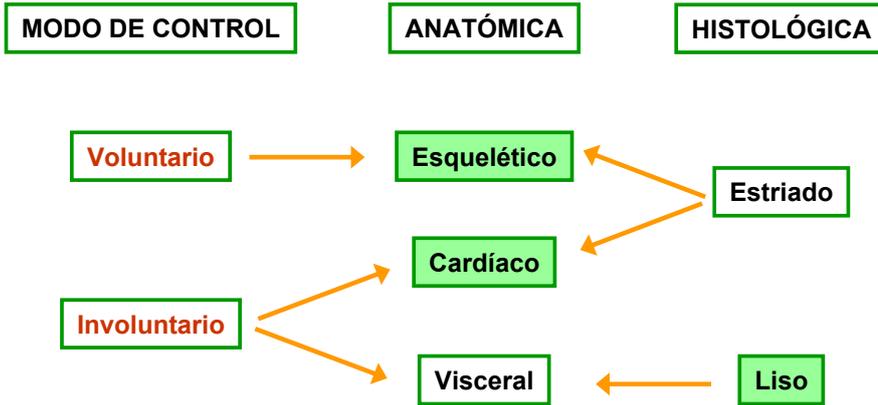


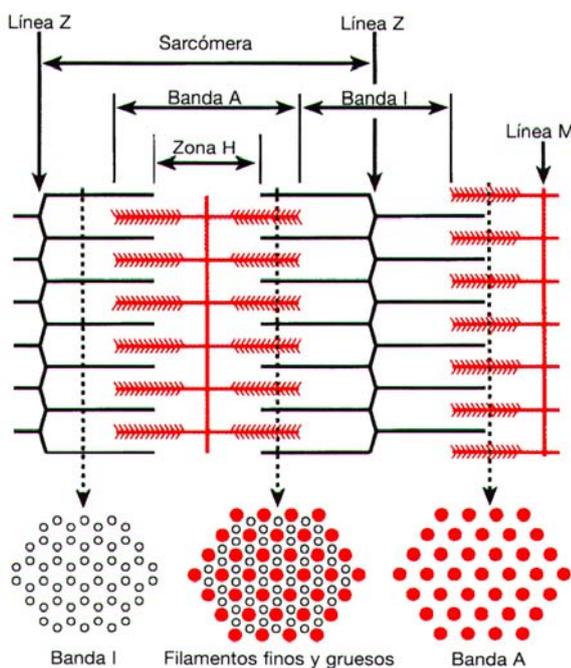
Clasificación del músculo



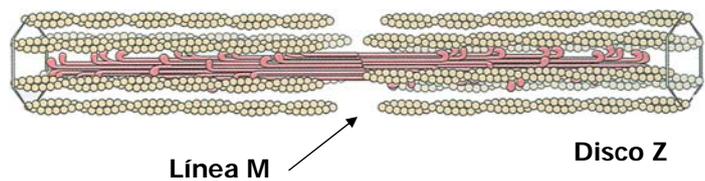
Propiedades básicas del músculo

- ❖ Transforma la **energía química** en **energía mecánica** por medio de dos proteínas: **Actina** y **miosina**.
- ❖ Estas dos proteínas se agregan formando filamentos finos (actina) o gruesos (miosina).
- ❖ El deslizamiento de los filamentos finos sobre los gruesos genera energía mecánica.
- ❖ Las células musculares controlan su actividad variando la concentración de calcio intracelular.

ULTRAESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DE LOS SARCÓMEROS

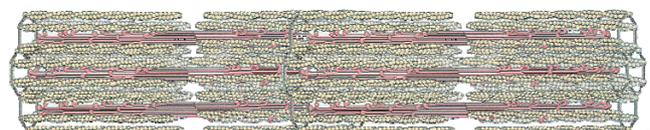


Cada filamento grueso está rodeado en sus extremos por seis filamentos delgados para formar un **sarcómero**

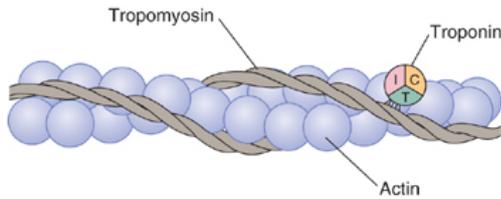


Los sarcómeros se agrupan

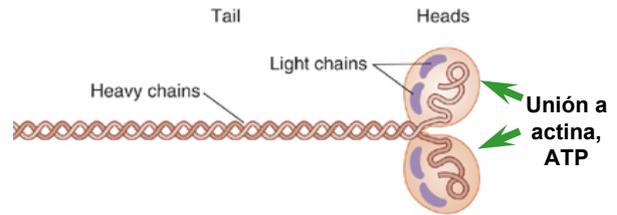
- en **paralelo** en perfecto registro
- en **serie**, unidos por los discos Z



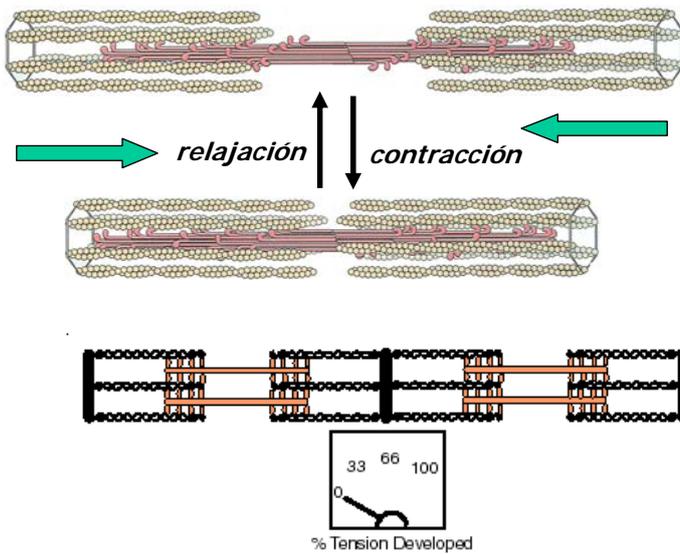
Filamentos finos: Actina, troponina, tropomiosina



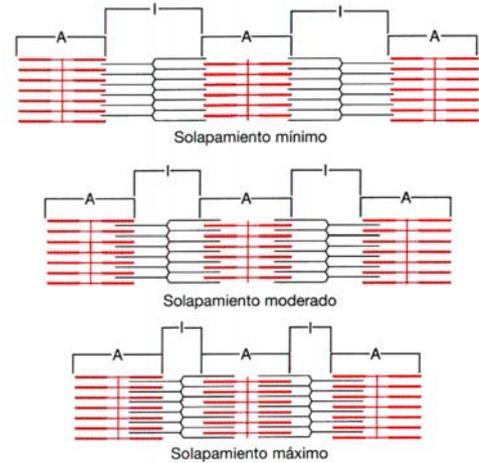
Filamentos gruesos: miosina



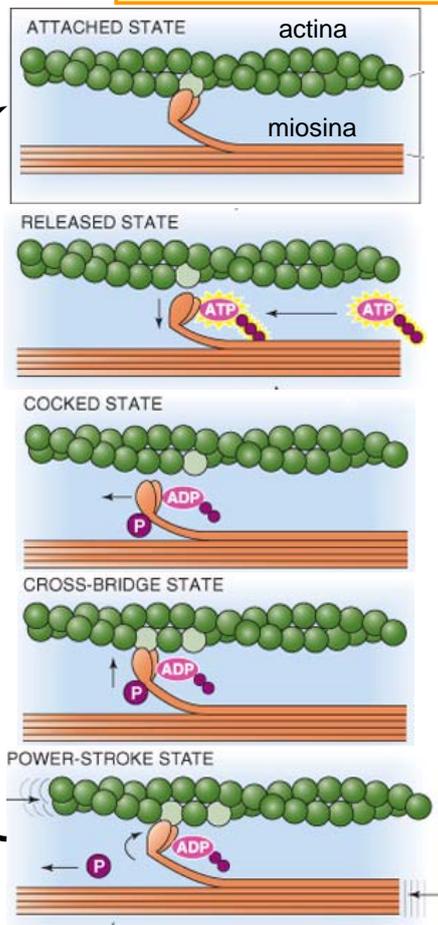
MECANISMO MOLECULAR DE LA CONTRACCIÓN: LA TEORÍA DEL DESLIZAMIENTO



La contracción tiene lugar por el deslizamiento de los filamentos finos sobre los gruesos

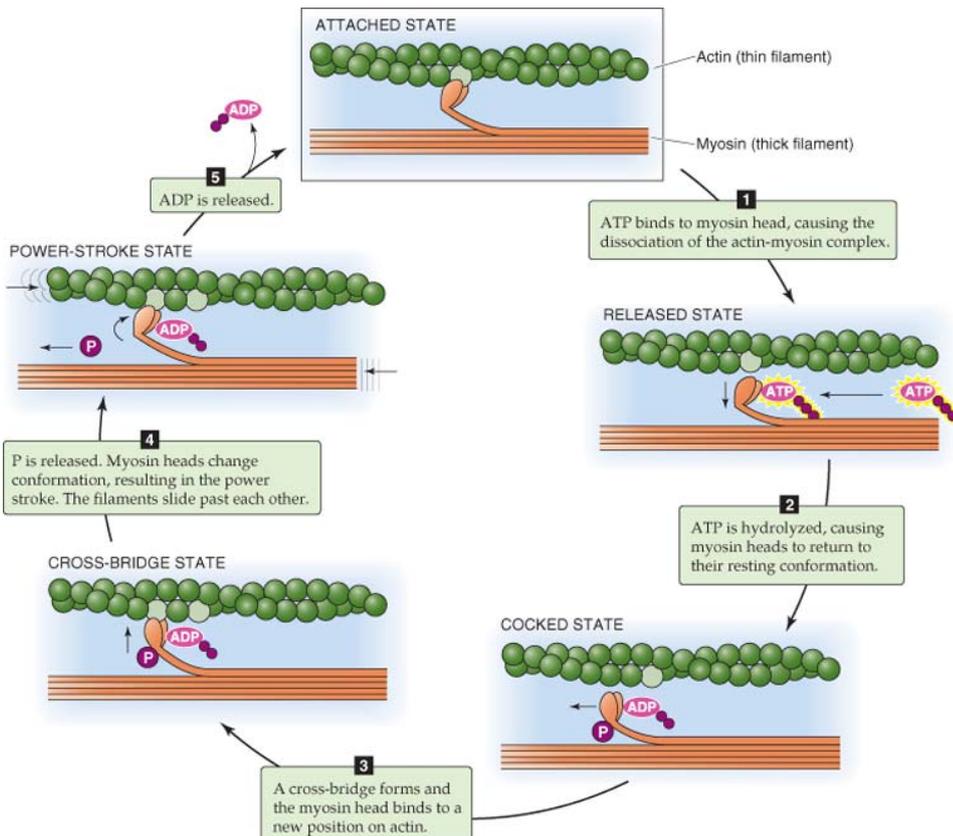


EL CICLO DE LOS PUENTES CRUZADOS



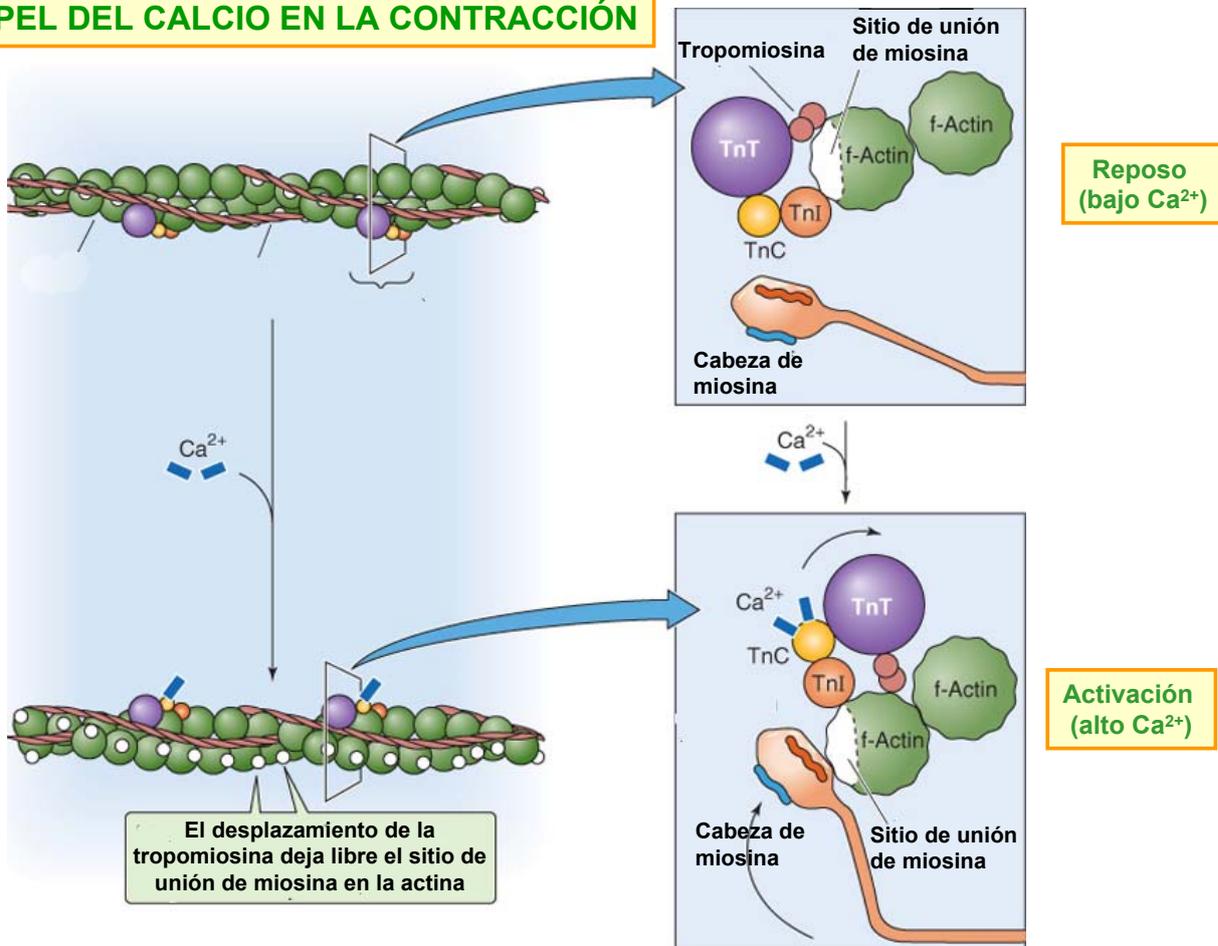
ACONTECIMIENTOS	ATP/ADP
<ul style="list-style-type: none"> •Rigor mortis •La miosina está unida a actina 	Sin nucleótidos unidos
<ul style="list-style-type: none"> •La miosina une ATP •Disminuye afinidad de miosina por actina •Liberación de miosina 	ATP unido
<ul style="list-style-type: none"> •Hidrólisis del ATP •Cambio conformacional •Estado "amartillado" o "cargado" 	ATP → ADP+Pi ADP+Pi unido
<ul style="list-style-type: none"> •La cabeza de miosina se une a la actina en otra molécula 	ADP+Pi unido
<ul style="list-style-type: none"> • "Golpe de potencia", el filamento de actina se desliza Se liberan el Pi y el ADP de forma secuencial 	ADP unido

EL CICLO DE LOS PUENTES CRUZADOS



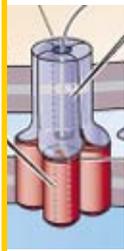
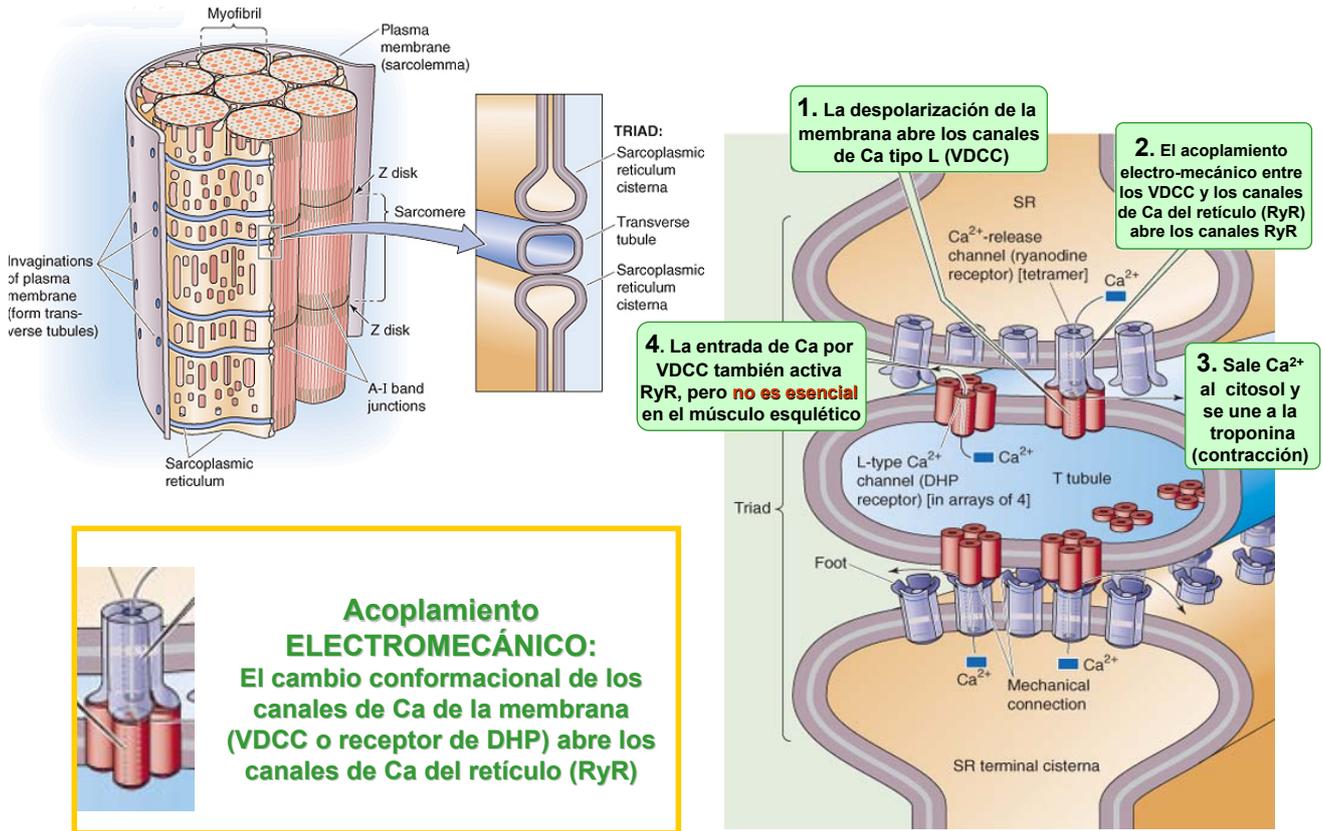
Boron & Boulpaep: Medical Physiology, 2nd Edition.
Copyright © 2009 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

PAPEL DEL CALCIO EN LA CONTRACCIÓN



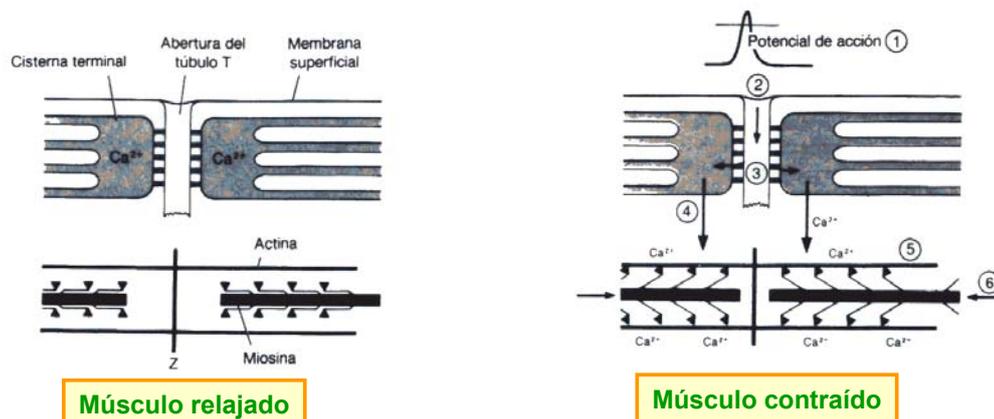
ACOPLAMIENTO EXCITACIÓN-CONTRACCIÓN

El papel de la Triada en la propagación del PA



Acoplamiento ELECTROMECÁNICO:
El cambio conformacional de los canales de Ca de la membrana (VDCC o receptor de DHP) abre los canales de Ca del retículo (RyR)

SECUENCIA DE EVENTOS DURANTE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR



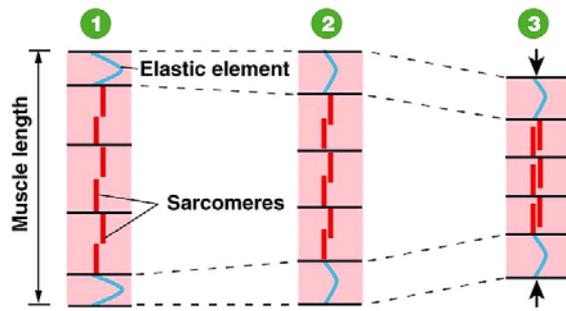
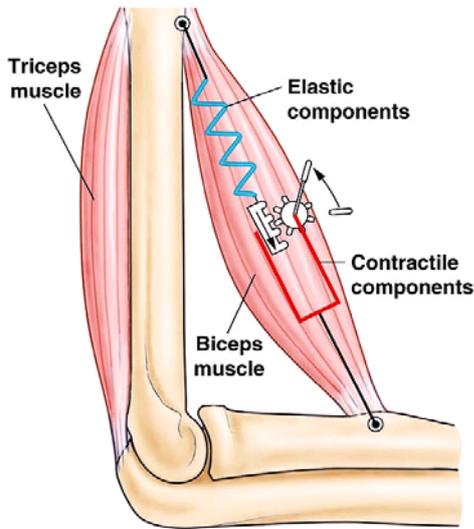
Músculo relajado

Músculo contraído

1. Llegada del PA y despolarización de la membrana
2. El PA se conduce a lo largo de los túbulos T
3. Se activan canales de Ca VD y esta activación se transmite al retículo
4. Apertura de canales de Ca del retículo y aumento del Ca citoplásmico
5. Unión del Ca a la troponina, desplazamiento de la tropomiosina e interacción actina-miosina
6. Ciclo de los puentes cruzados, hidrólisis del ATP unido a miosina y deslizamiento
7. El ADP se separa del complejo A-M y se une una nueva molécula de ATP
8. El proceso se repite mientras haya ATP y altos niveles de Ca
9. La ATPasa del retículo retira el Ca del sarcoplasma, con lo que baja el Ca sarcoplásmico y se produce la relajación

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CONTRACCIÓN

Schematic of the series elastic elements



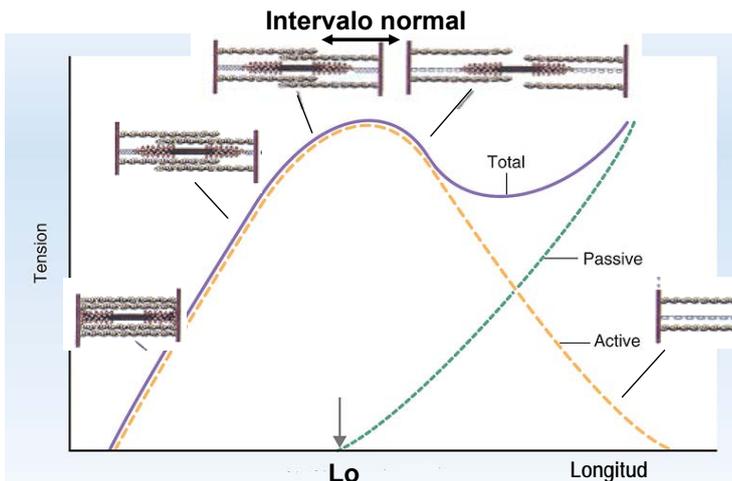
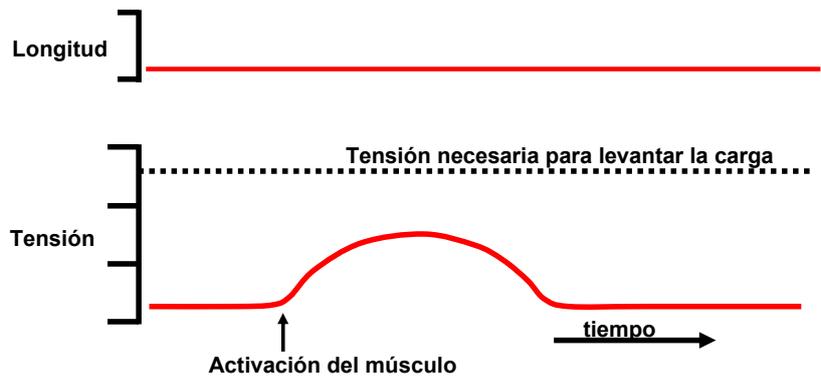
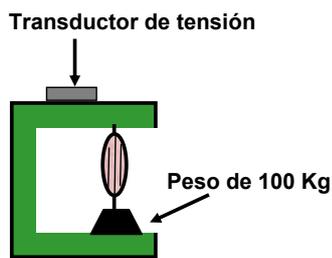
- | | |
|---|--|
| 1 | Musculo en reposo |
| 2 | Isometric contraction: El acortamiento del sarcómero se compensa con el estiramiento de los elementos elásticos. El músculo se mueve frente a una carga mayor que la fuerza máxima que desarrolla |
| 3 | Isotonic contraction: El sarcómero se acorta junto con los elementos elásticos. El músculo se acorta a una tensión constante e igual a la carga |

Elementos a considerar:

- 1. La longitud → ISOTÓNICA
- 2. El tiempo → ISOMÉTRICA
- 3. La tensión → ISOMÉTRICA

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CONTRACCIÓN

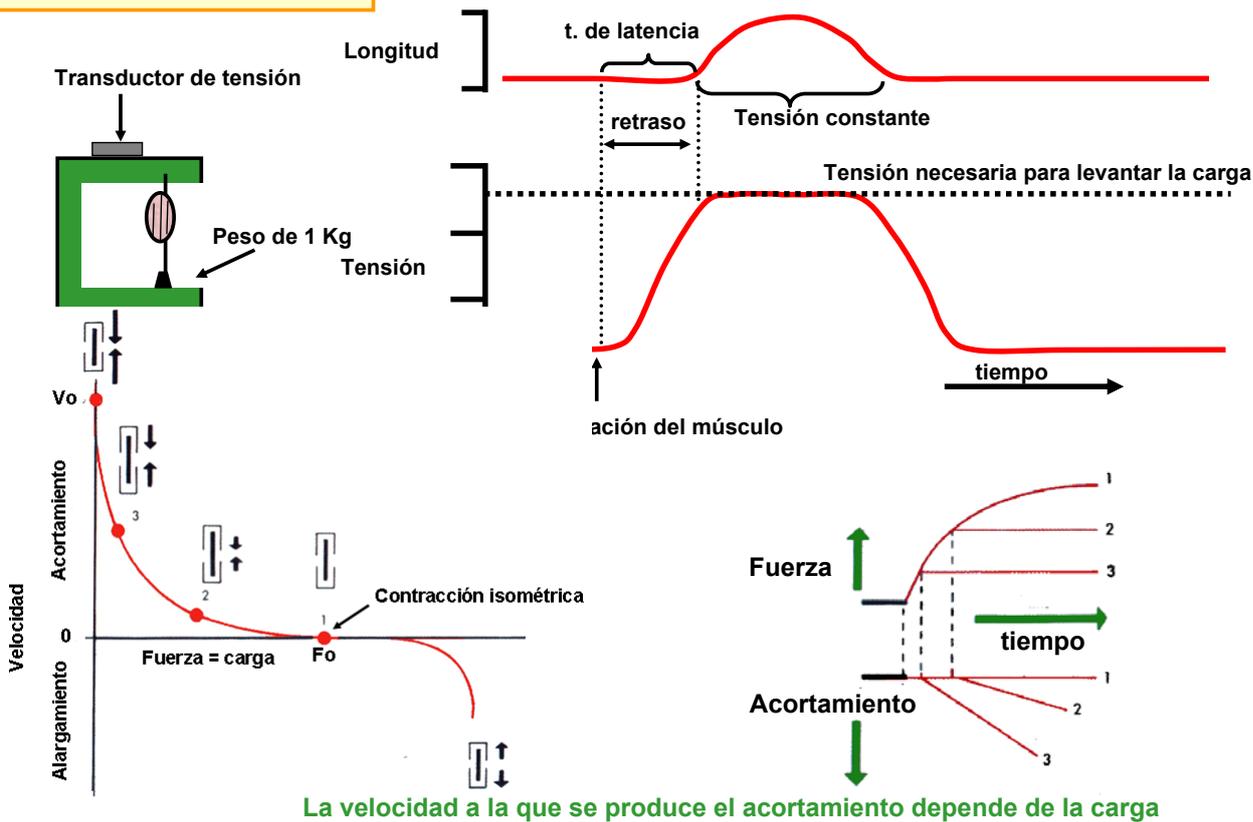
Contracción isométrica



La tensión que desarrolla el músculo depende de su longitud inicial:
RELACIÓN TENSIÓN-LONGITUD

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CONTRACCIÓN

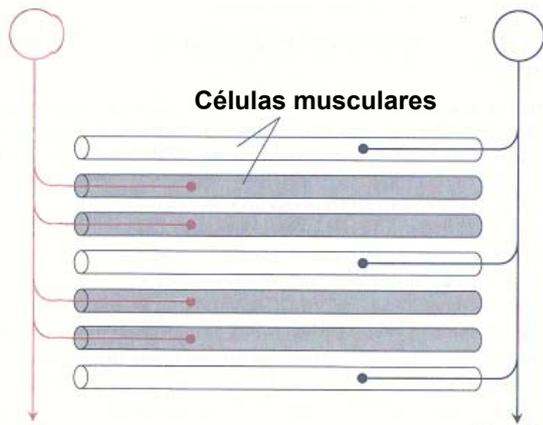
Contracción isotónica



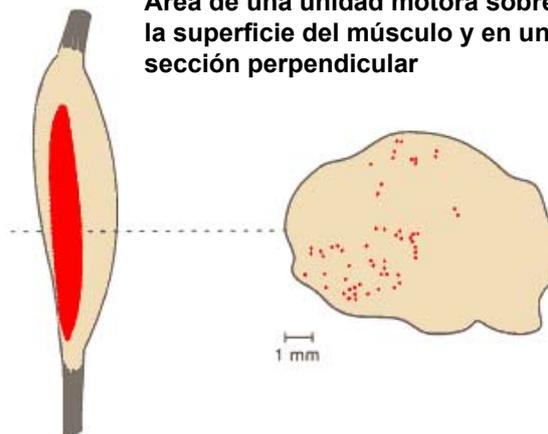
LA UNIDAD MOTORA

Motoneurona 1

Motoneurona 2



Área de una unidad motora sobre la superficie del músculo y en una sección perpendicular



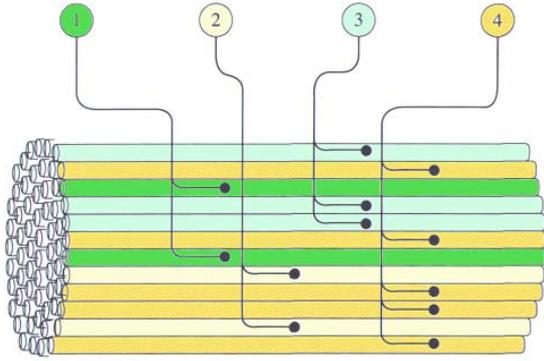
TIPOS DE UNIDADES MOTORAS:

- Rápidas
- Lentos

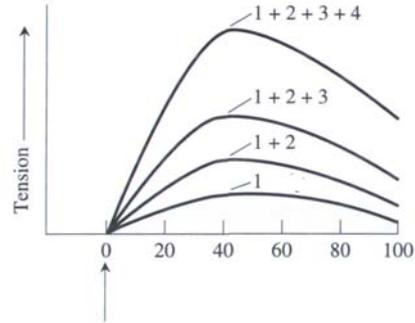
	Rápidas	Lentas
Fibras musculares	Miosina de alta actividad ATPasa	Miosina de baja actividad ATPasa
Nervio motor	Alta velocidad de conducción	Baja velocidad de conducción
Rel de inervación	Alta (grandes)	Baja (pequeñas)

REGULACIÓN DE LA FUERZA DE CONTRACCIÓN

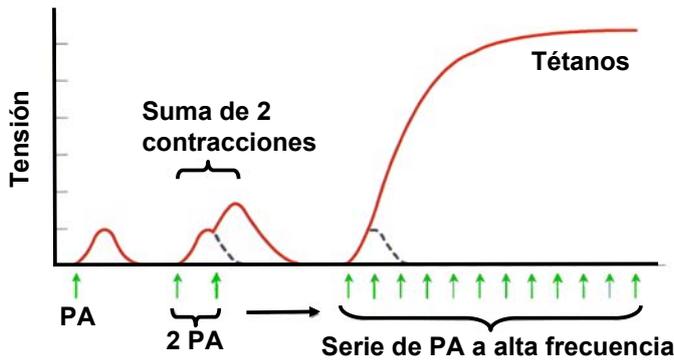
1. Reclutamiento de unidades motoras



El principio del tamaño: Orden de reclutamiento fijo, en función del tamaño de la unidad motora



2. La longitud inicial del músculo

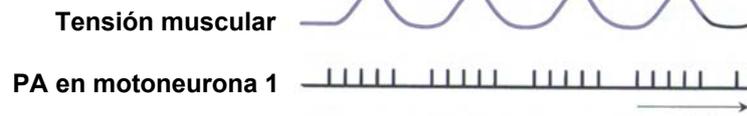


3. La frecuencia de estimulación

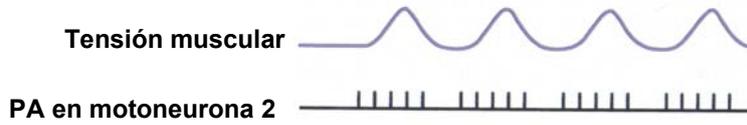
La frecuencia tetánica está en torno a 20 i/s en las fibras lentas y a 100 i/s en las rápidas

EL MANTENIMIENTO DE LA TENSIÓN MUSCULAR

motoneurona 1



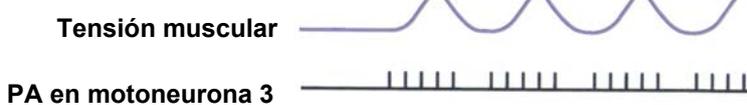
motoneurona 2



Suma de la tensión muscular en 1 y 2



motoneurona 3



Suma de la tensión muscular en 1, 2 y 3



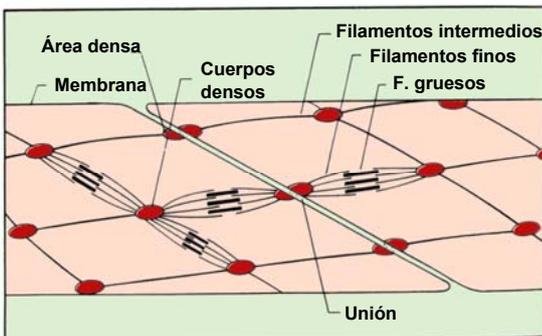
DIFERENCIAS ENTRE FIBRAS RÁPIDAS Y LENTAS

CARACTERÍSTICAS CONTRÁCTILES	FIBRAS LENTAS (OXIDATIVAS)	FIBRAS RÁPIDAS (GLUCOLÍTICAS)
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida
Actividad ATPasa (miosina)	Baja	Alta
Duración de la contracción	Larga	Corta
Vel. de relajación (secuestro de Ca^{2+})	Lenta	Rápida

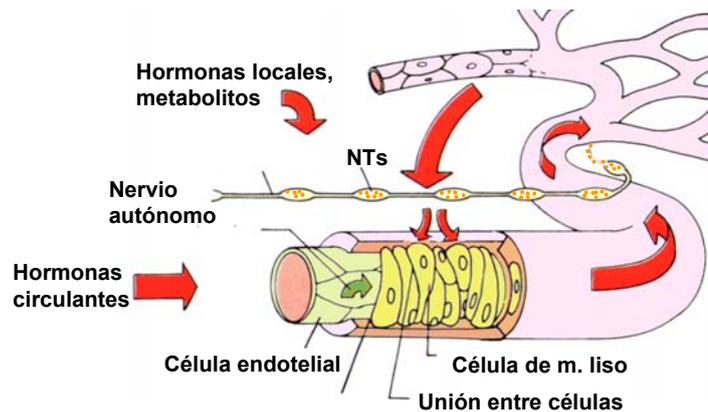
CARACTERÍSTICAS METABÓLICAS	FIBRAS LENTAS (OXIDATIVAS)	FIBRAS RÁPIDAS (GLUCOLÍTICAS)
Tasa de consumo de ATP	Baja	Alta
Capacidad glucolítica	Baja	Alta
Capacidad oxidativa, nº de mitocondrias	Alto	Bajo
Contenido en mioglobina	Alto (fibras rojas)	Bajo (fibras blancas)
Contenido en glucógeno	Bajo	Alto
Vascularización	Abundante	Escasa
Diámetro de la fibra	Pequeño	Grande
Tamaño de la unidad motora	Pequeño	Grande
Orden de reclutamiento	Temprano	Tardío

MÚSCULO LISO

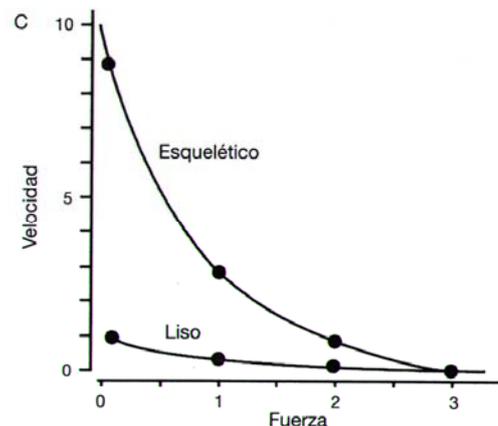
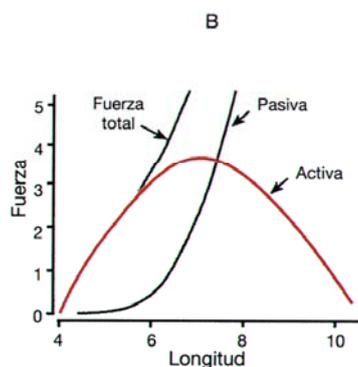
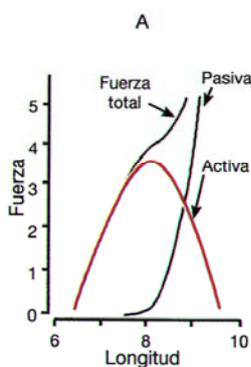
ESTRUCTURA



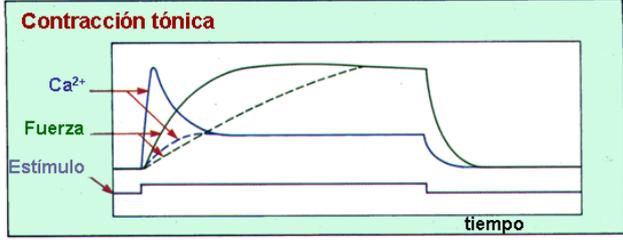
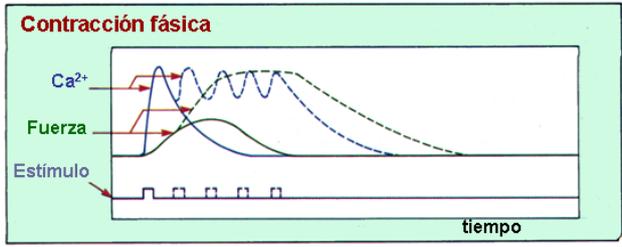
REGULACIÓN



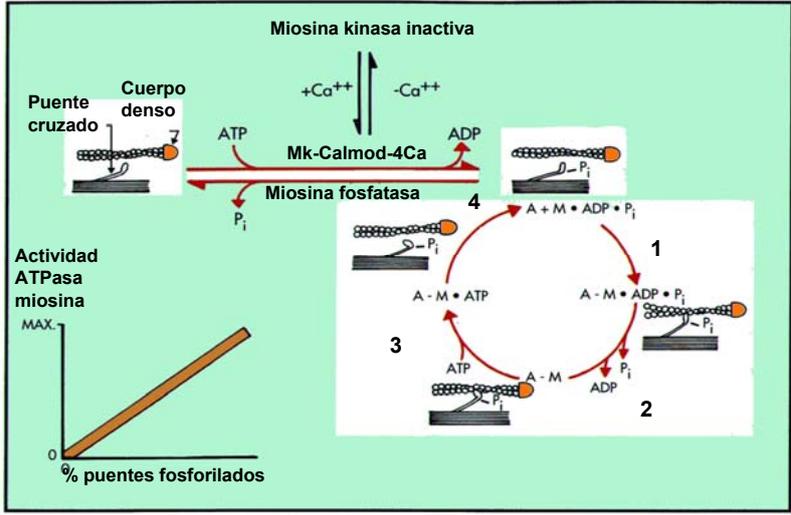
MECANISMO DE CONTRACCIÓN



PATRONES DE MOVILIZACIÓN DEL Ca^{2+} EN EL M. LISO

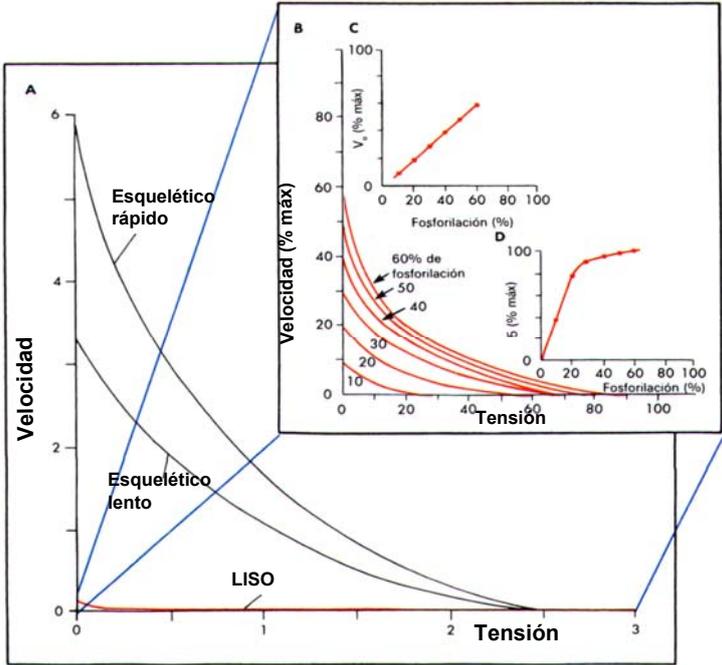


EL CICLO DE LOS PUENTES CRUZADOS EN EL MÚSCULO LISO

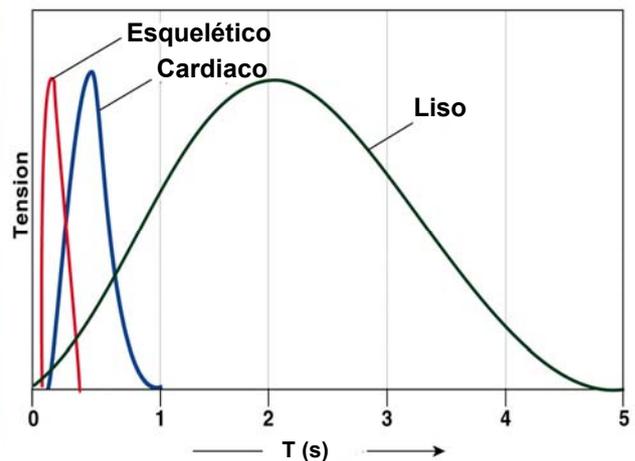
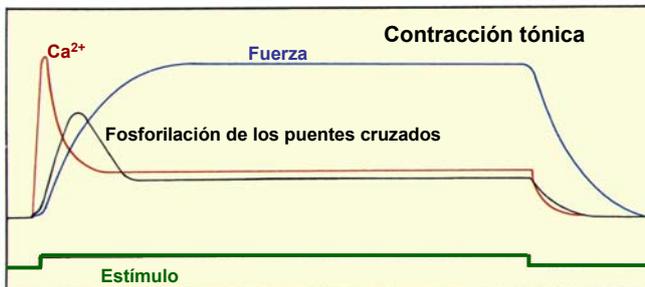
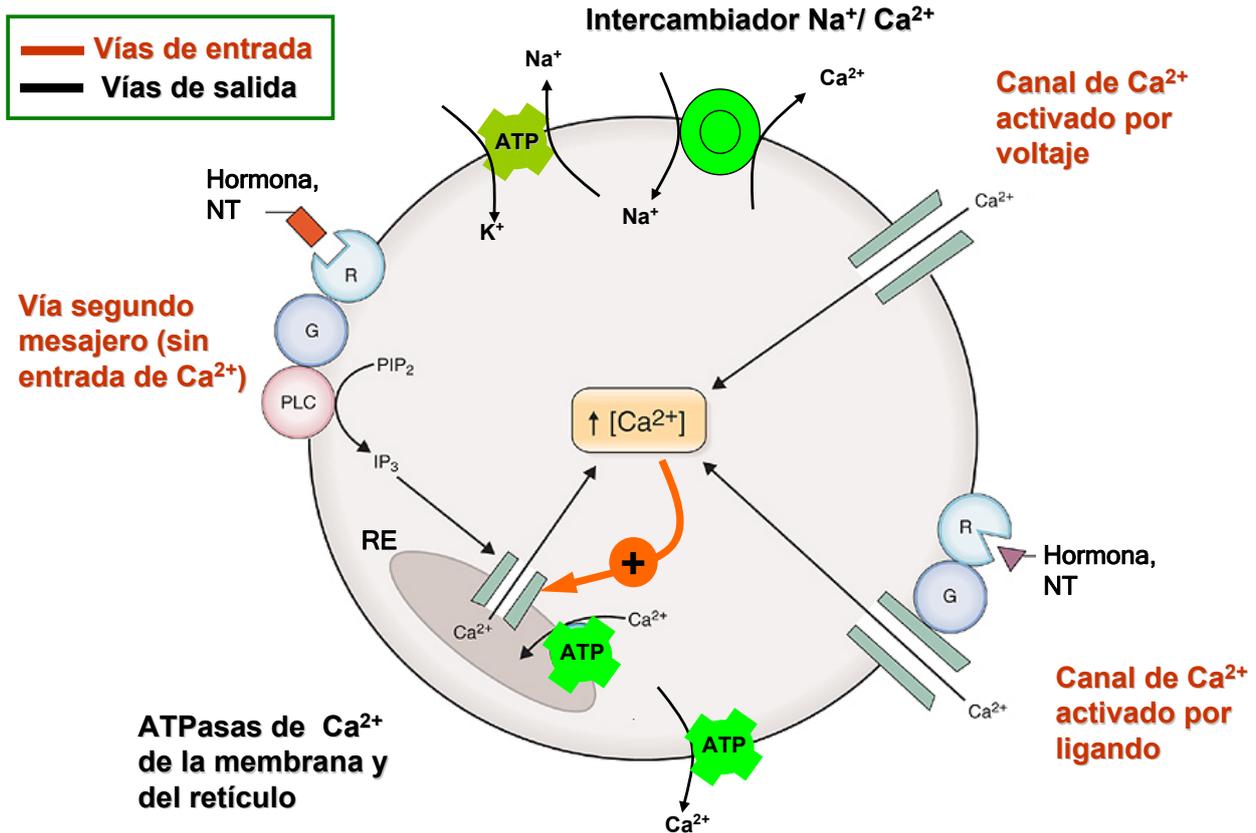


REGULACIÓN DEL CICLO DE LOS PUENTES CRUZADOS EN EL M. LISO

Efecto de la fosforilación sobre la velocidad del ciclo de los puentes cruzados en el m. liso



REGULACIÓN DEL CALCIO EN EL MUSCULO LISO



La complejidad de la regulación de los niveles de Ca²⁺ en el músculo liso explica algunas peculiaridades de su función:

- 1) La contracción se puede inducir por **estímulos eléctricos** (PAs o potenciales lentos), por **hormonas** y por **fármacos**.
- 2) El Ca²⁺ liberado por el retículo es la señal que inicia la contracción tanto tónica como fásica.
- 3) La variación en la [Ca²⁺] produce **cambios en la velocidad de contracción**, pero no en la fuerza máxima que el músculo es capaz de desarrollar.