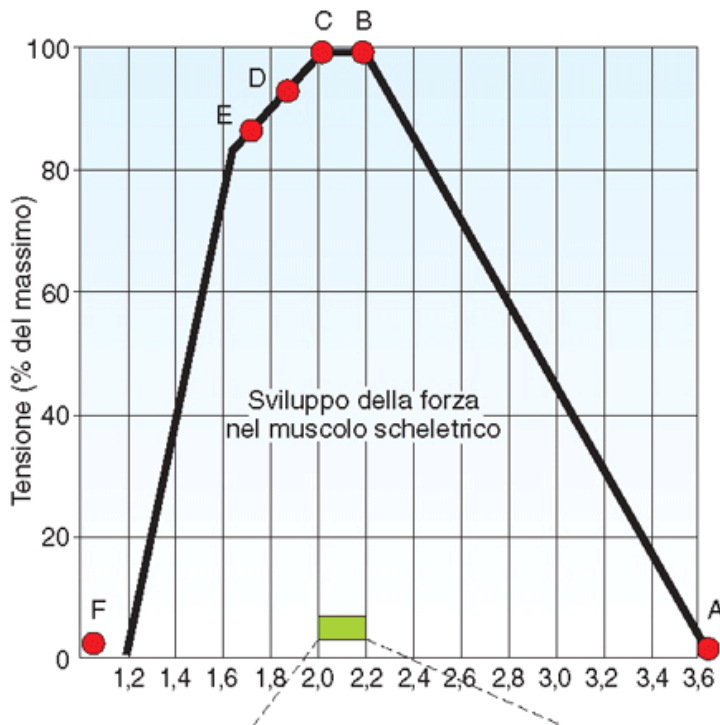


# LA SCOSSA ISOTONICA = a carico costante



## • Relazione tensione-lunghezza

Durante una *contrazione isometrica*, la tensione sviluppata dal muscolo dipende dalla lunghezza iniziale del muscolo prima della contrazione

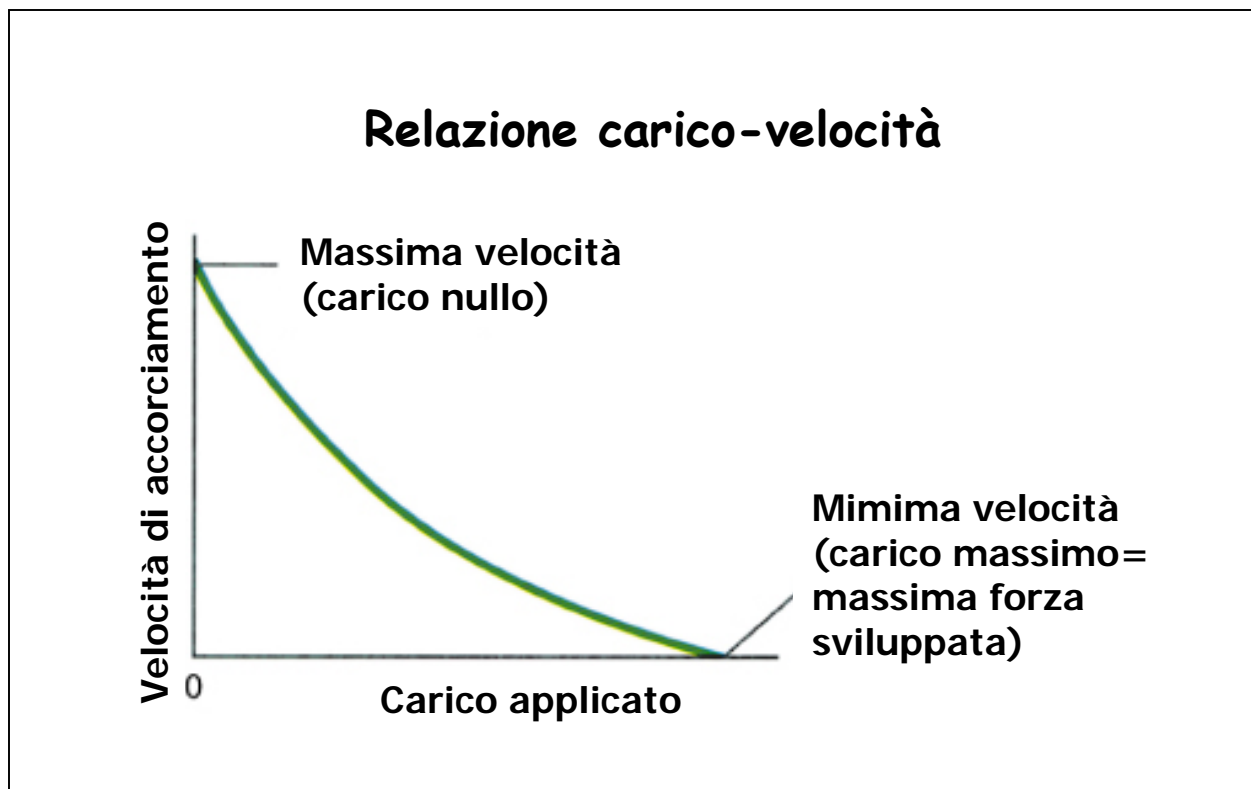


per diversi gradi di allungamento del muscolo varia la tensione sviluppata:

- alla lunghezza ottimale,  $L_0$ , il muscolo sviluppa la **massima tensione**
- per valori minori o maggiori di  $L_0$ , la tensione è minore
- la relazione lunghezza-tensione è una prova del meccanismo di scorrimento dei filamenti durante la contrazione

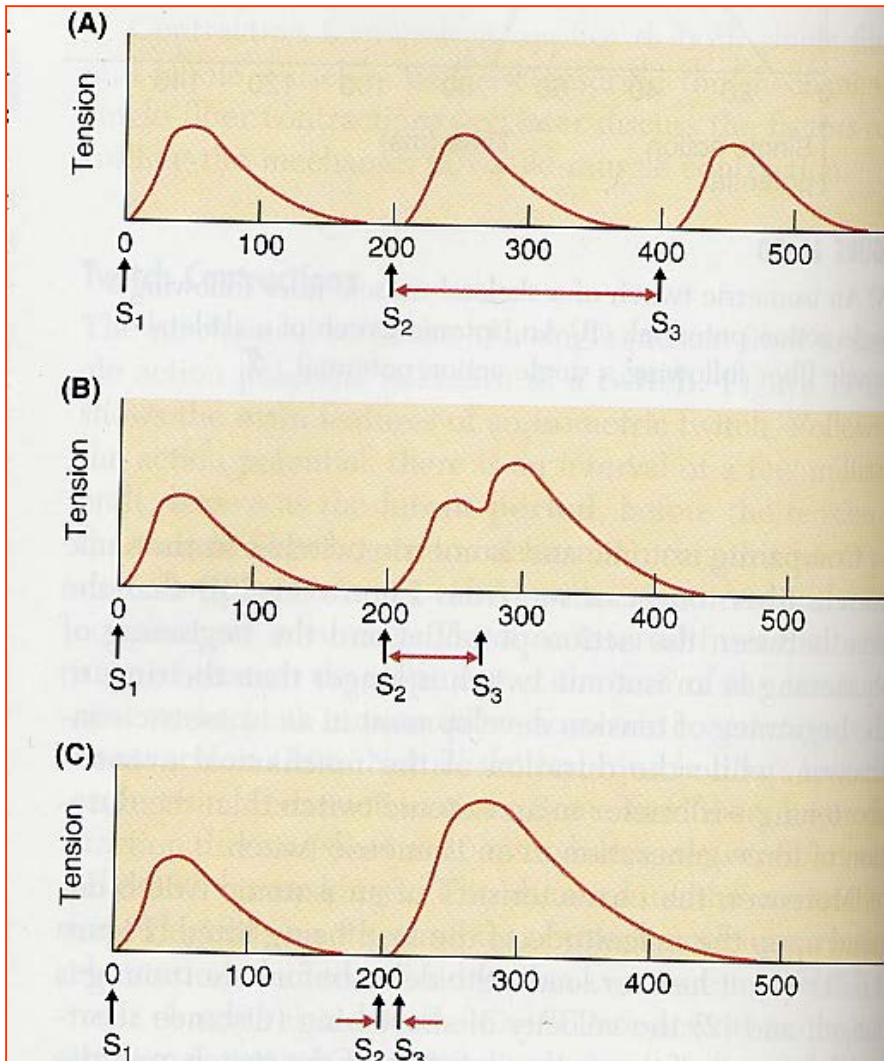
## • Relazione velocità-carico

La tensione massima e la velocità di contrazione del muscolo dipendono dal carico applicato



- la **velocità di accorciamento** di un muscolo dipende dal **carico** applicato
- è massima quando il carico è nullo; è nulla quando il carico è uguale o maggiore della tensione massima esercitata dal muscolo
- la velocità di accorciamento di un muscolo dipende anche dalla **velocità dei cicli dei ponti trasversali** e dell'**attività ATP-asi** della miosina
- esistono diversi tipi di miosina con diversa velocità di idrolisi dell'ATP: *miosina lenta, veloce o rapida*

## SOMMAZIONE DI SCOSSE

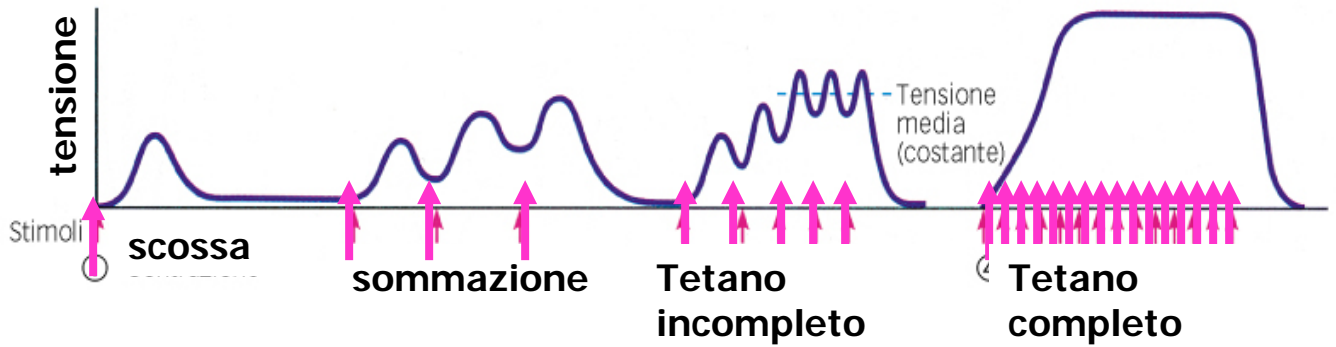


La scossa si ripete con **regolarità** se l'intervallo delle stimolazioni è sufficientemente lungo tra uno stimolo e l'altro

Poiché la latenza tra l'arrivo del potenziale d'azione e l'inizio della scossa è di alcuni ms, e la scossa dura 100 ms, **cosa succede quando un secondo potenziale d'azione viene generato prima che la scossa sia terminata?**

La fibra risponde generando una scossa la cui tensione è maggiore. Si genera una **sommazione di scosse**.

## • Tetano muscolare



• Uno stato di contrazione prolungata, causato da ripetute stimolazioni iravvicinate nel tempo è detto contrazione tetanica, o **TETANO MUSCOLARE**

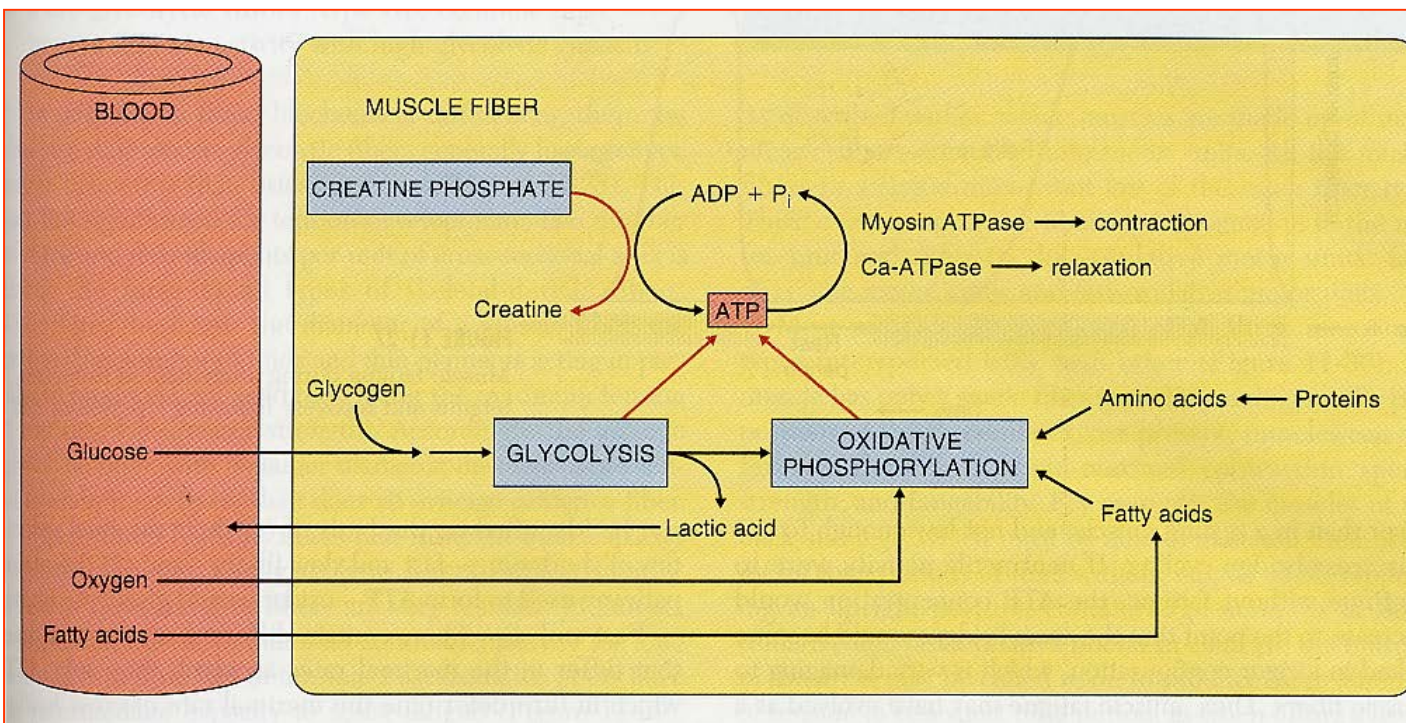
• Se la frequenza di stimolazione non è eccessiva, la tensione può oscillare e la fibra muscolare rilassarsi parzialmente tra 2 stimoli, causando un **tetano muscolare incompleto**

• Nel **tetano muscolare completo**, prodotto da stimolazioni a frequenza massimale, la fibra non si rilassa tra stimoli successivi

• **La massima tensione tetanica è pari a 3-5 volte quella sviluppata dalla singola scossa**



# • Metabolismo energetico: produzione e consumo di ATP

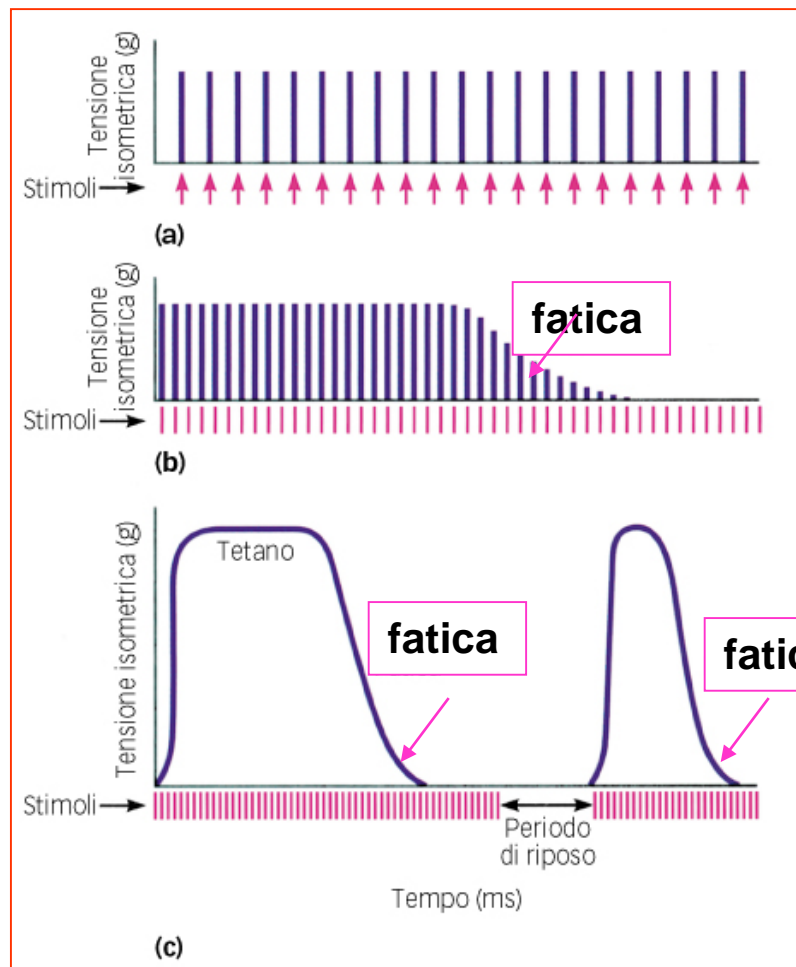


## Creatina chinasi

1. **creatinfosfato + ADP  $\rightleftharpoons$  creatina + ATP**
2. **glicolisi (glucosio, citoplasma)**
3. **fosforilazione ossidativa (glucosio, amino acidi, grassi, O<sub>2</sub> e mitocondri)**

- la **1** è una reazione rapida, limitata dalla concentrazione di **creatinfosfato** iniziale, fornisce energia negli istanti iniziali della contrazione. Capacità di produrre ATP di **pochi secondi**
- per attività muscolare moderata, l'ATP si forma dalla **fosforilazione ossidativa**; è condizionata dalla presenza di **O<sub>2</sub>** (36 moli di ATP; lenta). Capacità di produrre ATP di **ore**
- per richieste energetiche ancora maggiori, l'ATP viene prodotto con la **glicolisi** (in assenza di **O<sub>2</sub>**). Le scorte di glucosio provengono dal sangue o dal glicogeno prodotto nel muscolo (2 moli di ATP; veloce). Capacità di produrre ATP di **minuti**

# • Fatica muscolare

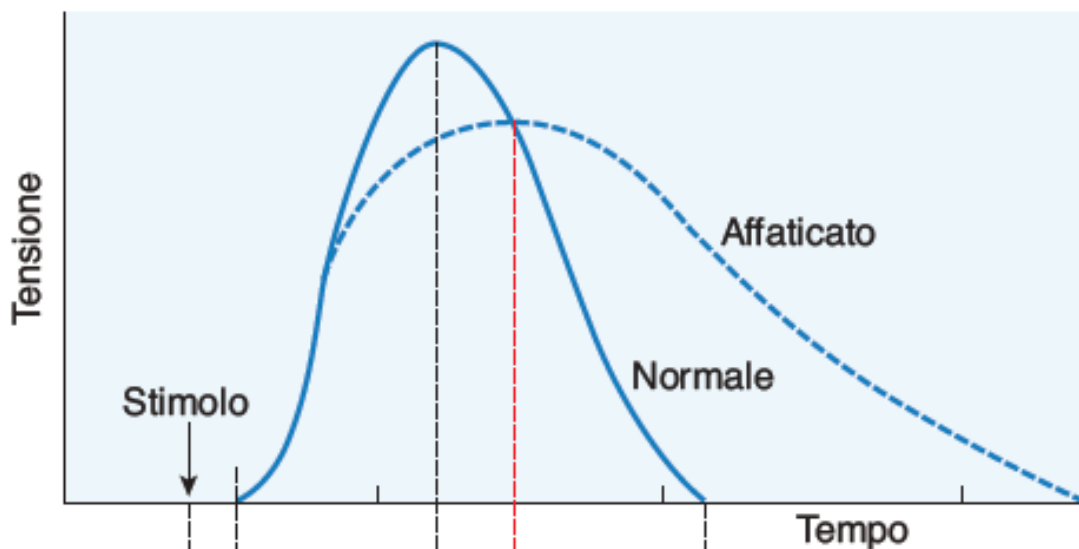


La **FATICA MUSCOLARE** sopraggiunge durante una stimolazione tetanica prolungata e si manifesta con un declino della massima tensione sviluppata.

La **rapidità** con cui insorge la fatica **dipende dal tipo di fibra** muscolare e può essere soppressa dopo un sufficiente periodo di riposo, variabile a seconda della lunghezza ed entità della stimolazione precedente e del tipo di fibra.

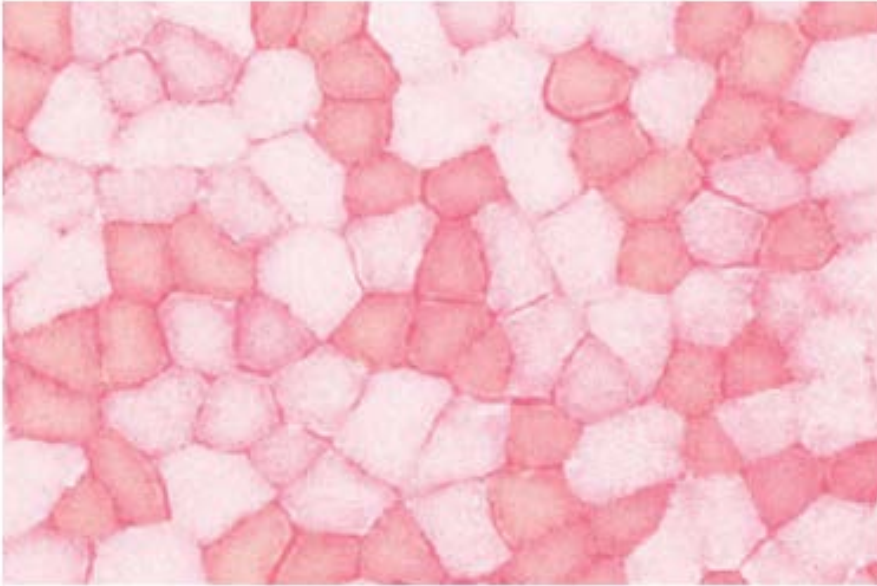
La fatica è associata a:

- **diminuzione di ATP** che causa un più lento rilasciamento dei ponti trasversali. Anticipa *il rigor mortis* (esaurimento di ATP)
- produzione di **acido lattico**, **deplezione di glicogeno** muscolare
- un più **lento insorgere** della **scossa semplice**. Il m. affaticato sviluppa minor tensione e si rilascia più lentamente



# Tipi di fibre muscolari scheletriche

La tensione sviluppata dal muscolo dipende dal tipo di fibre reclutate durante la contrazione



Fotografia di una sezione trasversale di muscolo:

- attraverso la colorazione dei mitocondri si possono evidenziare le piccole **fibre ossidative** (scure) che contengono tanti mitocondri
- le **fibre glicolitiche** appaiono grandi e chiare

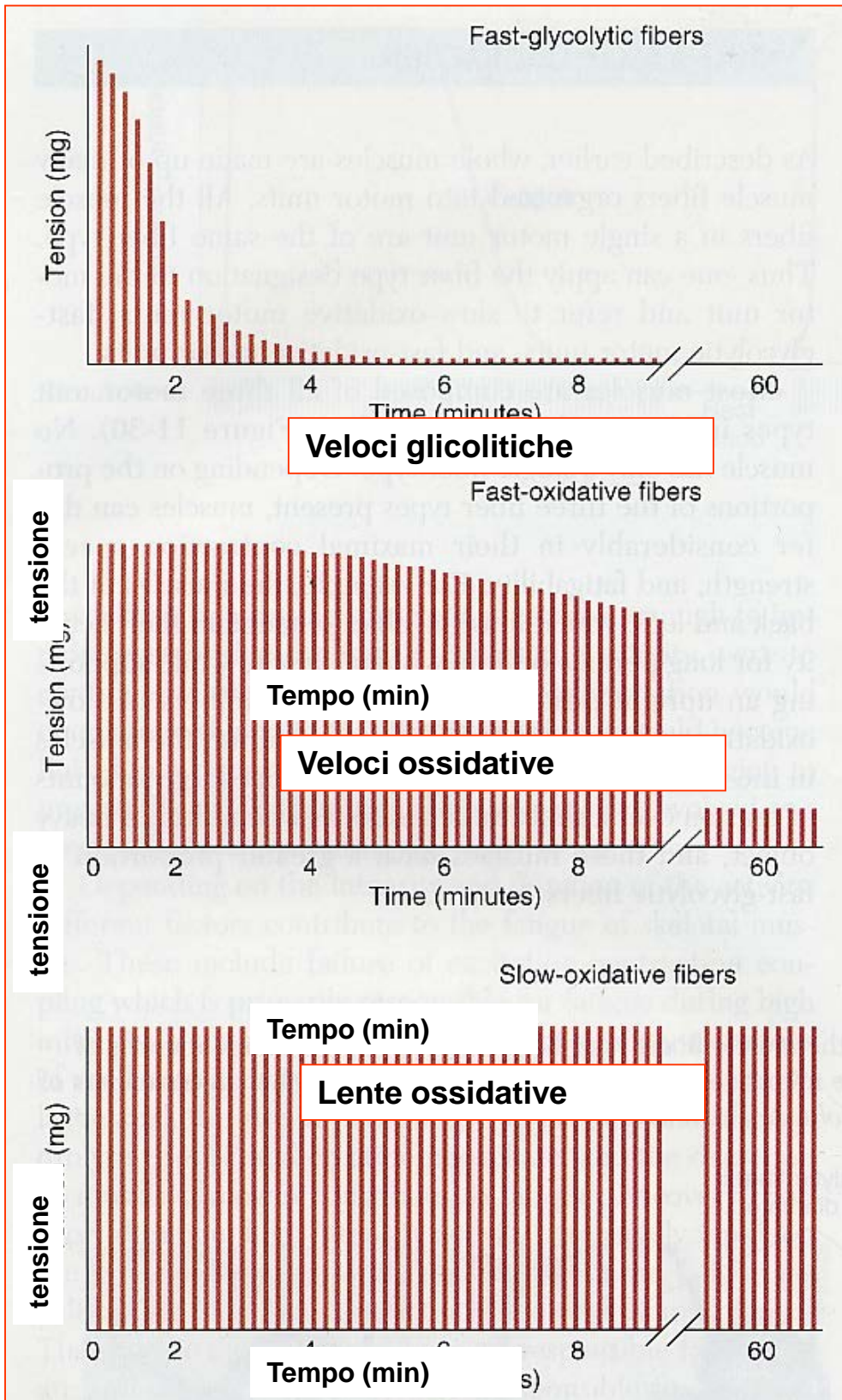
I vari tipi di fibre scheletriche si distinguono secondo caratteristiche **metaboliche e meccaniche**:

- produzione di ATP (fibre ossidative, glicolitiche)
- velocità di accorciamento (fibre lente, veloci, rapide)

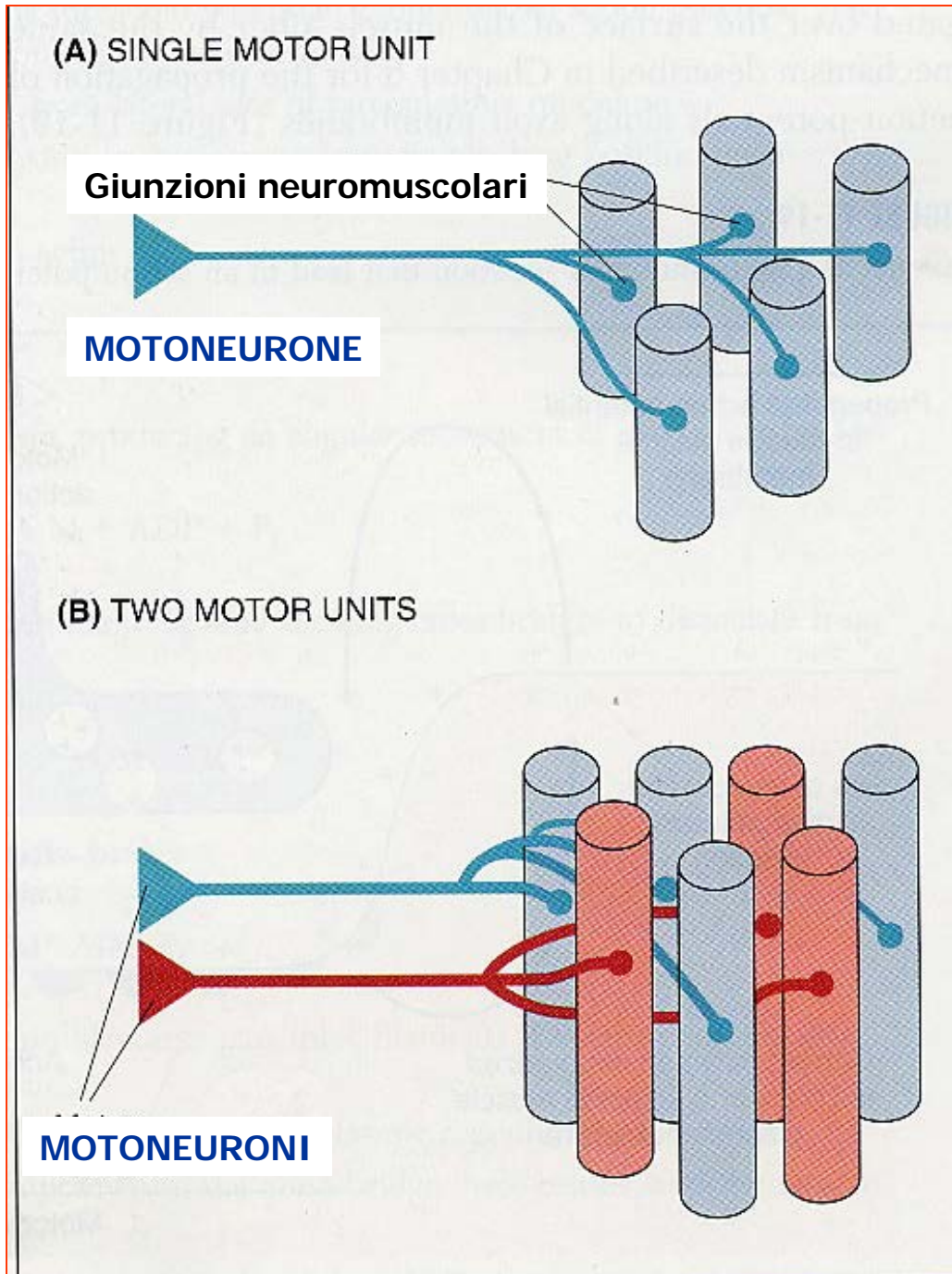
▪ **lente ossidative**: piccole, molti capillari, tanta mioglobina, rosse, ricche di mitocondri, specializzate nella fosforilazione ossidativa, affaticamento lento, **sviluppano meno forza**. Ne esistono due tipi: a contrazione **lenta** e **veloce**

▪ **veloci glicolitiche**: grandi, pochi capillari, alta capacità glicolitica, bianche, scorta di glicogeno, poca mioglobina, affaticamento rapido, **sviluppano forza maggiore**. Esiste un tipo solo: a contrazione **rapida**

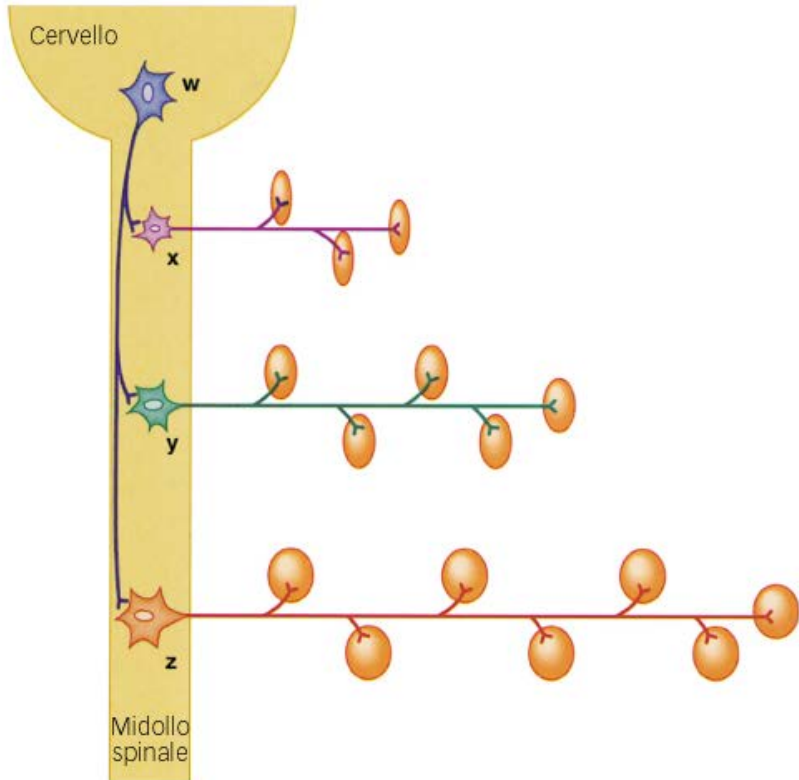
# AFFATICAMENTO DELLE FIBRE MUSCOLARI SCHELETRICHE



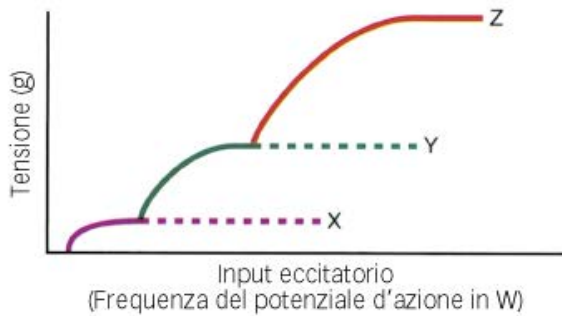
- **Unità motrice**



L'unità motrice è formata dal motoneurone e dalle tutte le cellule muscolari che esso innerva



(a)



(b)

L'unità motrice è formata dal motoneurone e dalle tutte le cellule muscolari che esso innerva

Il reclutamento delle fibre segue il principio della dimensione