



## **Funciones motoras de la médula espinal: los reflejos medulares**

## Funciones motoras de la médula espinal: los reflejos medulares

El cerebro hace llegar ordenes a la medula espinal para poner en acción el proceso de la marcha.

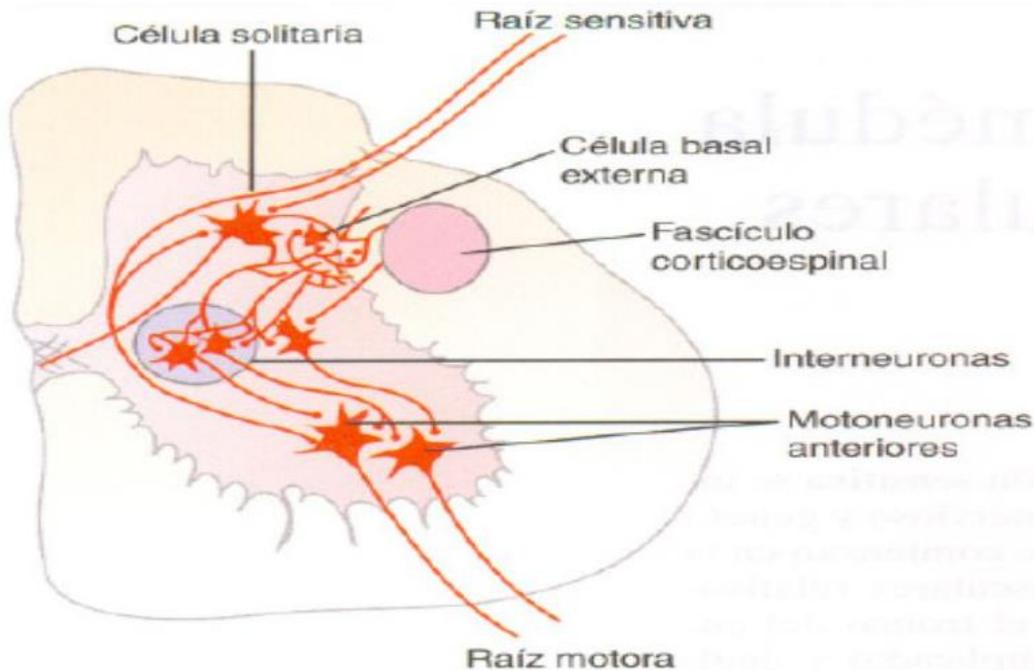
También envía instrucciones para controlar las actividades musculares secuenciales.

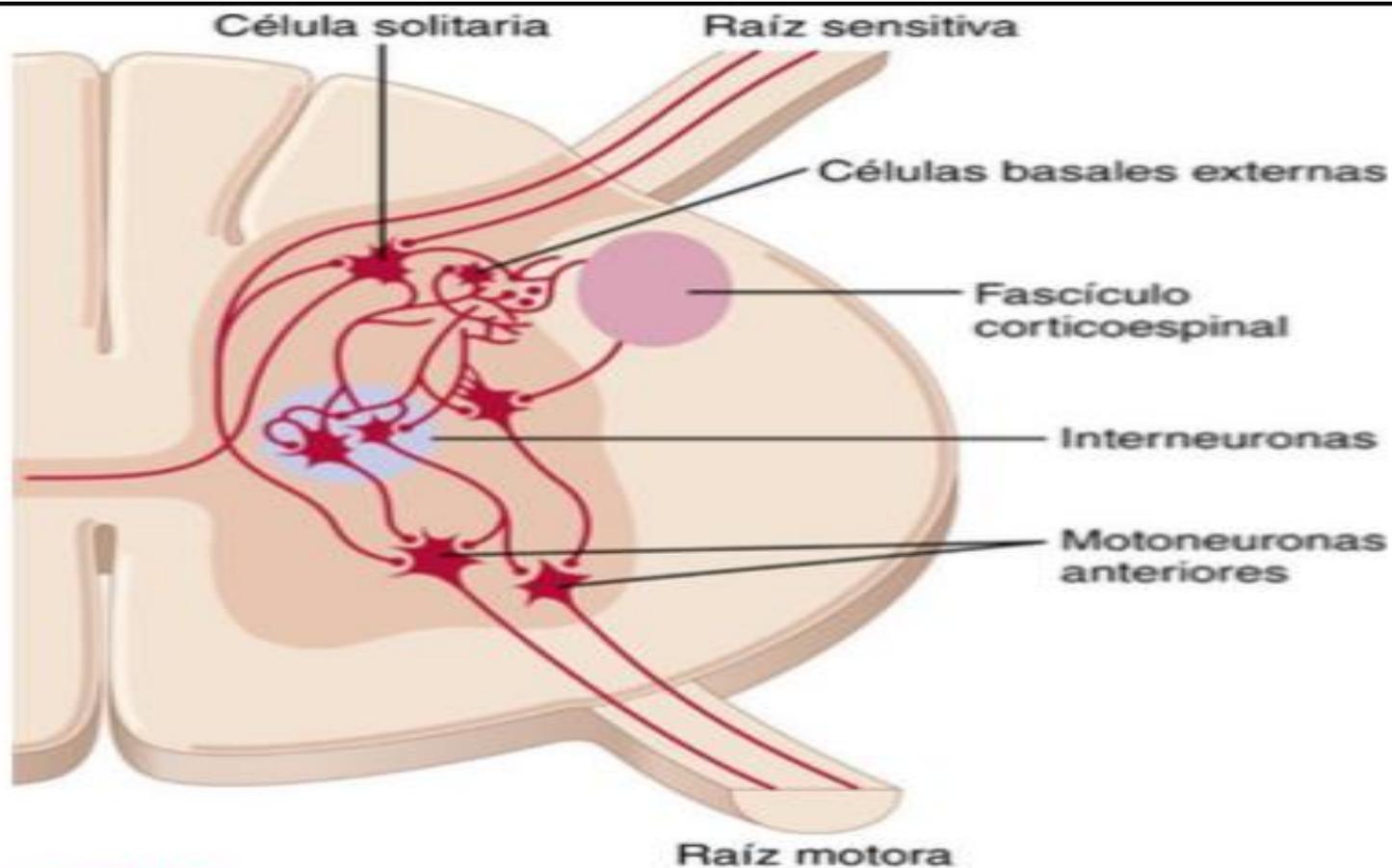


## Organización de la médula espinal para las funciones motoras

Sustancia gris > Zona de integración para los reflejos medulares

Las señales sensitivas penetran en ella por las raíces sensitivas, también conocidas como raíces posteriores o dorsales.





**FIGURA 55-1** Conexiones de las fibras sensitivas periféricas y las fibras corticoespiniales con las interneuronas y las motoneuronas anteriores de la médula espinal.

Raíz sensitiva 2 distintas

- Porción inmediata de la SG > Reflejos locales
- Transmite hacia niveles altos del SN: Tallo cerebral

cerebral

altos del SN: Tallo

- Transmite hacia niveles

Los segmentos medulares contienen millones de neuronas en su SG: sensitivas, motoneuronas anteriores e interneuronas

e interneuronas

motoneuronas anteriores

su SG: sensitivas

## Motoneuronas anteriores

- Astas anteriores
- Mayor tamaño
- Inervan directamente a las fibras del músculos esqueléticos

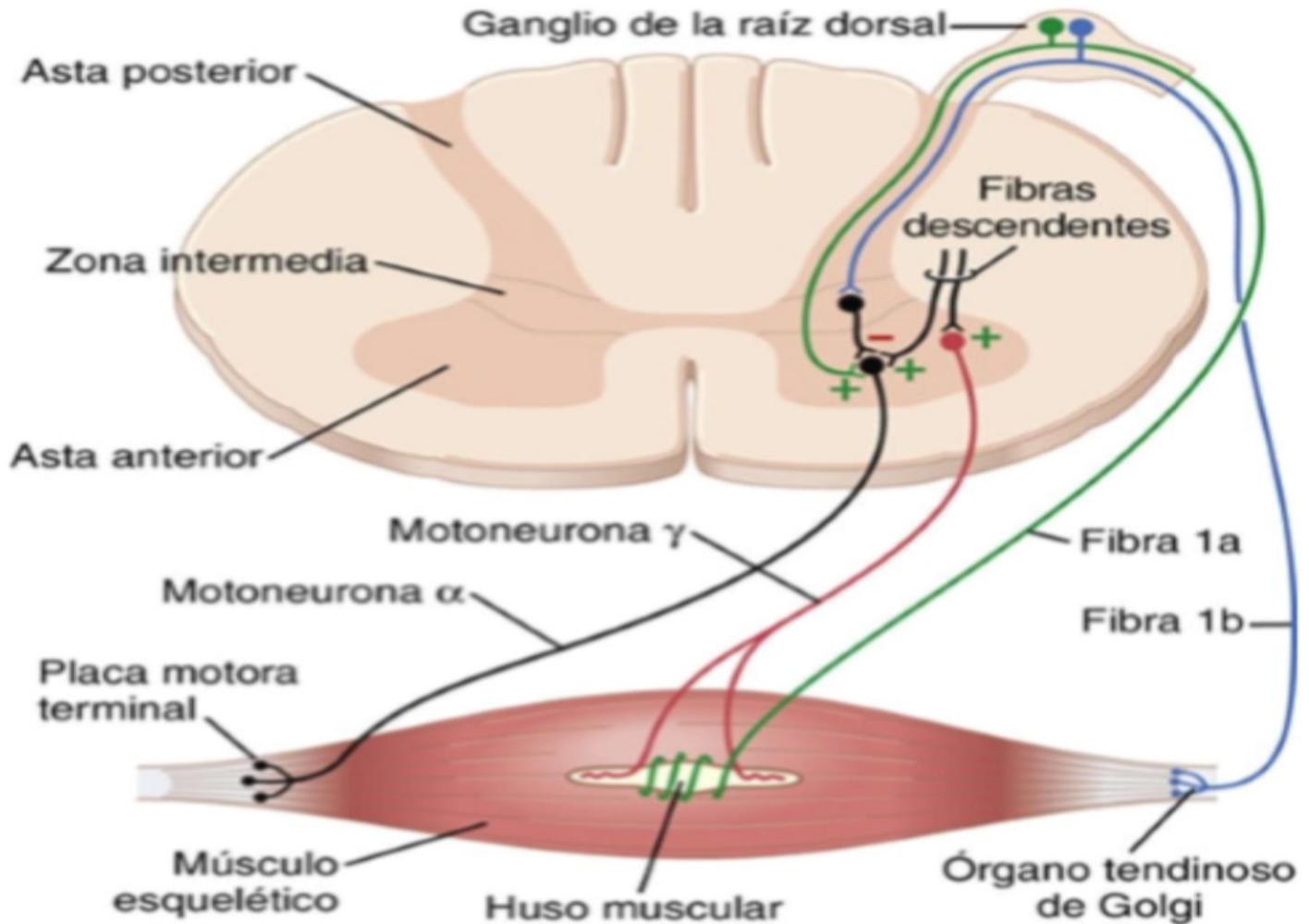
### Tipos

#### Motoneuronas gamma

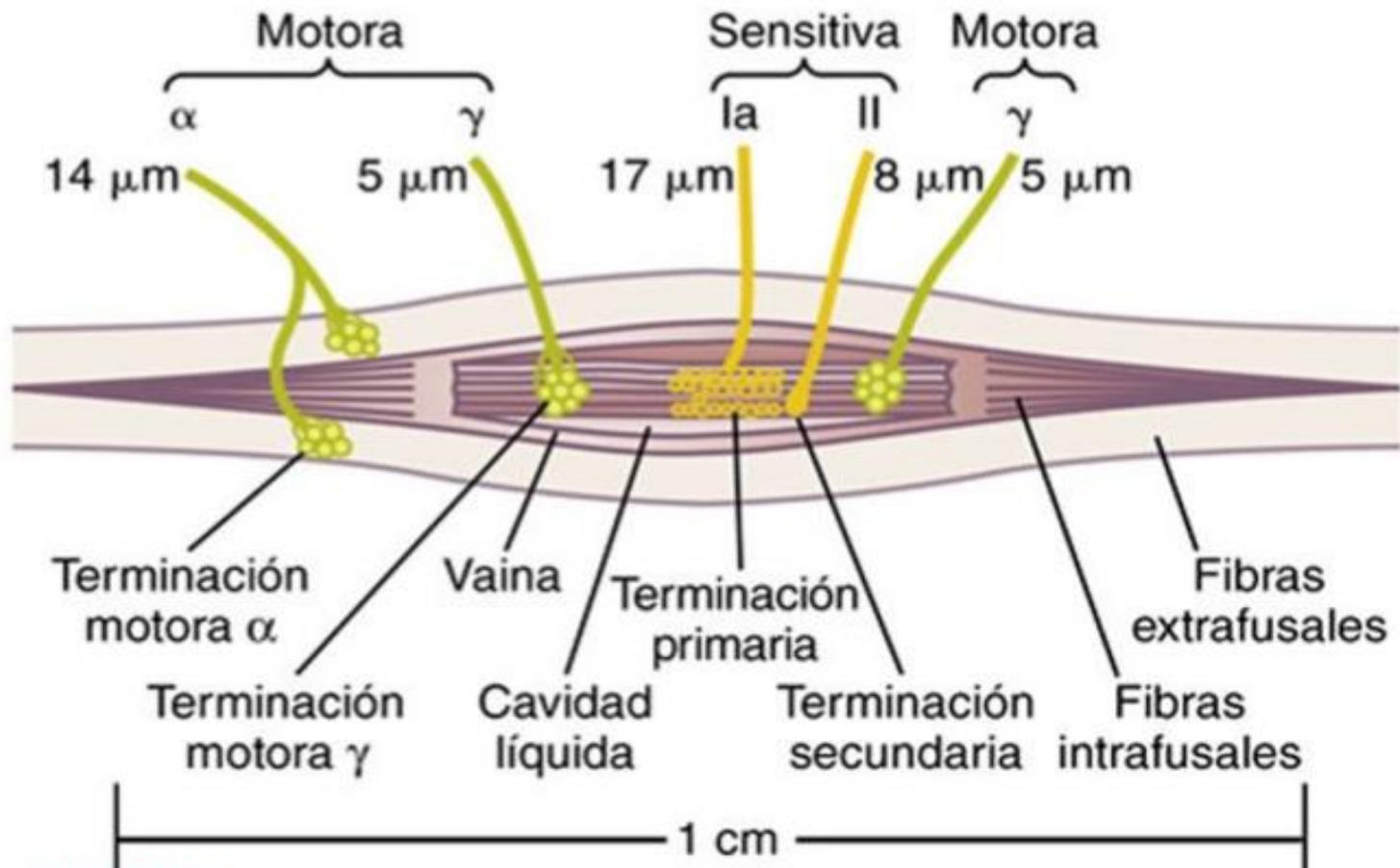
- Mas pequeñas
- Menor cantidad
- Fibras tipo  $A\gamma$
- Dirigidas hacia fibras del musculo esquelético > **“fibras intrafusales”**, ocupan el centro del huso muscular > control del **“tono básico del musculo”**

#### Motoneuronas alfa

- Fibras tipo  $A\alpha$
- Se ramifican en su trayecto
- Inervan grandes fibras musculares
- Una sola excita de 3 a cientos de fibras musculares (**unidad motora**).



**FIGURA 55-2** Fibras sensoriales periféricas y motoneuronas anteriores que inervan el músculo esquelético.



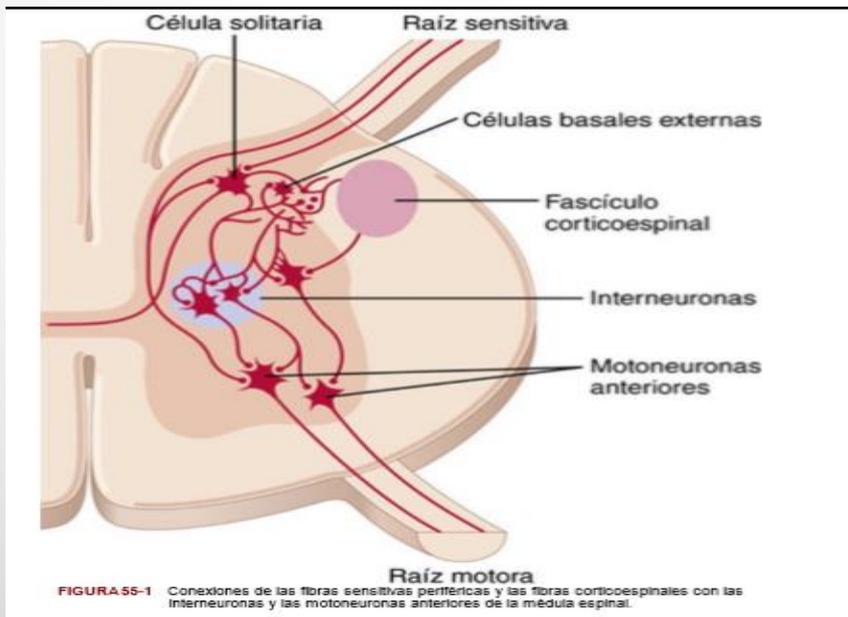
**FIGURA 55-3** Huso muscular, en el que se muestra su relación con las grandes fibras musculares esqueléticas extrafusales. Obsérvese también la inervación motora y sensitiva del huso muscular.

esqueléticas extrafusales. Obsérvese también la inervación motora y sensitiva del huso muscular.

**FIGURA 55-3** Huso muscular, en el que se muestra su relación con las grandes fibras musculares

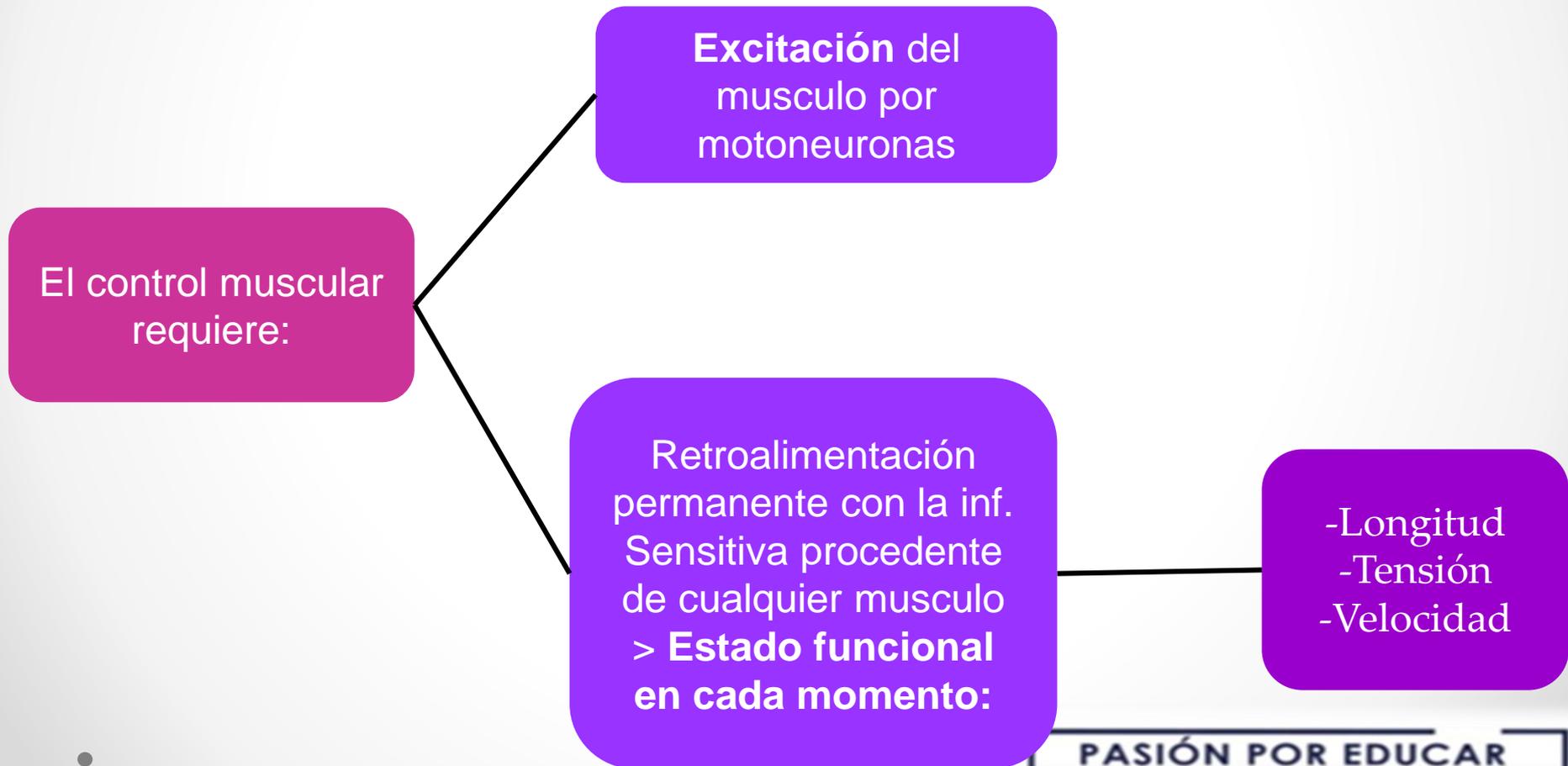
1 cm

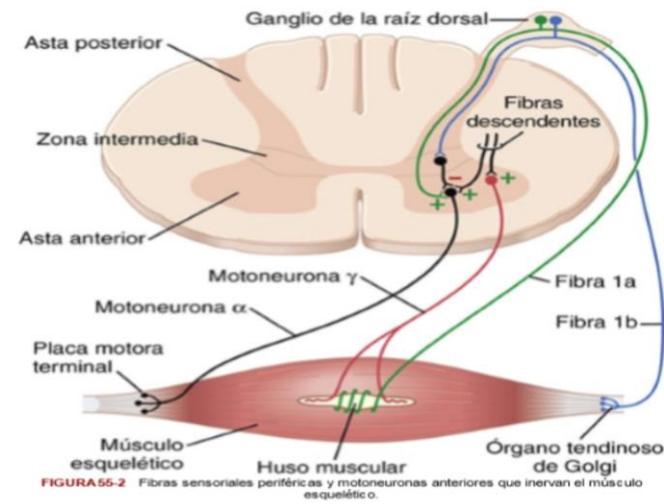
## Interneuronas



- En todas las regiones de la SG
  - 30 veces mas numerosas que las motoneuronas
- Naturaleza excitable > espontanea
- Interconexiones
- Sinapsis directa con las motoneuronas > integración
- Información sensitiva pasa a las interneuronas para ser procesada.

# Receptores sensitivos musculares (husos musculares y órganos tendinosos de Golgi) y sus funciones en el control muscular

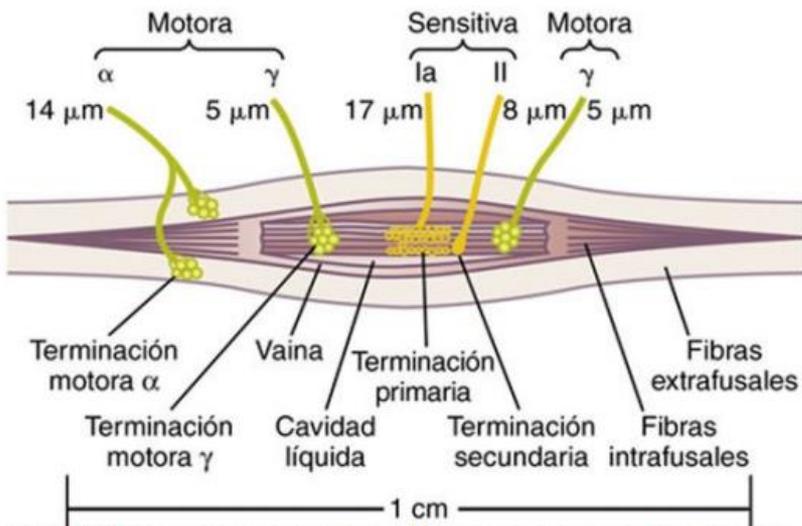




Músculos y tendones reciben innervación abundante por receptores:

- **1. Husos musculares:** vientre muscular, envían inf. al SN sobre la “Longitud” del musculo o la “Velocidad” con que varia
- **2. Organos tendinosos de Golgi:** localizados en tendones y trasmiten inf. Sobre la “Tensión” tendinosa o su ritmo de cambio

Estos receptores operan a nivel subconsciente y la transmiten a M.E, Cerebelo, y C.C. constituyendo a la intervención del control de la contracción muscular



**FIGURA 55-3** Huso muscular, en el que se muestra su relación con las grandes fibras musculares esqueléticas extrafusales. Obsérvese también la inervación motora y sensitiva del huso muscular.

El área equidistante de los extremos de la **fibras intrafusales** contiene pocos filamentos de actina y miosina > **No se contrae** cuando los hacen sus extremos. Las proporciones finales que se atraen se excitan por fibras motoras gamma.

**Función receptora del huso muscular**

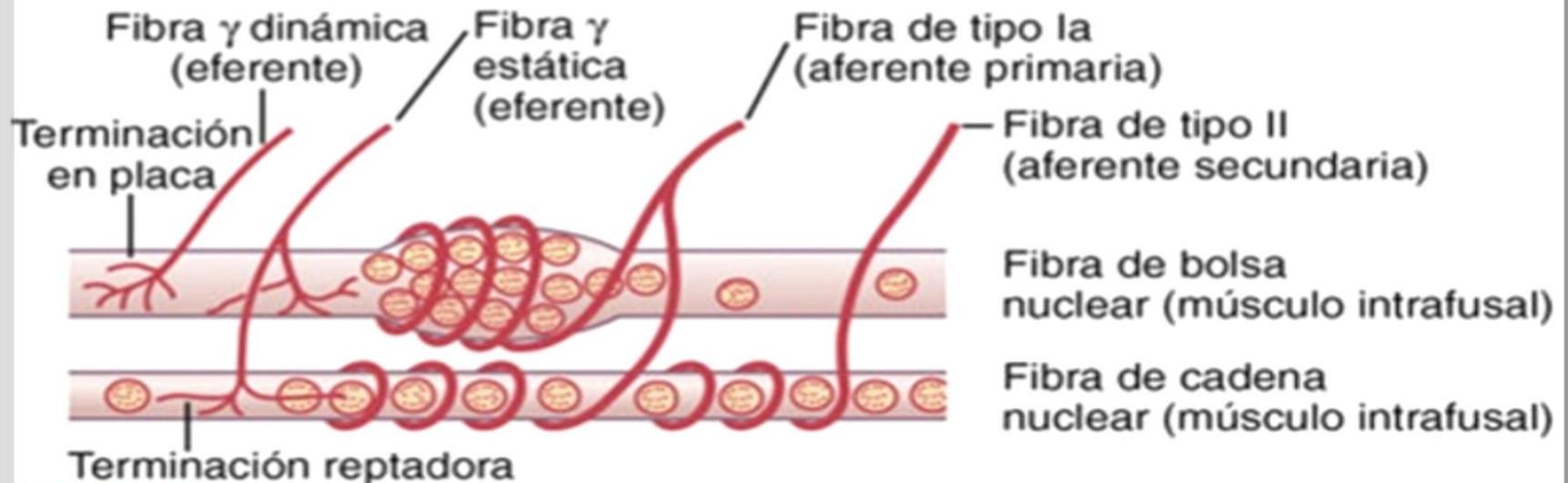
-Dispuesto alrededor de 3-12 fibras intrafusales

-Extremo terminal de las fibras intrafusales se fija al glucocaliz de las fibras extrafusales

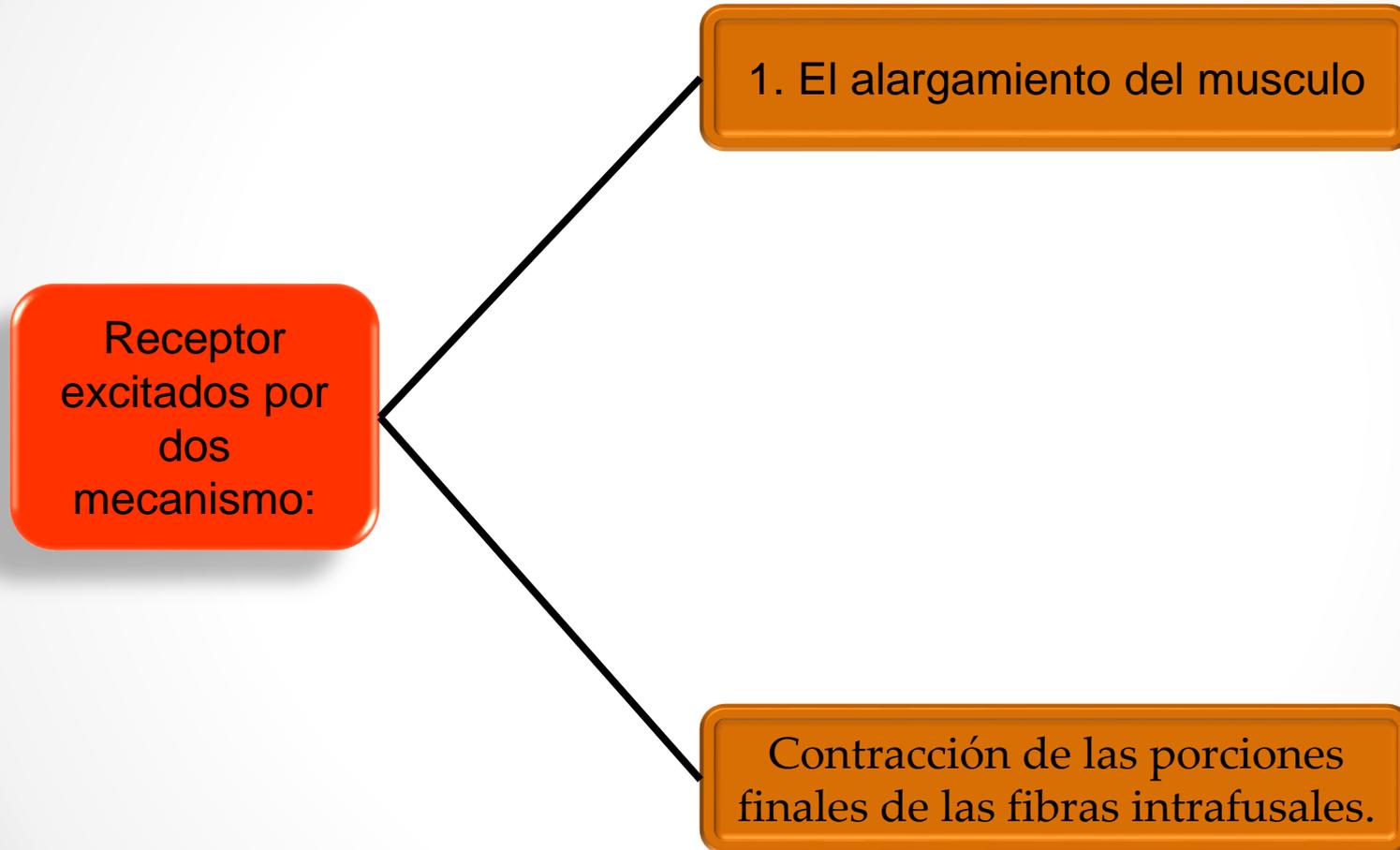
## Inervación sensitiva del huso muscular

Receptor > Centro, carece de elementos contráctiles.

En esta región nacen las fibras sensitivas y se estimulan por el estiramiento de la porción intermedia del huso.



**FIGURA 55-4** Detalles de las conexiones nerviosas existentes desde las fibras de bolsa y de cadena nuclear en el huso muscular. (Modificado de Stein RB: *Peripheral control of movement*. *Physiol Rev* 54:225, 1974.)



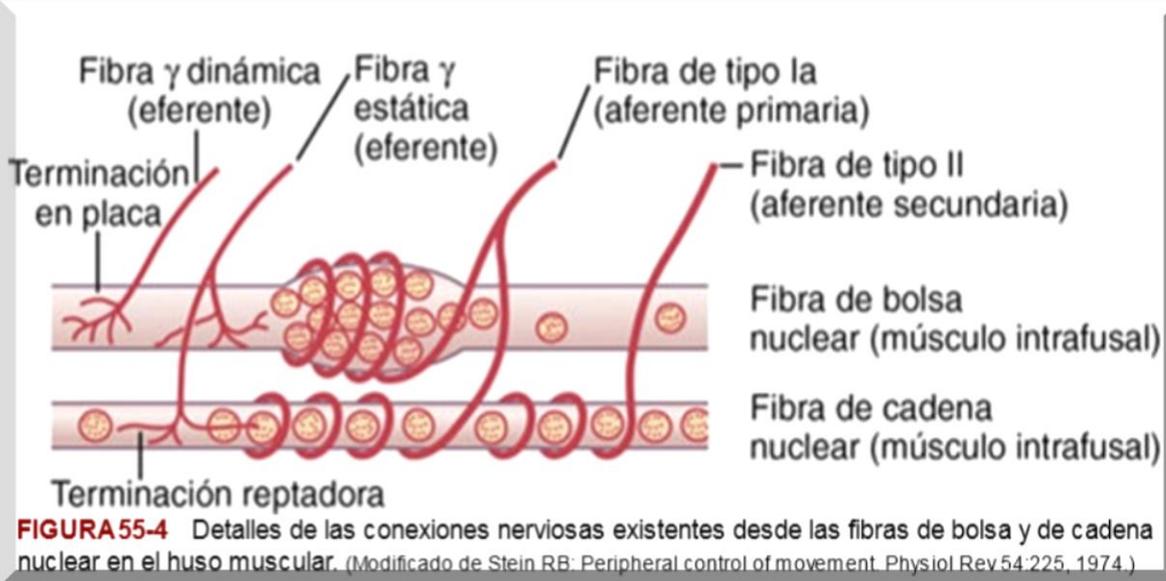
Existen 2 tipos de terminaciones sensitivas en la porción central:

**Terminación aferente primaria:**

“terminación anuloespinal”, gran fibra nerviosa que rodea la porción central de cada fibra intrafusal es de tipo Ia, es la mayor entre todos los tipos de fibras nerviosas en el cuerpo.

**Terminación aferente secundaria.**

Inervada por una fibra nerviosa sensitiva o por dos mas pequeñas. Rodea las fibras intrafusales pero se extiende.



**Tipos de fibras intrafusales en el huso muscular**

**Fibras musculares de la bolsa nuclear**

-1-3 en cada huso.

-Varios núcleos de las fibras musculares se encuentran agregados en "bolsas" en la porción central.

# Reflejo miotático muscular

- O de estiramiento muscular.
- Siempre que se estira bruscamente un músculo, la activación de los husos causa la contracción refleja de las fibras musculares esqueléticas grandes en el músculo estirado y también en los músculos sinérgicos más íntimamente ligados

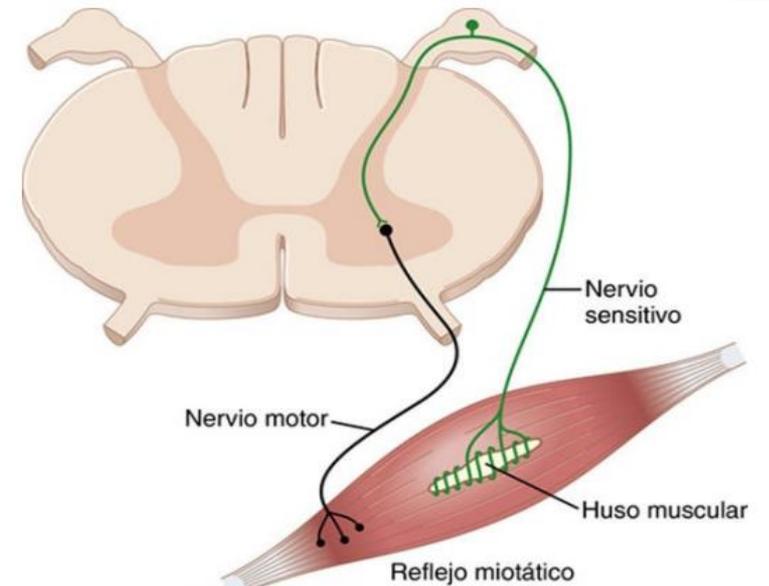
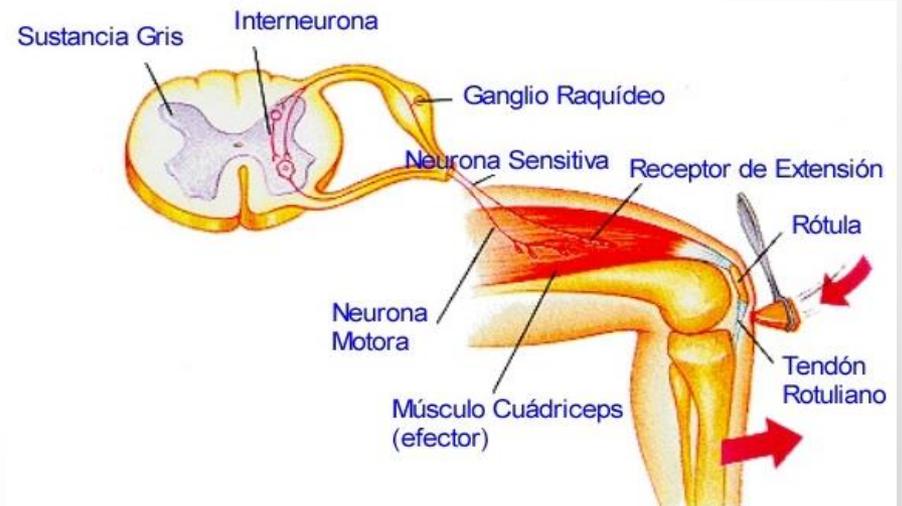
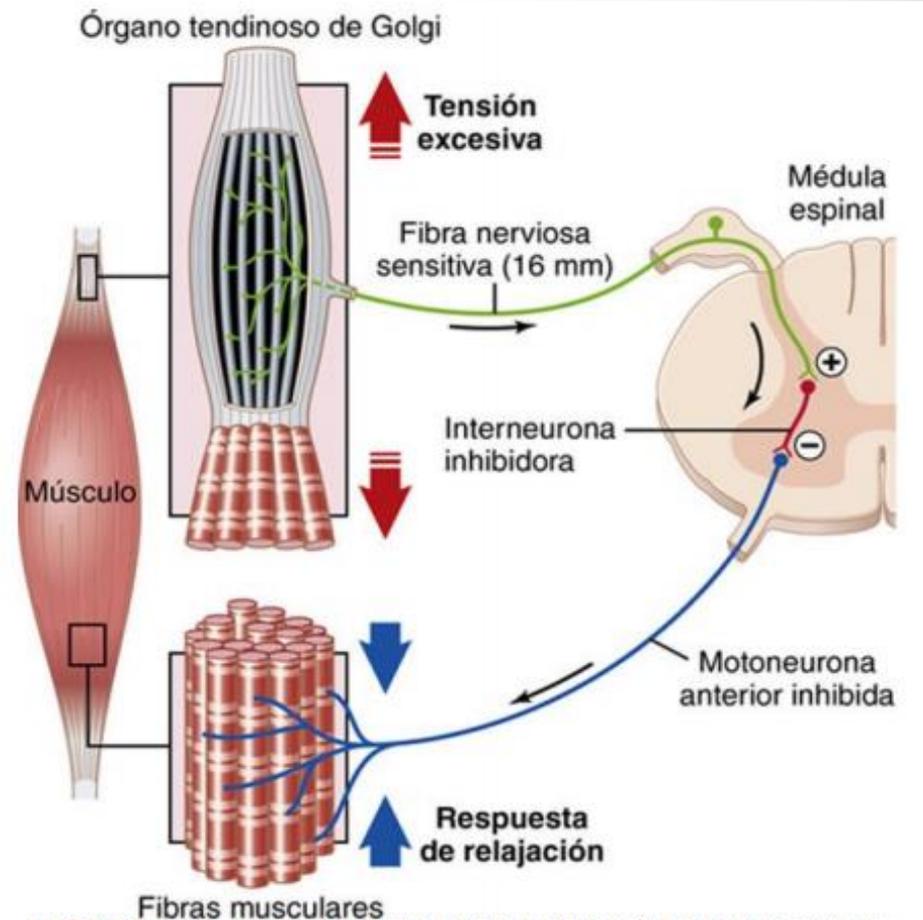


FIGURA 55-5 Circuito neuronal del reflejo miotático.



# Reflejo tendinoso de Golgi

- Es un receptor sensitivo encapsulado por el que pasan las fibras del tendón muscular.
- Cada órgano tendinoso de Golgi suele estar conectado con unas 10 a 15 fibras musculares, que lo estimulan cuando este pequeño haz se «tensa» debido a la contracción o el estiramiento del músculo.



**FIGURA 55-8** Reflejo tendinoso de Golgi. Una tensión excesiva del músculo estimula los receptores sensitivos en el órgano tendinoso de Golgi. Las señales de los receptores son transmitidas a través de una fibra nerviosa aferente sensitiva que excita una interneurona inhibidora en la médula espinal, con lo que se inhibe la actividad de la motoneurona anterior, se provoca relajación muscular y se protege al músculo frente a una tensión excesiva.

Por tanto, la principal diferencia en la excitación del órgano tendinoso de Golgi en comparación con el huso muscular reside en que el huso detecta la longitud del músculo y los cambios de la misma, mientras que el órgano tendinoso identifica la tensión muscular

# REFLEJO FLEXOR Y REFLEJOS DE RETIRADA

El estímulo sensitivo cutáneo hace que los músculos flexores se contraigan, lo que permite retirar la extremidad del objeto estimulador.

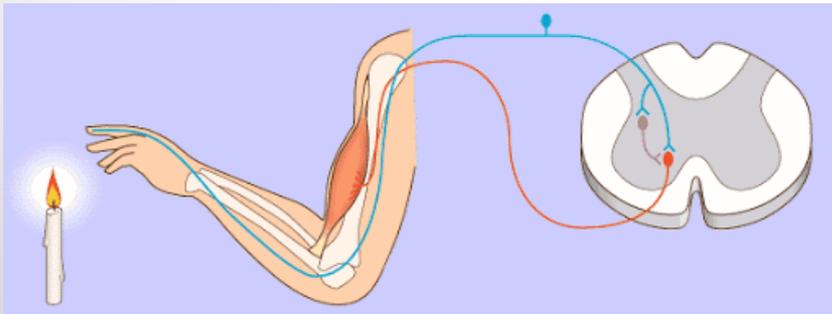


Reflejo nociceptivo o de dolor

Reflejo de retirada.

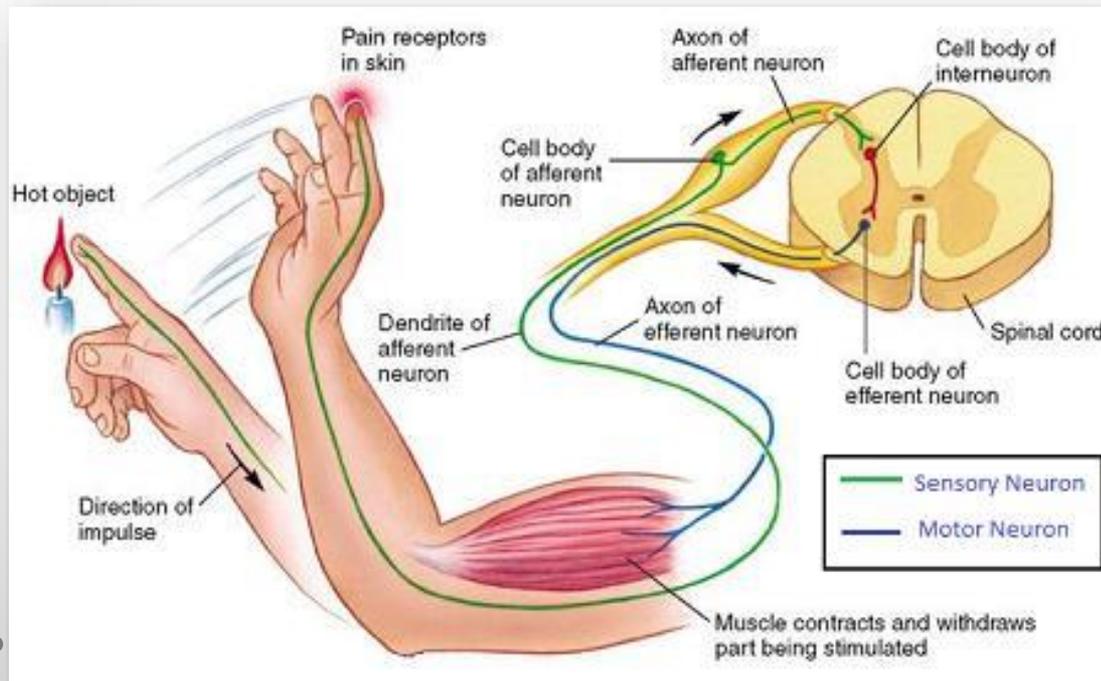


Cualquier parte del cuerpo que reciba un estímulo doloroso, esa porción se alejara del estímulo pero el reflejo puede no quedar limitado a los músculos flexores, cualquiera de los múltiples patrones que adoptan en las diferentes regiones del organismo



# MECANISMO NEURONAL DEL REFLEJO FLEXOR

El reflejo flexor no llega directamente a las motoneuronas anteriores si no que, por el contrario, alcanzan antes al conjunto de interneuronas de la medula espinal y solo de un modo secundario las motoneuronas.



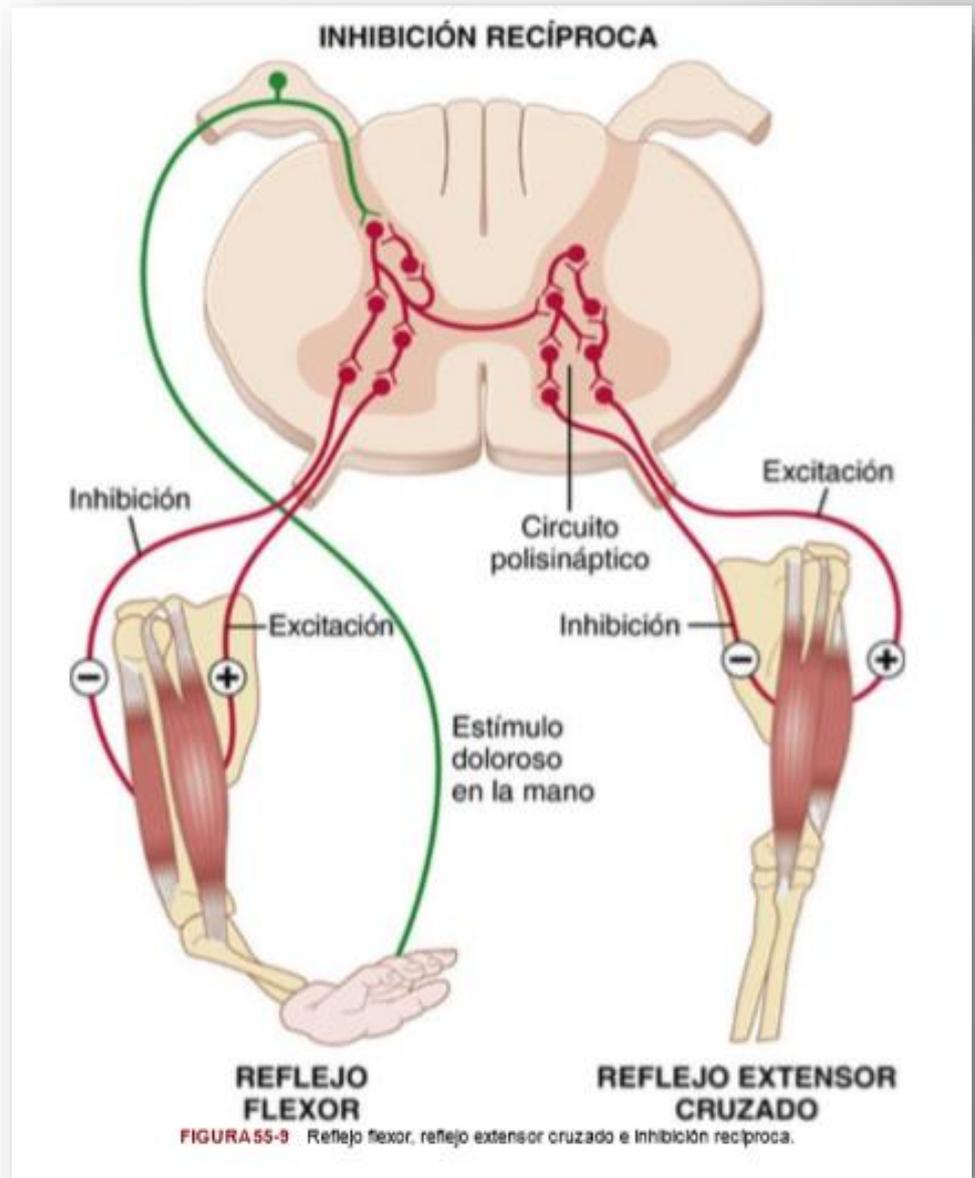
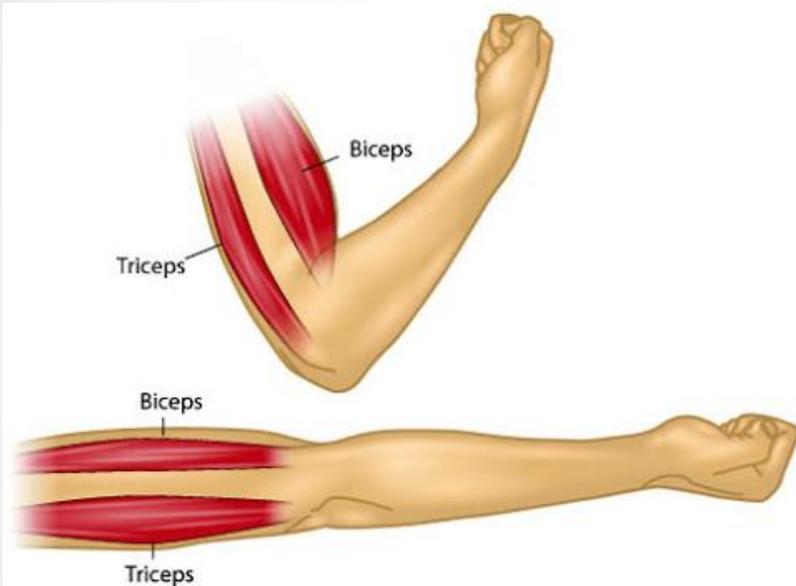
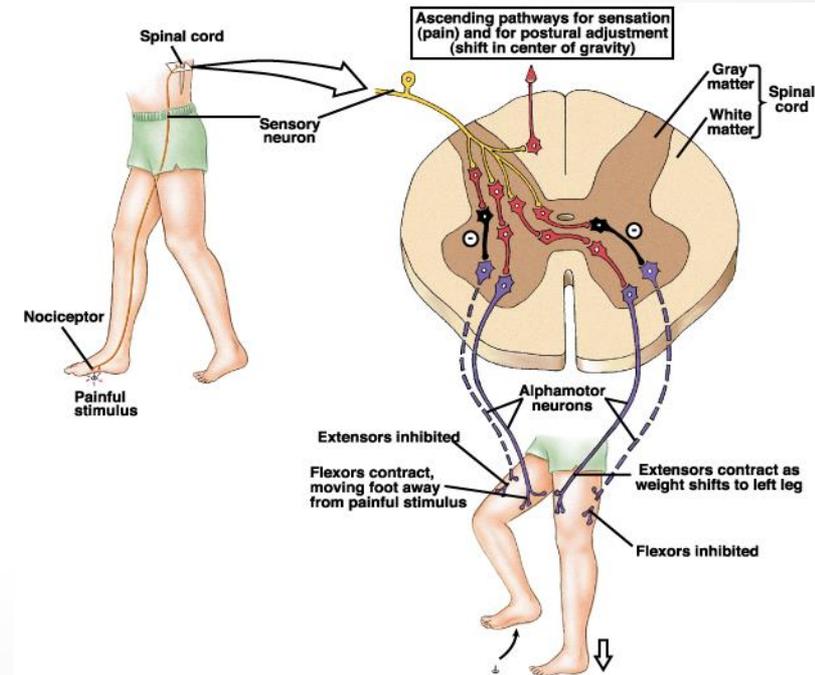
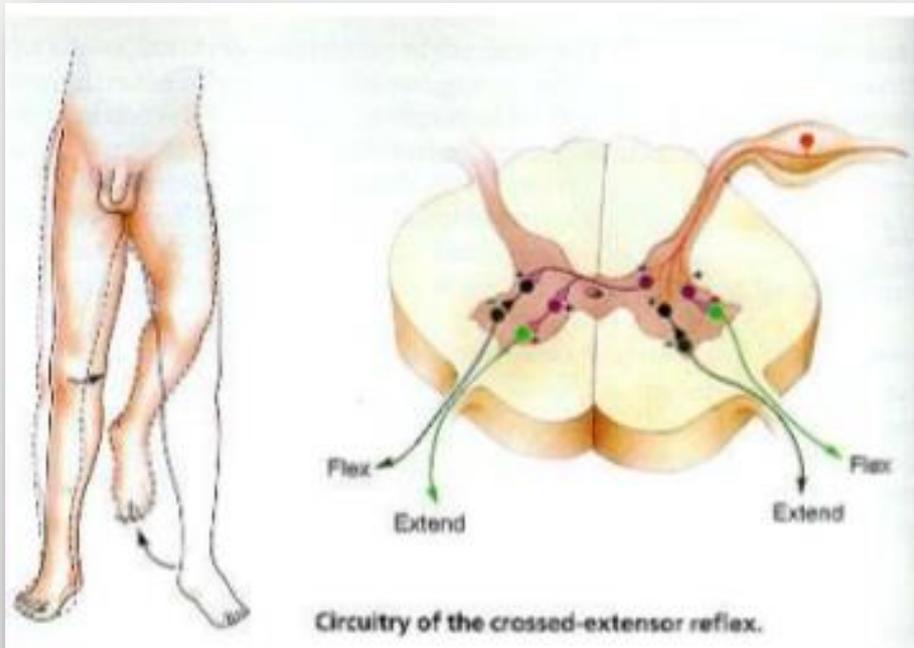


FIGURA 55-9 Reflejo flexor, reflejo extensor cruzado e inhibición recíproca.

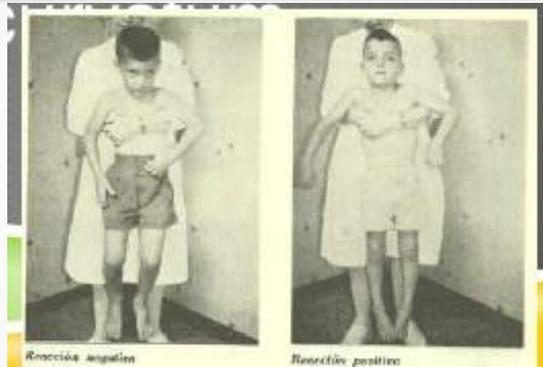
Mas o menos entre 0,2 y 0,5 s después de un estímulo, la extremidad contraria comenzara a extenderse.

La extensión del miembro opuesto puede tirar de todo el cuerpo para alejarlo del objeto que origina el estímulo doloroso.



# REFLEJOS POSTURALES Y LOCOMOTORES

## REACCIÓN DE APOYO POSITIVA .



Pone en manifiesto la integración de algunos reflejos relativamente complejos asociados a la postura tiene lugar en la medula espinal.

La reacción implica un circuito de interneuronas , semejantes a los circuitos responsables de los reflejos flexor y extensión cruzados.

La reacción de imán impide que caiga hacia un lado.

## REFLEJOS MEDULARES DE ENDEREZAMIENTO

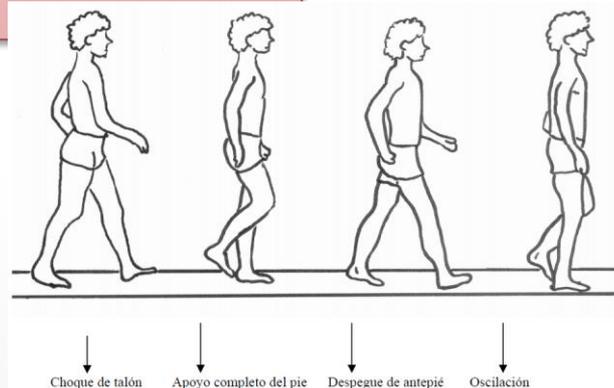
# MOVIMIENTOS DE LA MARCHA Y LA DEAMBULACIÓN

## MOVIMIENTOS RÍTMICOS DE LA MARCHA EN UN SOLO MIEMBRO

Los movimientos rítmicos de la marcha se observan en los miembros de los animales espinales.

El mecanismo medular para la regulación de la marcha puede ser complicada.

El reflejo del tropezón presenta un mecanismo controlador inteligente de la marcha.



## MARCHA RECÍPROCA DE LAS EXTREMIDADES OPUESTAS

Si la medula espinal lumbar no se secciona hasta el centro, cada vez que se den unos pasos en sentido hacia delante con una extremidad, la opuesta corrientemente se desplaza hacia atrás.



## MARCHA EN DIAGONAL ENTRE LAS CUATRO EXTREMIDADES (MARCAR EL PASO)

Los pasos siguen un patrón en diagonal entre las patas delanteras y traseras . En respuesta diagonal constituye otra manifestación de la inervación reciproca , esta vez a lo largo de toda la longitud de la medula hacia arriba y hacia a bajo.



## REFLEJO DE RASCADO

Se pone en marcha cuando se percibe una sensación de prurito o de cosquilleo

1) Sensibilidad postural que permite a la garra o la zarpa encontrar el punto exacto de irritación sobre la superficie del cuerpo.

2) Un movimiento de vaivén para el rascado.

Es una función muy evolucionada.



## Reflejos medulares que causan un espasmo muscular.

Espasmo muscular por fractura

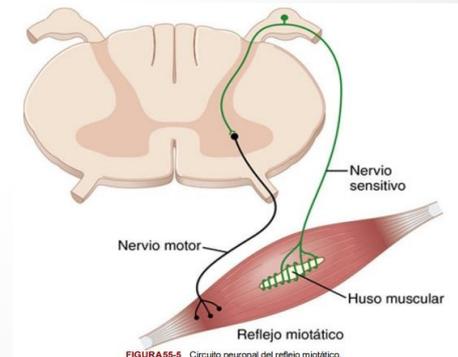
El espasmo obedece a los impulsos dolorosos puestos en marcha desde los extremos del hueso roto.

Calambres musculares

Espasmos de la musculatura abdominal en personas con peritonitis.

Los impulsos dolorosos procedentes del peritoneo suelen hacer que los músculos del abdomen se contraigan intensamente.

La contracción estimula los mismos receptores, lo que hace que la medula espinal acentúe la intensidad de la contracción, se produce una retroalimentación positiva, de modo que un pequeño nivel inicial de irritación, origina una contracción cada vez mayor, hasta que sobreviene el auténtico calambre.



## REFLEJOS AUTÒNOMOS DE LA MÈDULA ESPINAL

- 1)Cambios del tono vascular
- 2)Sudoraciòn
- 3)Reflejos intestino intestinales
- 4)Reflejos peritoneo intestinales
- 5)Reflejos de evacuaciòn para vaciar una vejiga

## REFLEJO DE AUTOMATISMO MEDULAR

La medula espinal adquiere bruscamente una actividad exagerada, lo que desemboca en una descarga enérgica de grandes porciones suyas, este mecanismo afecta grandes porciones de la medula o incluso a toda ella.

- 1) Una parte importante de los músculos esqueléticos del organismo entran en un intenso espasmo flexor.
- 2) Es probable que se produzca evacuación del colon y la vejiga
- 3) La presión arterial suele subir a sus valores máximos
- 4) En grandes regiones corporales se desata una profusa sudoración.

## SHOCK MEDULAR

- 1) Al comienzo de shock, la presión arterial desciende casi al instante de forma radical.
- 2) los reflejos musculares esqueléticos integrados en la medula espinal resultan bloqueados.
- 3) Los reflejos sacros encargados de controlar el vaciamiento de la vejiga y el colon quedan abolidos en el ser humano.