

# Sistema Nervioso Autónomo

Teresa Silva Costa Gomes  
Hospital del Mar

# 1. Mantenimiento de la **homeostasis** corporal

## Regulación involuntaria:

- músculo cardíaco
- músculo liso
- función glandular
- funciones viscerales



## Ayuda a controlar:

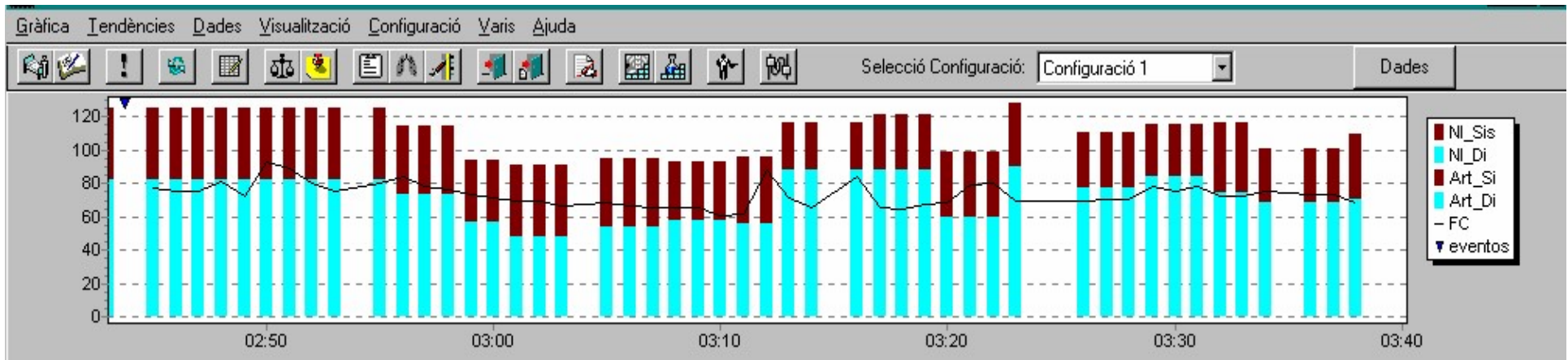
- TA
- motilidad digestiva
- secreciones digestivas
- emisión urinaria
- sudoración
- temperatura corporal
- ...

## 2. **Tónicamente activo y rápido**

3-5 seg puede duplicar la FC y en 10-15 segundos la TA  
estado de función “intermedia”

## 3. **Adaptación** a las variaciones del medio externo e interno

***La anestesia es  
la medicina  
práctica del SNA***



**Dolor crónico**

**Anestésicos iv**

**Estrés quirúrgico**

**Anestésicos inhalatorios**

**Dolor agudo**

**Relajantes musculares**

**Hemorragia**

**SNA**

**Anticolinesterasicos**

**Anestesia regional**

**Aporte de volumen**

**Fármacos cardiovasculares**

**Fármacos broncodilatadores**

**Infección**

**Fármacos antidepresivos**

**Ritodrina**

**Hipotermia**

**Drogas (cocaína)**

# Anatomía funcional

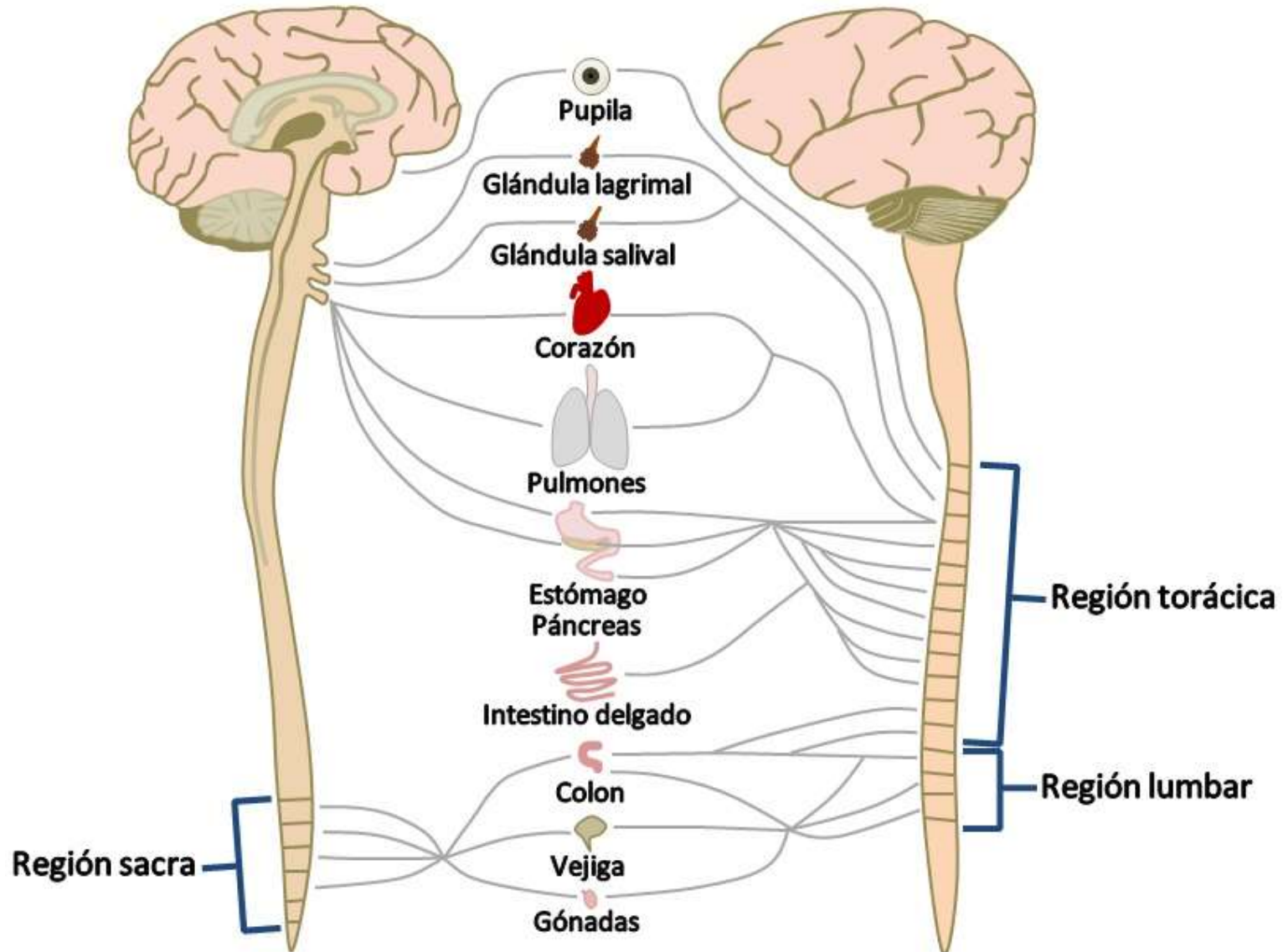
Anatomía, Fisiología y Farmacología:

- **Sistema Nervioso Simpático (SNS)** o adrenérgico.
- **Sistema Nervioso Parasimpático (SNP)** o colinérgico.
- **Sistema Nervioso Entérico (SNE)**

# Sistema nervioso autónomo

Sistema parasimpático

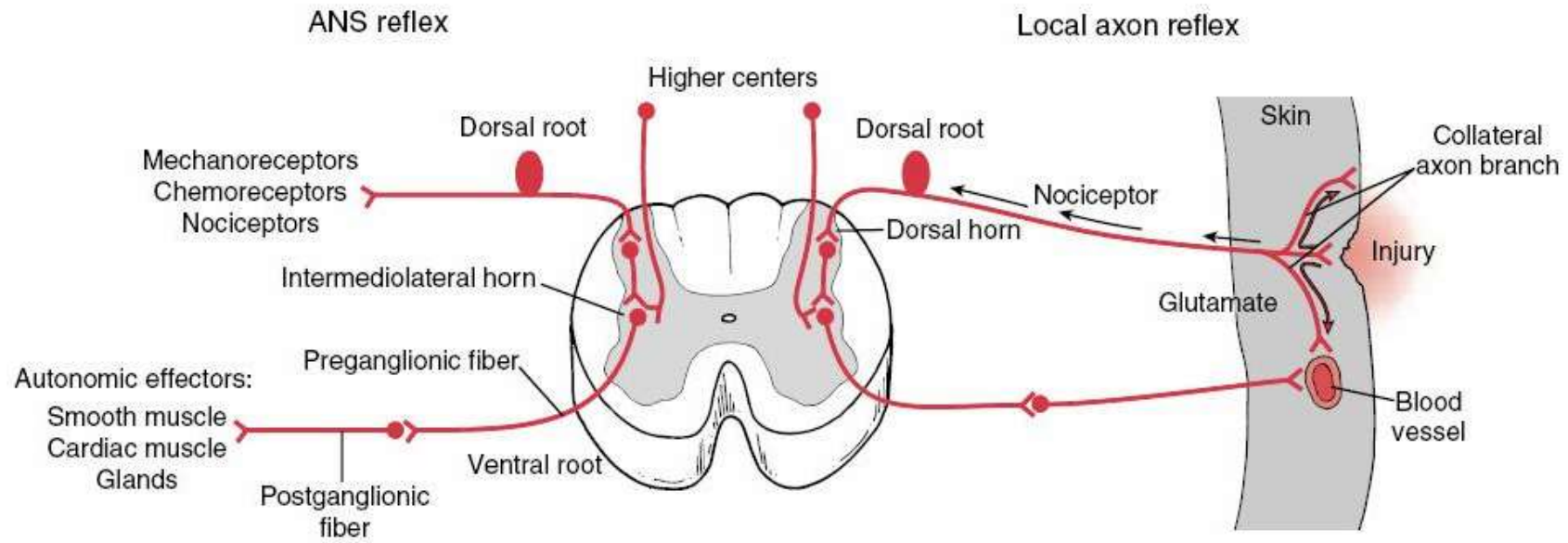
Sistema simpático



# Anatomía del SNA

- Es fundamentalmente **eferente**.
- El componente aferente es difícil de identificar (nervios sensitivos)
- Habitualmente funciona mediante **reflejos viscerales** inconscientes.

# Reflejos viscerales





# Sistema nervioso autónomo central

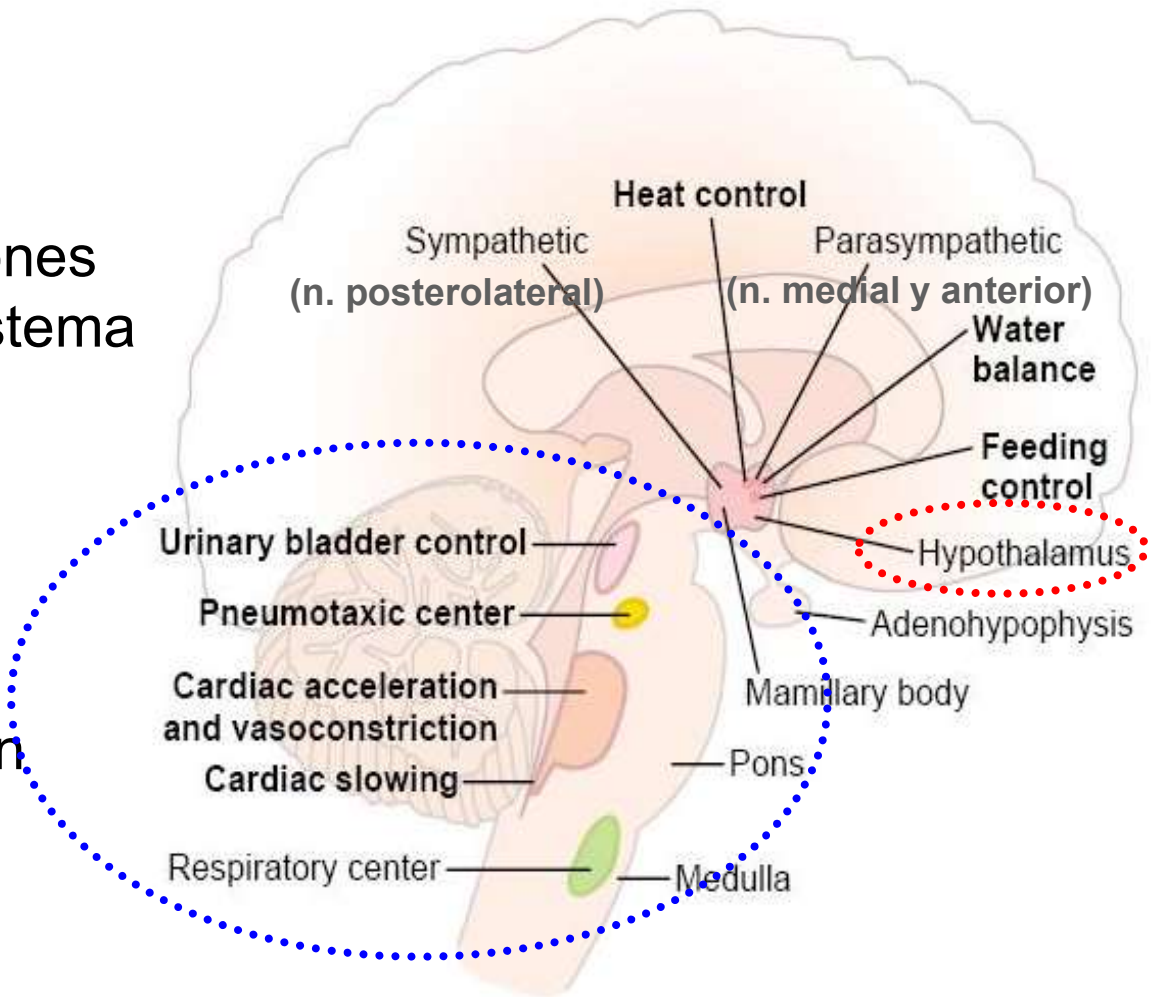
Integración a diferentes niveles:

## - Hipotálamo:

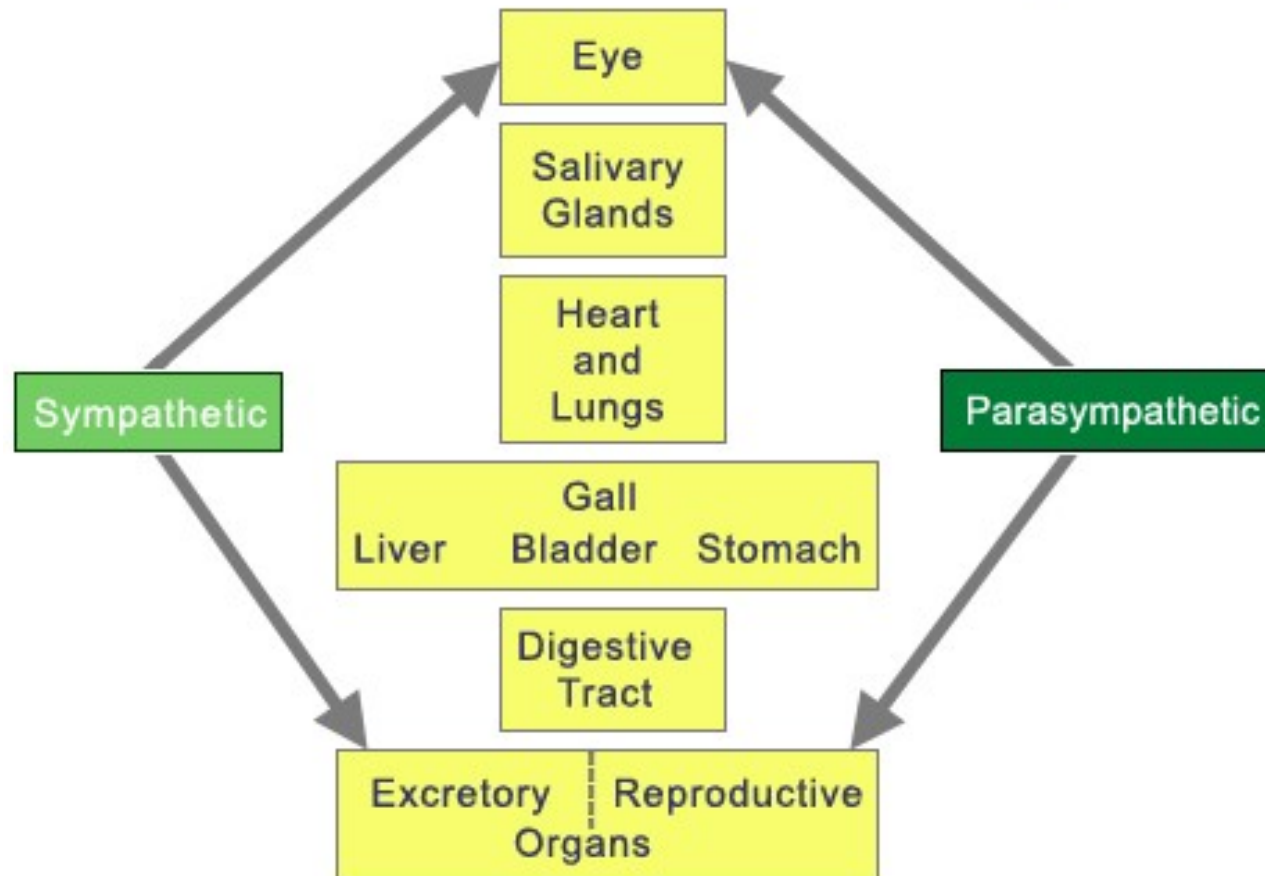
control de todas las funciones vitales, integración con sistema neuroendocrino

-Tronco cerebral:  
respuesta aguda, integración quimio y baroreceptores, ventilación

- Medula:  
reflejos viscerales



## Autonomic innervation of individual organs



examples of **single** innervation:

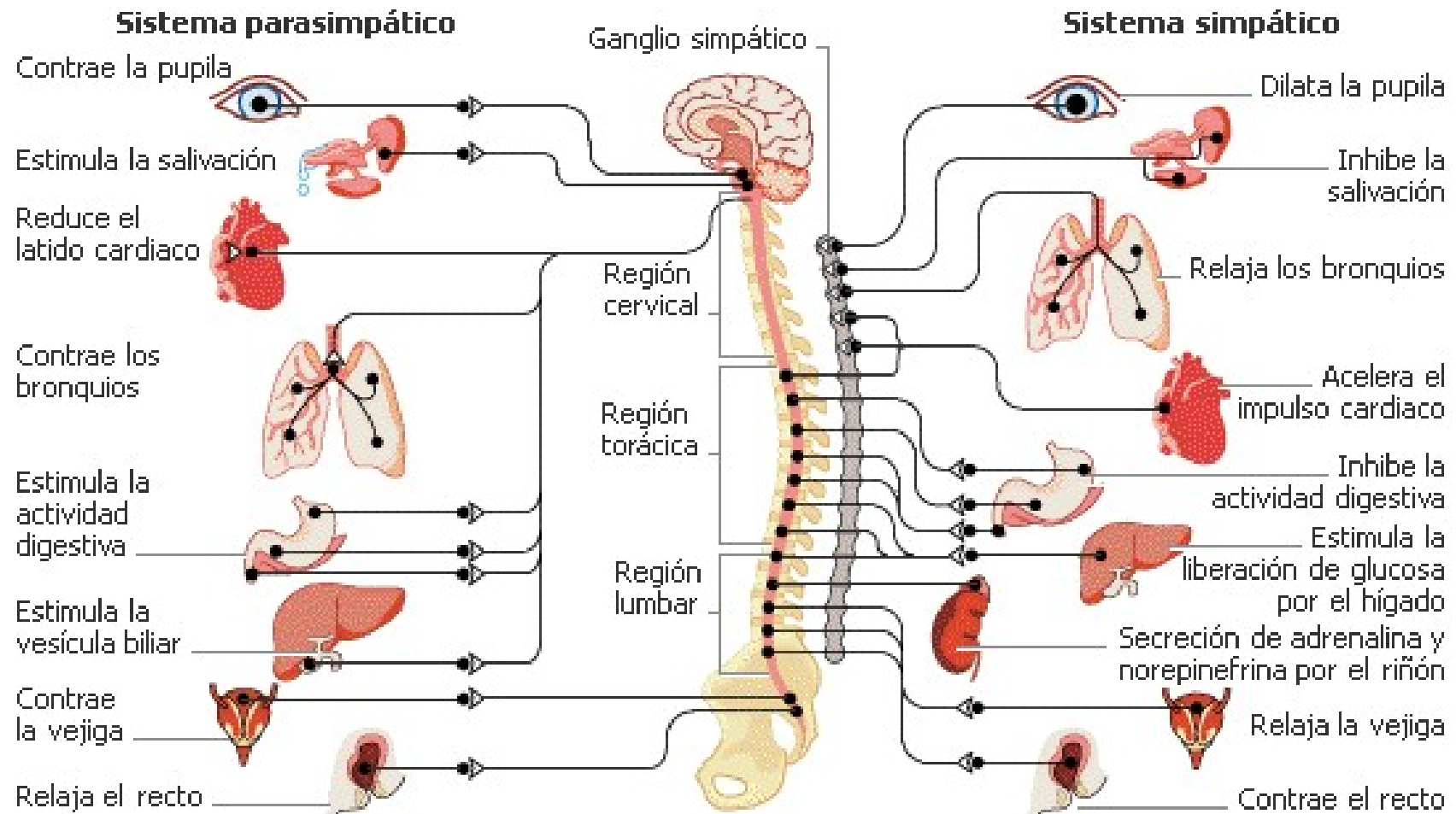
**Parasympathetic only:** - Lacrimal glands

**Sympathetic only:** - Adrenal medulla

- Arterioles in: skeletal muscle  
skin  
viscera  
kidney

# SNS y SNP funcionan de forma antagónica

## Los efectos dependen del balance entre los 2 sistemas

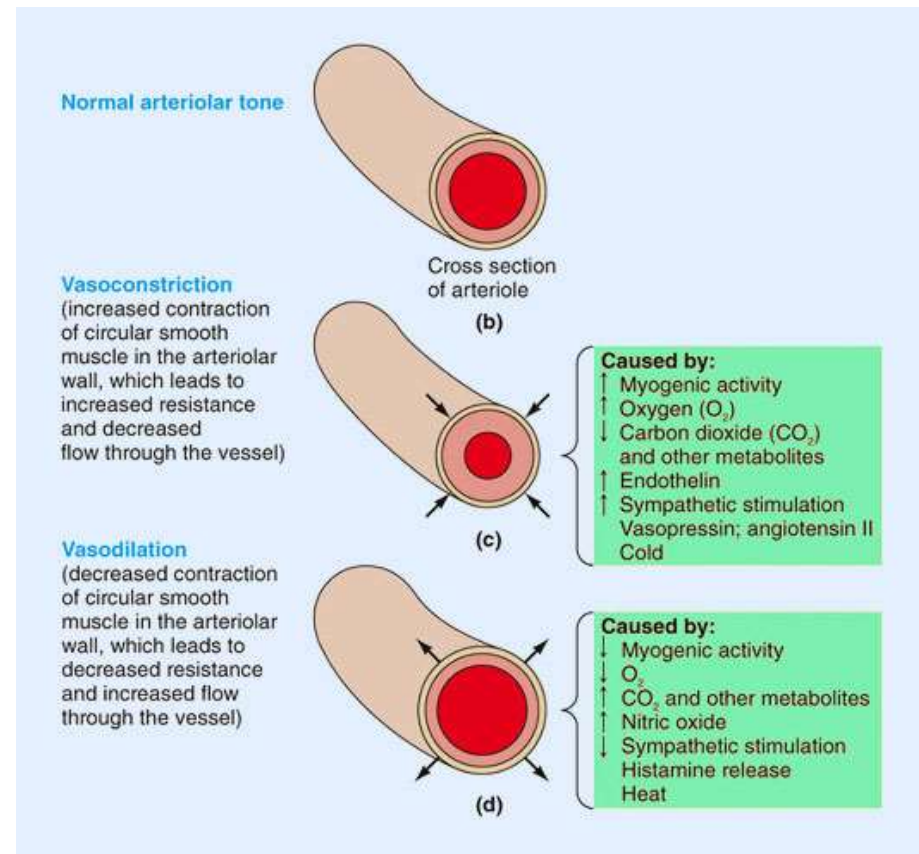


# Tono basal

Aumento o disminución de la actividad de los órganos

Ej: tono vascular:  
vasoconstricción vs.  
vasodilatación

- Centros superiores hipotálamo
- Secreción basal de NA y A suprarrenal (simpático)



## Activación masiva **SNS**

Activación del hipotálamo por estímulo muy intenso  
Reacción de “lucha o huída”, Rapidez e intensidad

Activación selectiva

Reflejos locales



## SNP: Ahorro de energía



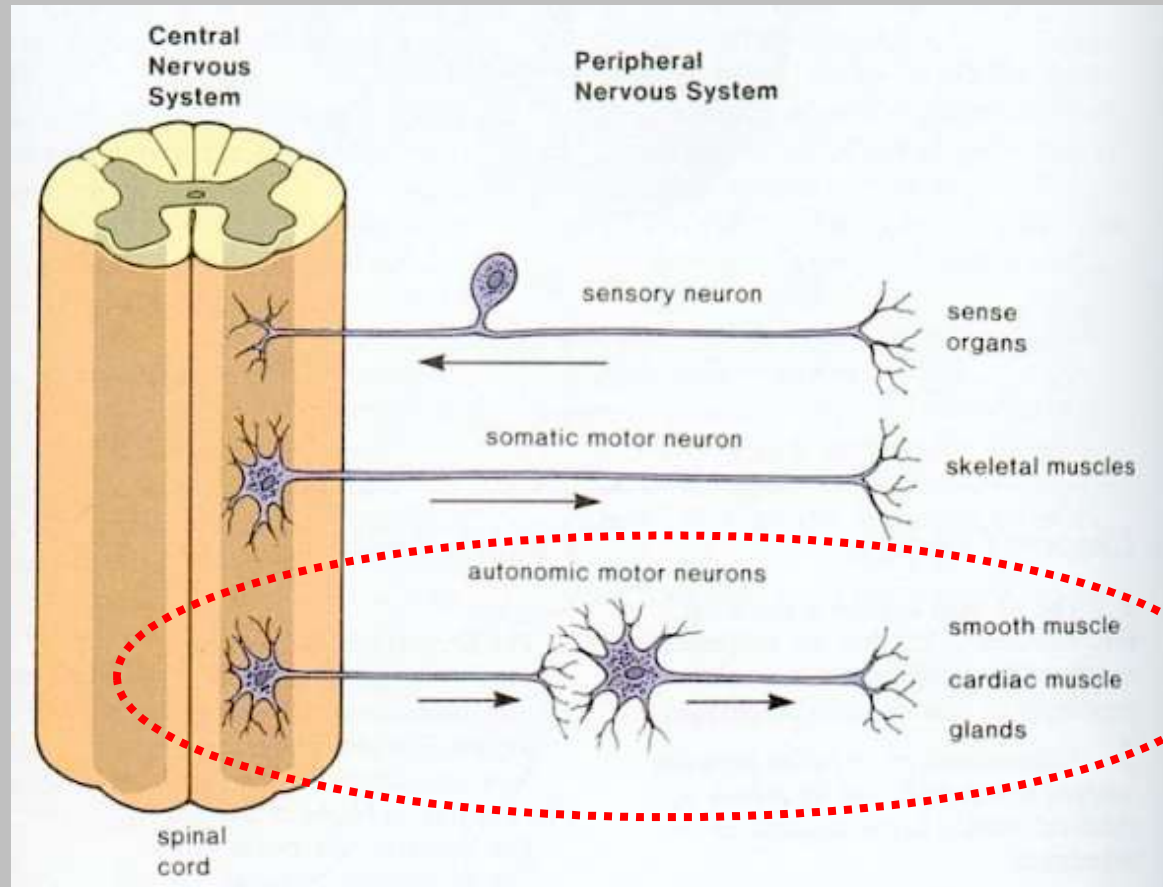
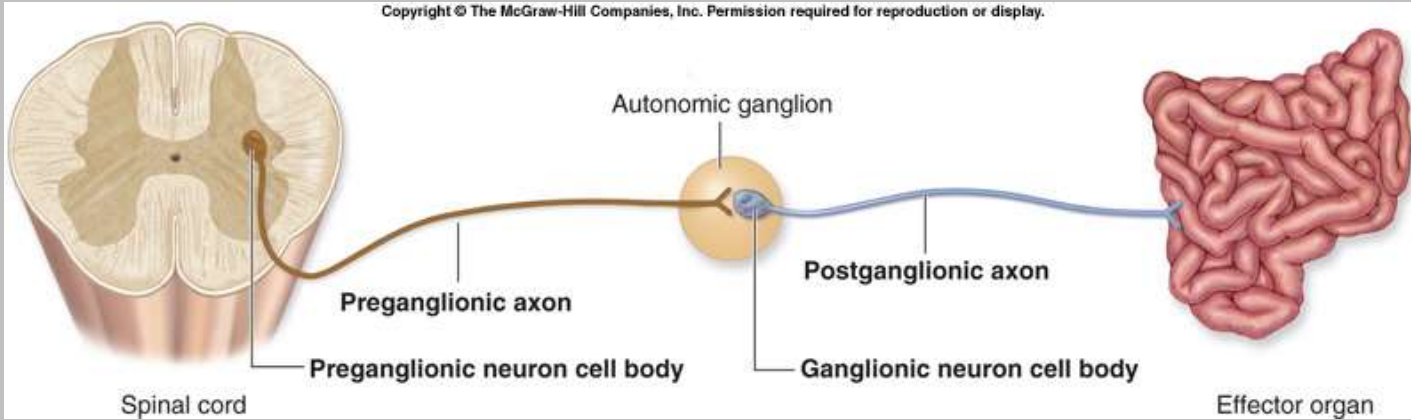
“Rest and digest”

- Activación intensa: bradicardia, náuseas y vómitos, aumento del peristaltismo, aumento de secreciones, broncoconstricción, enuresis...
- Reflejos relativamente específicos

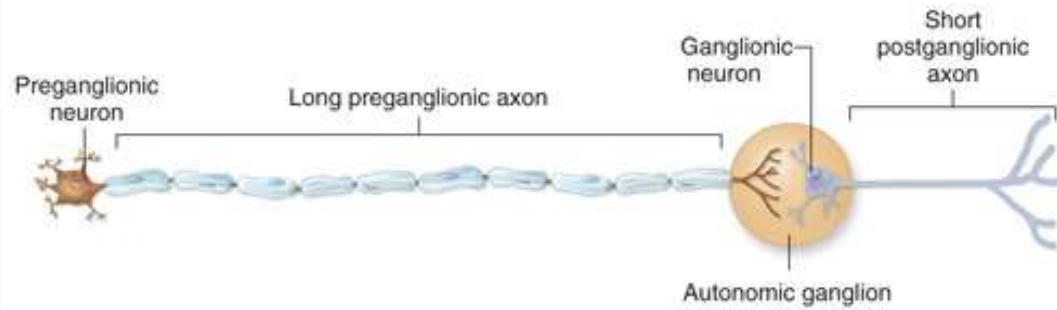


# Diferencias entre SNA y Somático

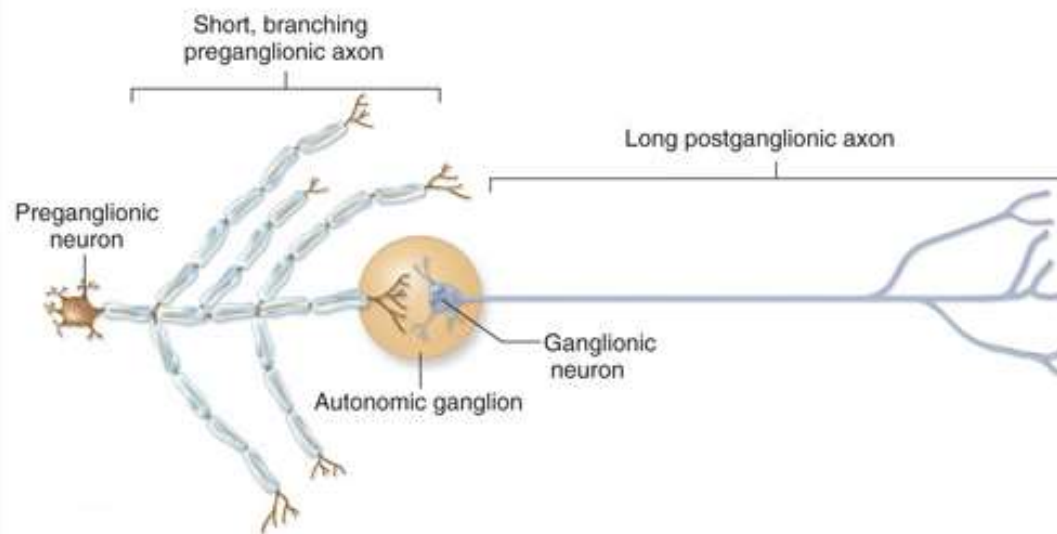
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



### Parasympathetic Division

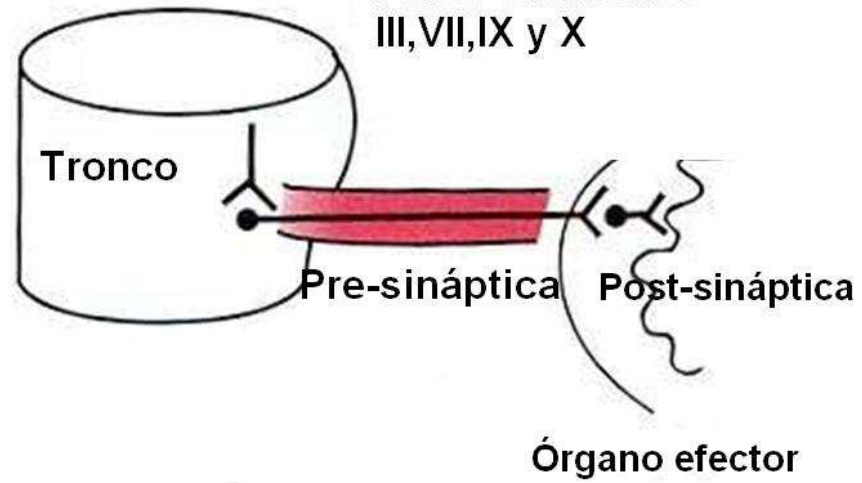


### Sympathetic Division

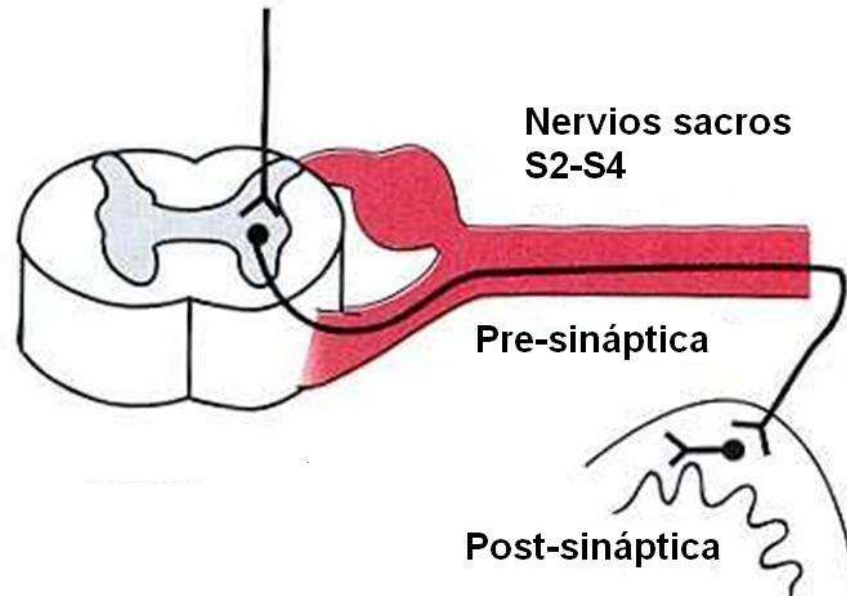




Pares Craneales  
III, VII, IX y X

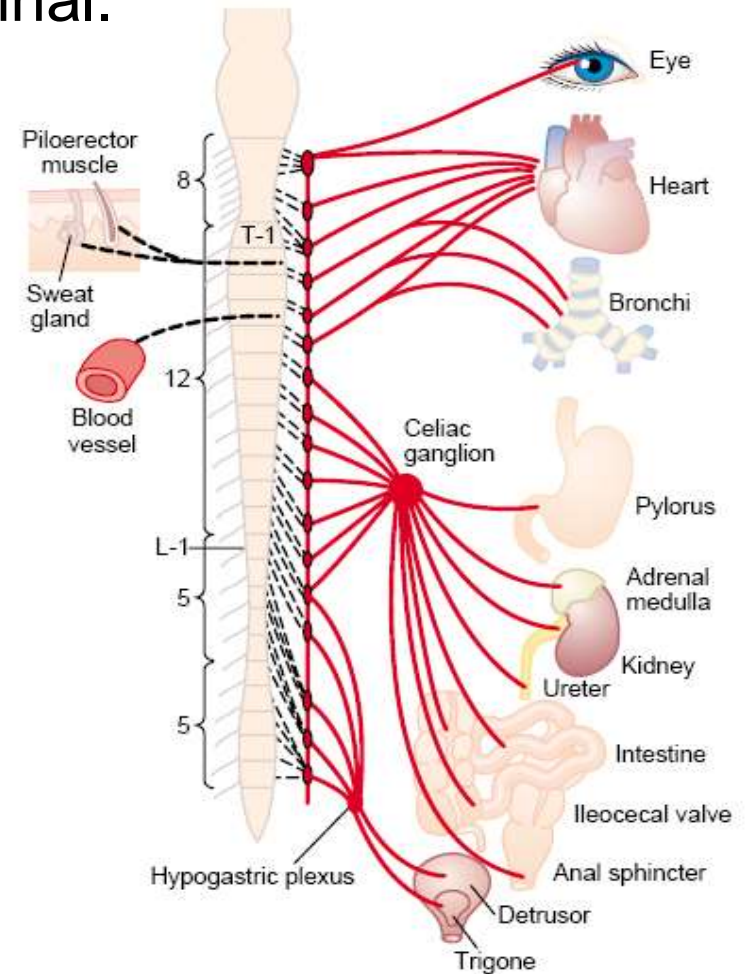
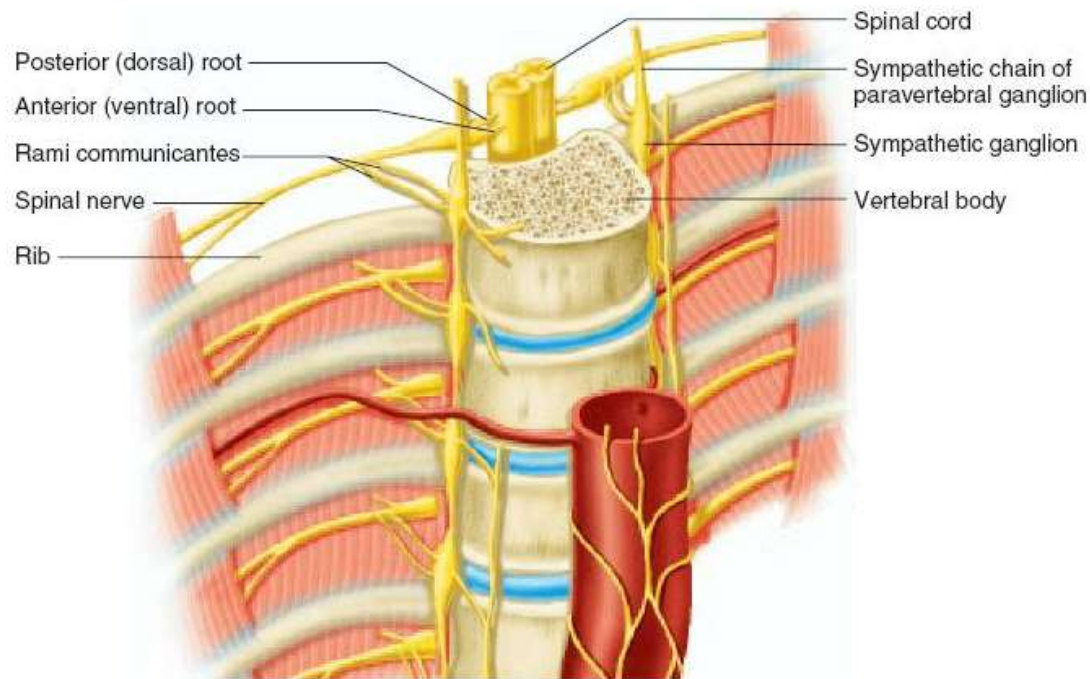


Nervios sacros  
S2-S4

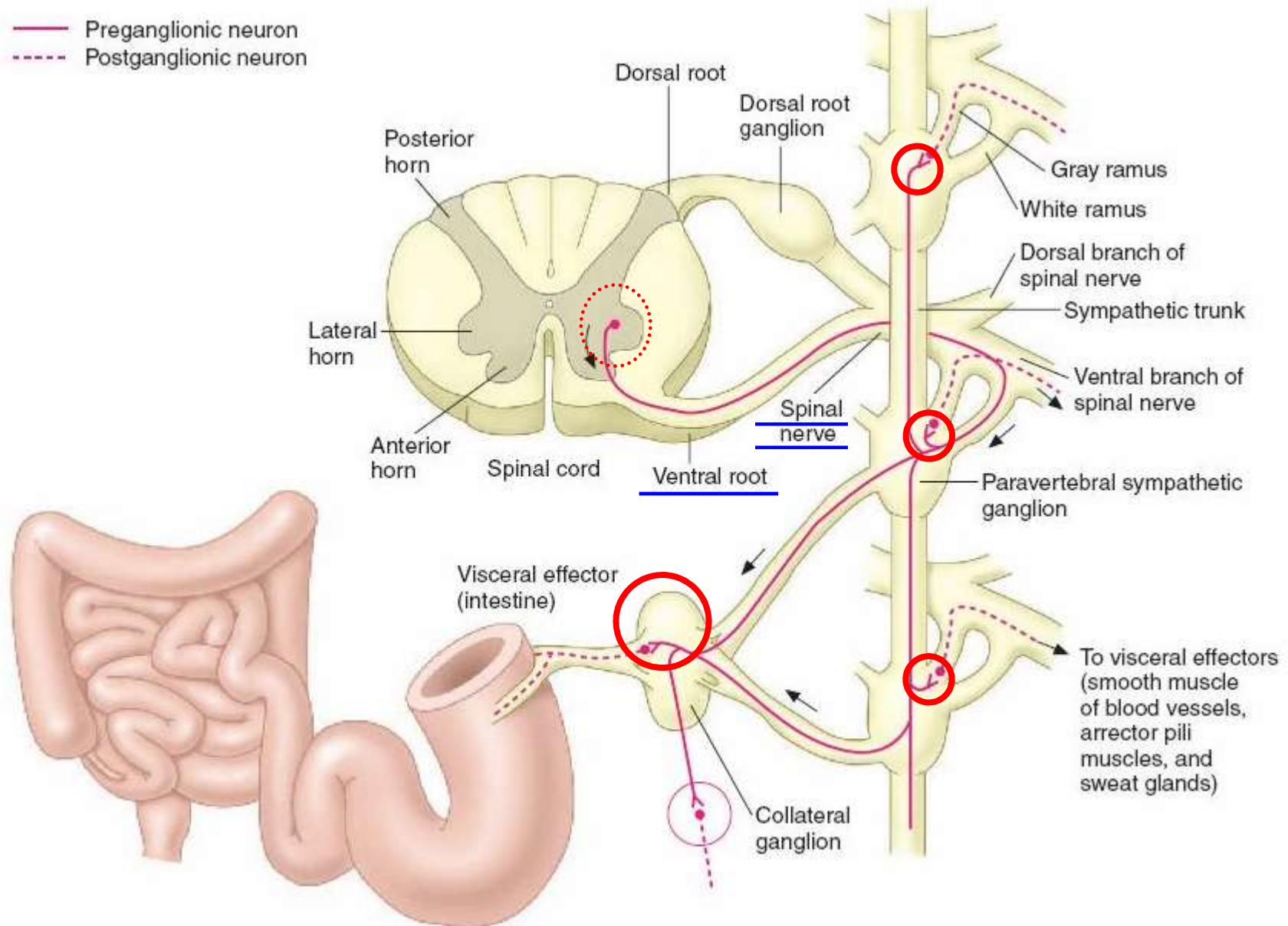


# Sistema nervioso simpático

Segmentos T1 y L2 de la medula espinal.



- Preganglionic neuron
- - - Postganglionic neuron



# Distribución periférica del SNS

No siguen la distribución corporal de las fibras somáticas

Inervación órganos depende del origen embrionario del órgano.

Ejemplo: corazón, origen embrionario cervical, recibe muchas fibras simpáticas cervicales

- T1: cabeza
- T2 : cuello
- T3-T6: tórax
- T7-T11: abdomen
- T12-L2: extremidades inferiores.

# Cadena simpática cervical

Fibras simpáticas de T1-T5

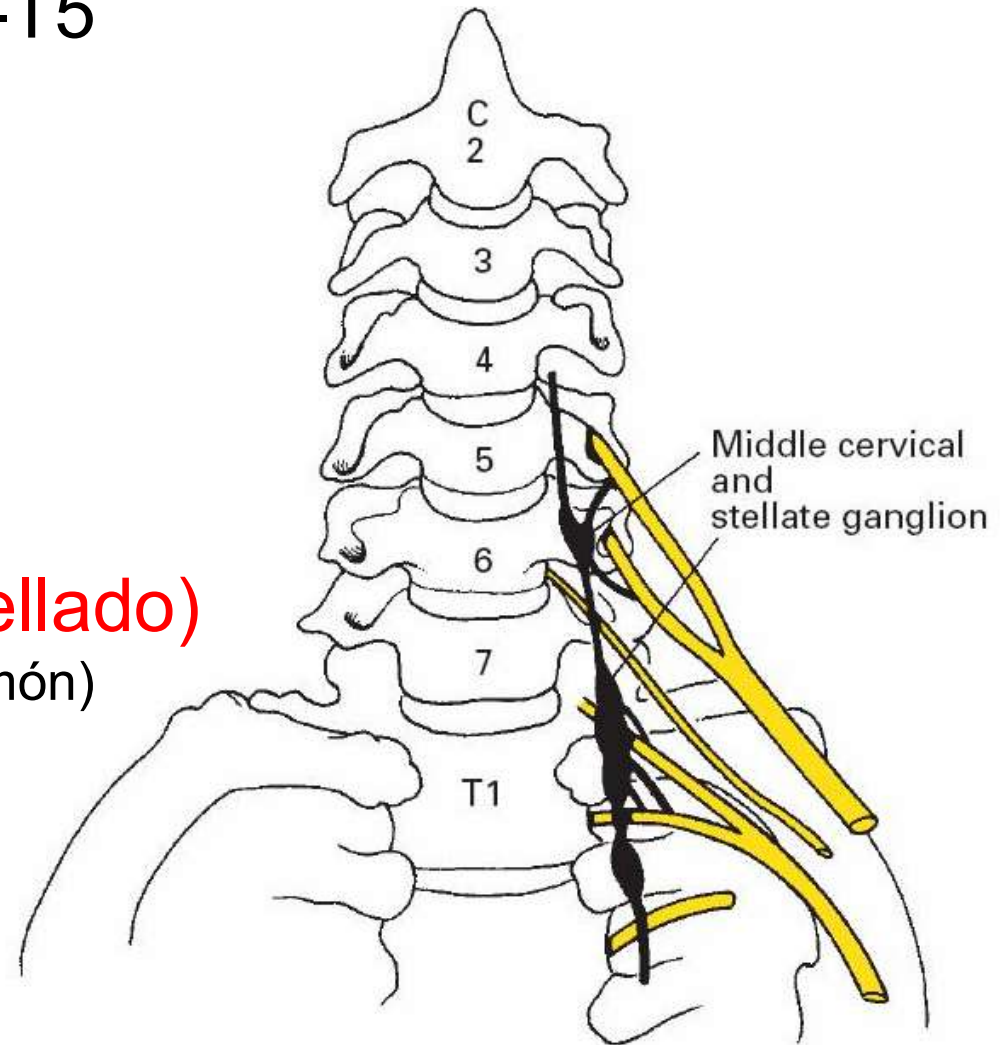
**G. cervical superior**

(ojo, lacrimales, salivales)

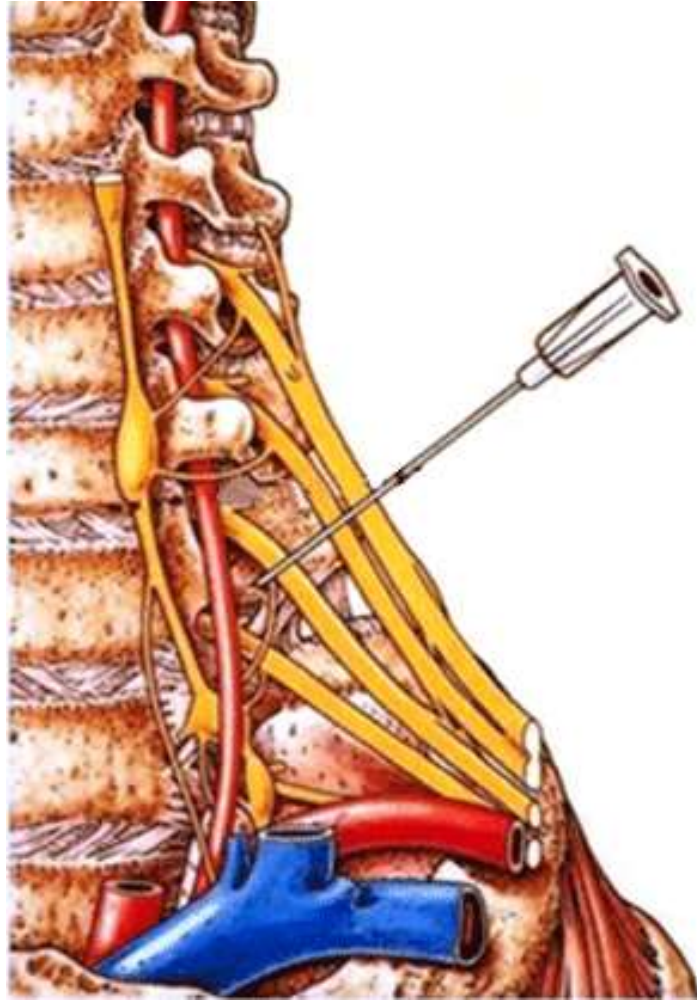
**G. cervical medio**

**G. cérvico-torácico (estrellado)**

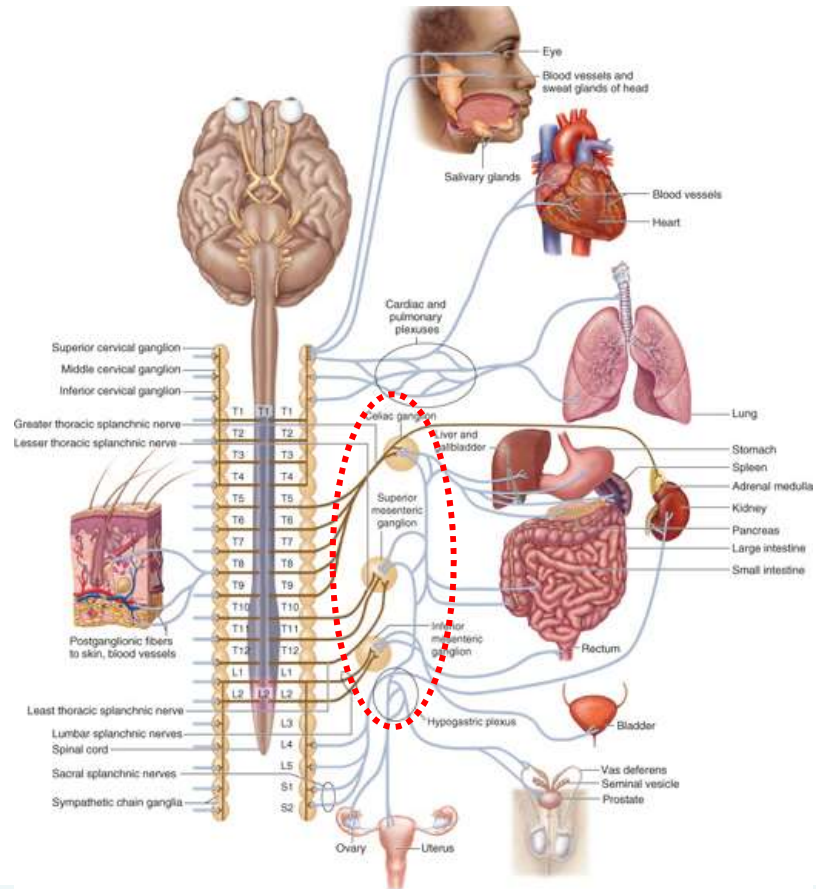
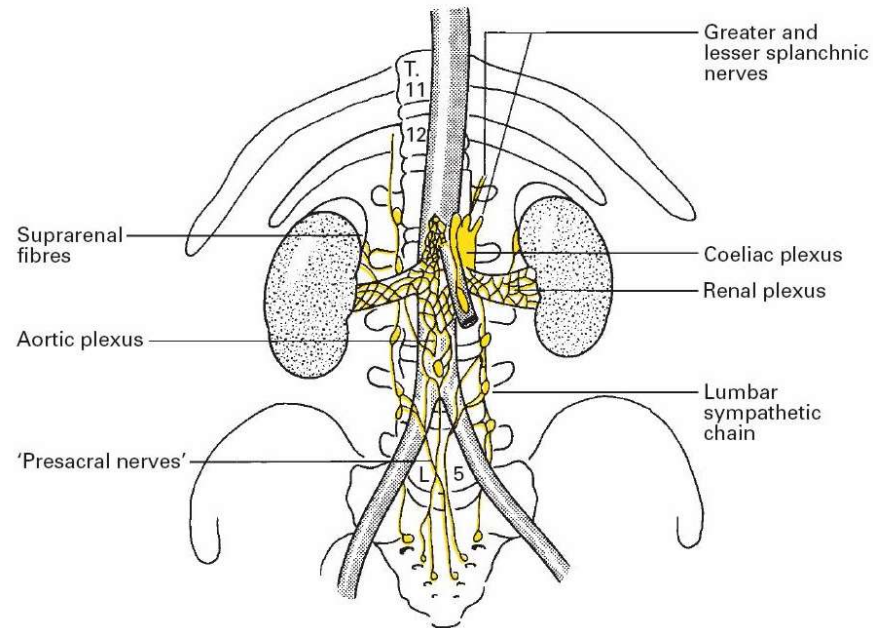
(cara, cuello, EESS, corazón, pulmón)







# Ganglios colaterales



## G. celíaco (T5-T12)

estómago  
hígado  
páncreas  
vesícula biliar  
Intestino delgado  
bazo  
riñón

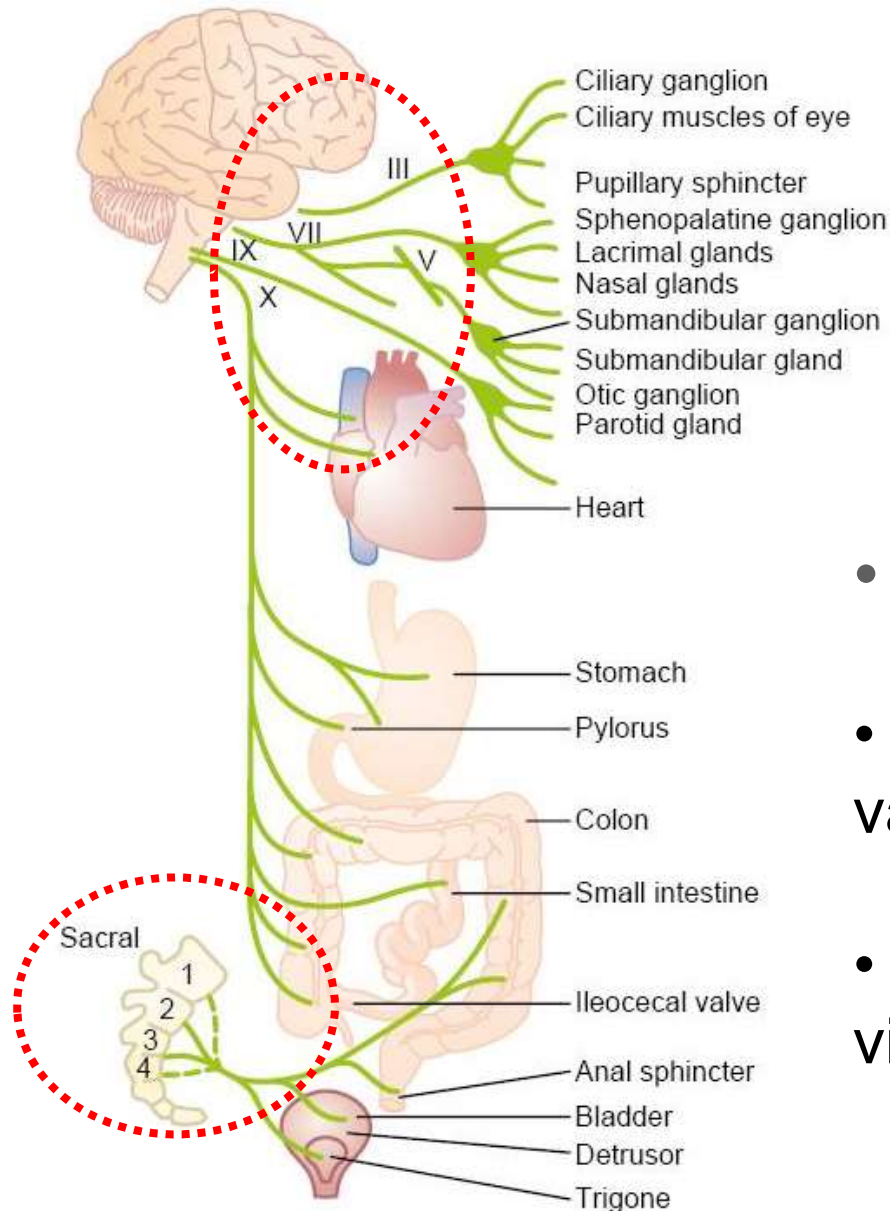
## G. mesenterico sup. (T10-T12)

intestino delgado y colon

## G. mesenterico inf. (L1-L3)

colon – recto  
vejiga urinaria  
órganos reproductores

# Sistema nervioso parasimpático

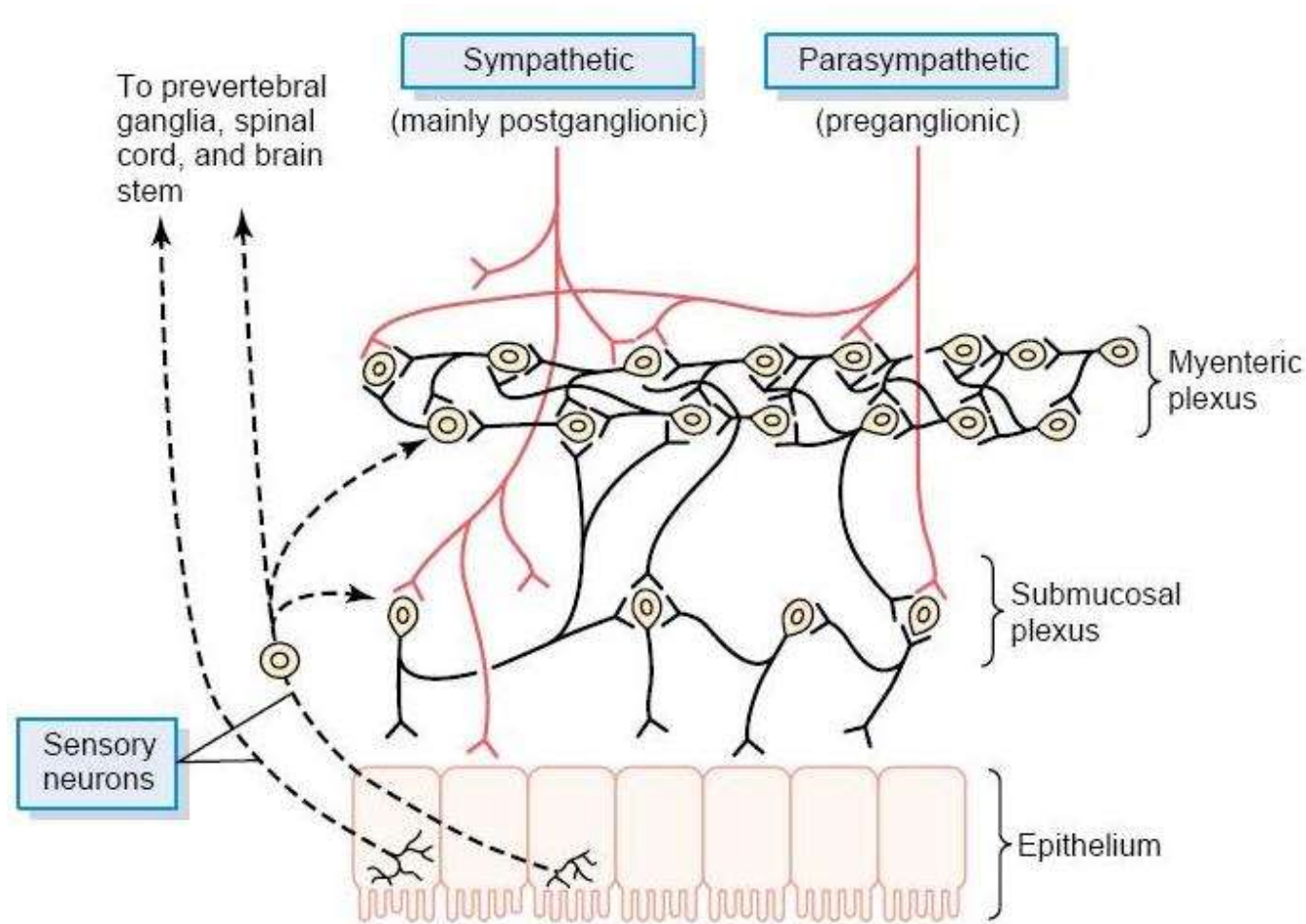


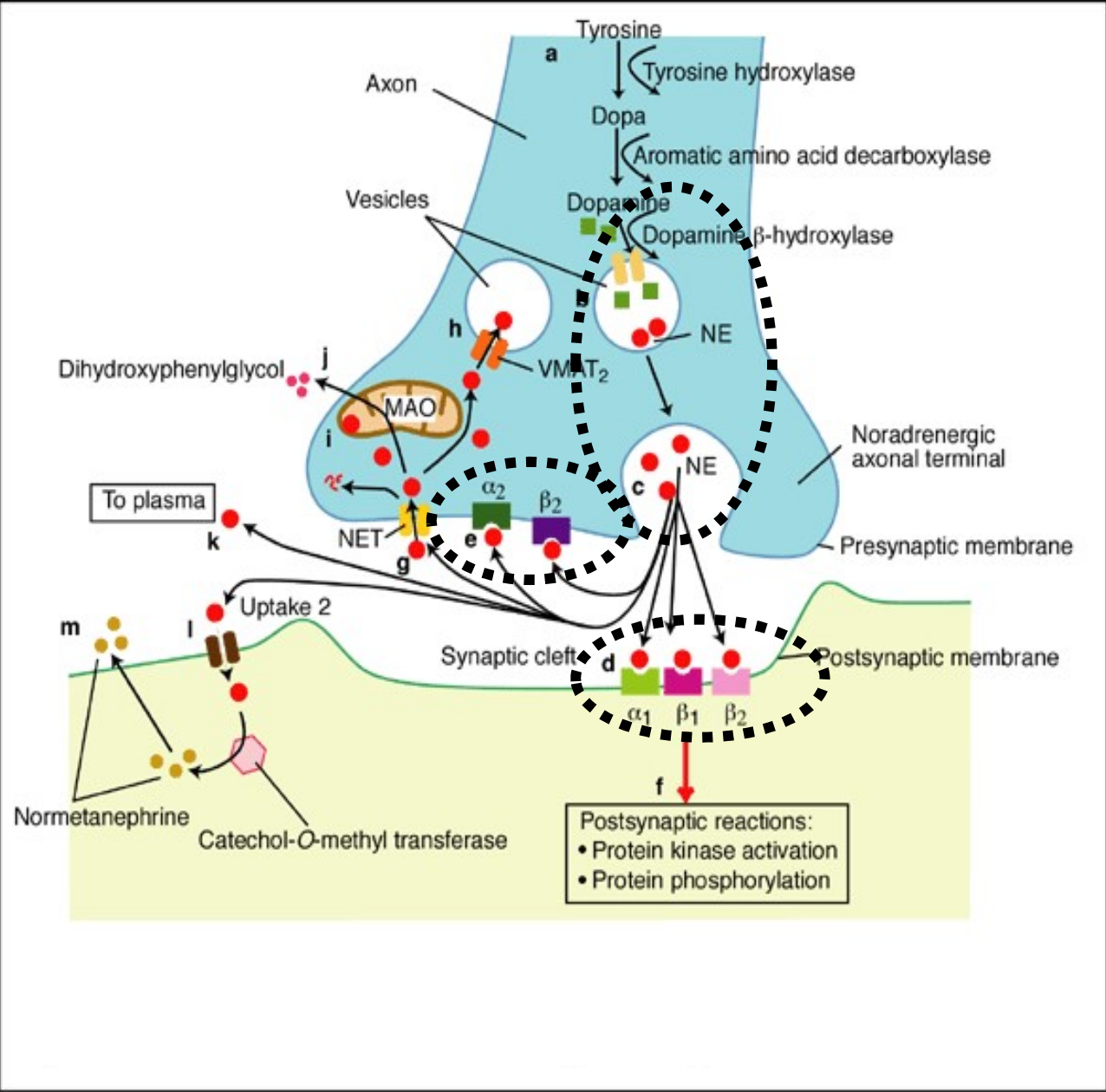
- Pares craneales: III, VII, XI, X
- 75% de fibras PS: **X** par craneal vago
- S2, S3 (S1, S4) las fibras sacras viajan con los n. pélvicos



# Sistema nervioso entérico

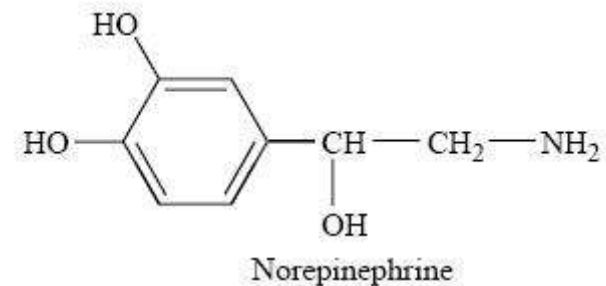
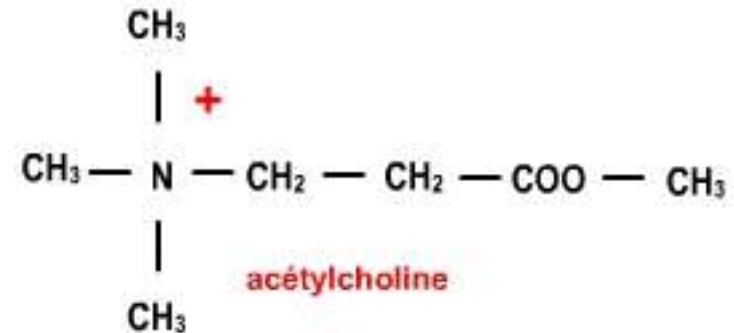
Plexo Mioentérico (Auerbach) y submucoso (Meissner y Henle)  
Red compleja y extensa, múltiples NT y receptores  
Algún control por el X y por el SNS, pero puede funcionar de forma independiente del SNC





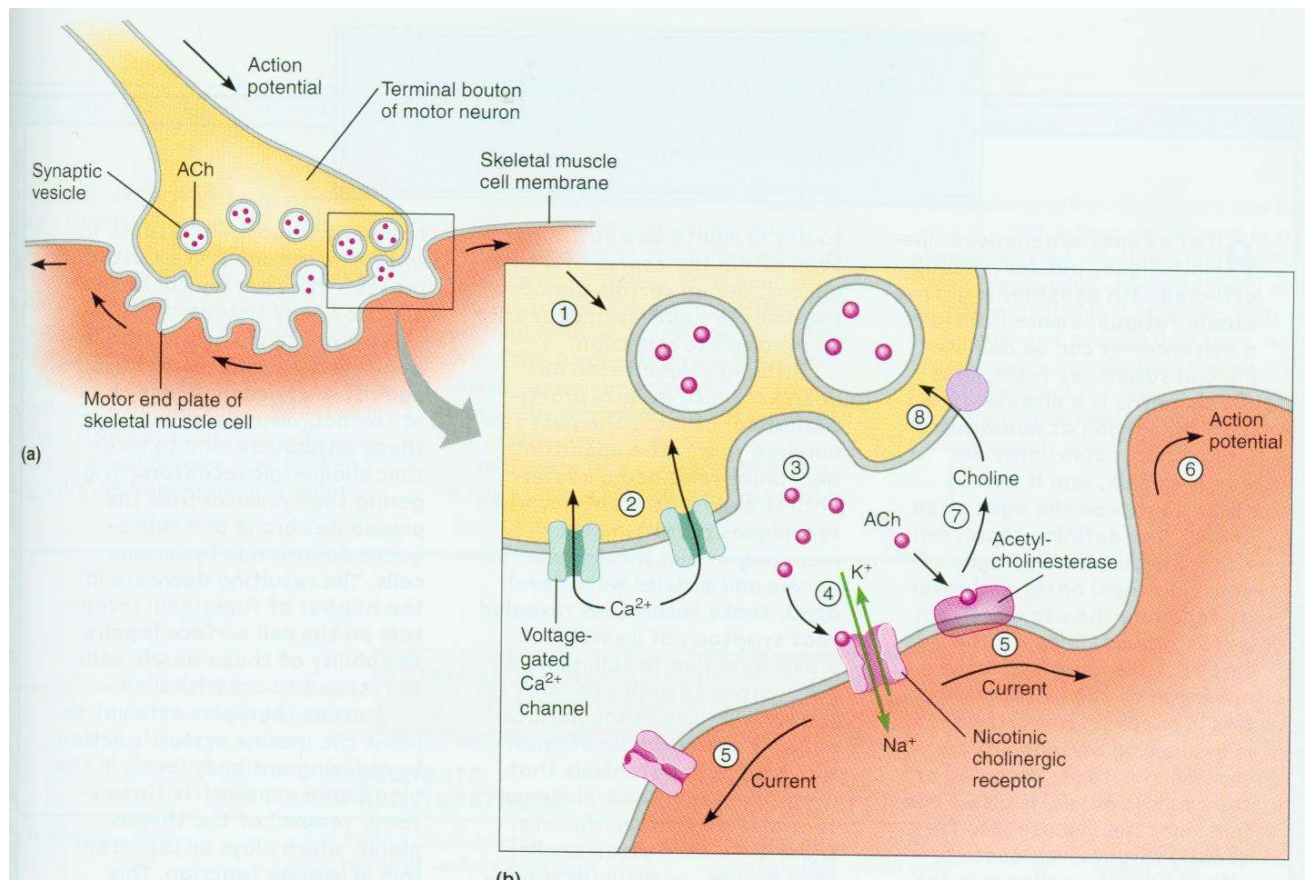
# Neurotransmisores del SNA

- **Acetilcolina (AC)**
- **Noradrenalina (NA)**
- Dopamina (D)
- Adrenalina (A)
- otros

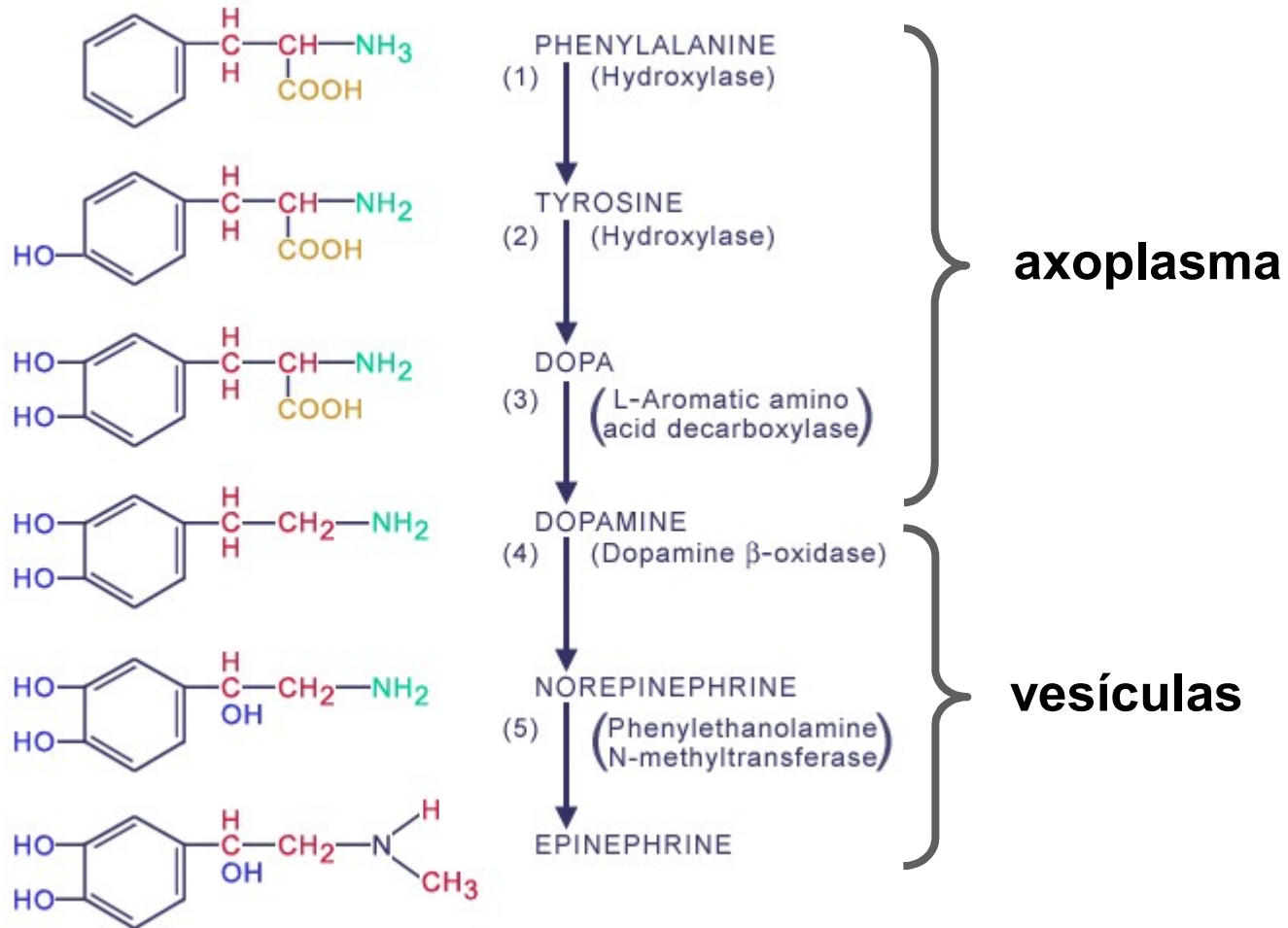


## Acetilcolina:

- Almacenada en las vesículas sinápticas
- **Hidrólisis espontánea** en miliseg.(Colina + Acetato)  
**acetilcolinesterasa**
- La **colina** es transportada de forma retrógrada para reutilización (producción de nueva AC)



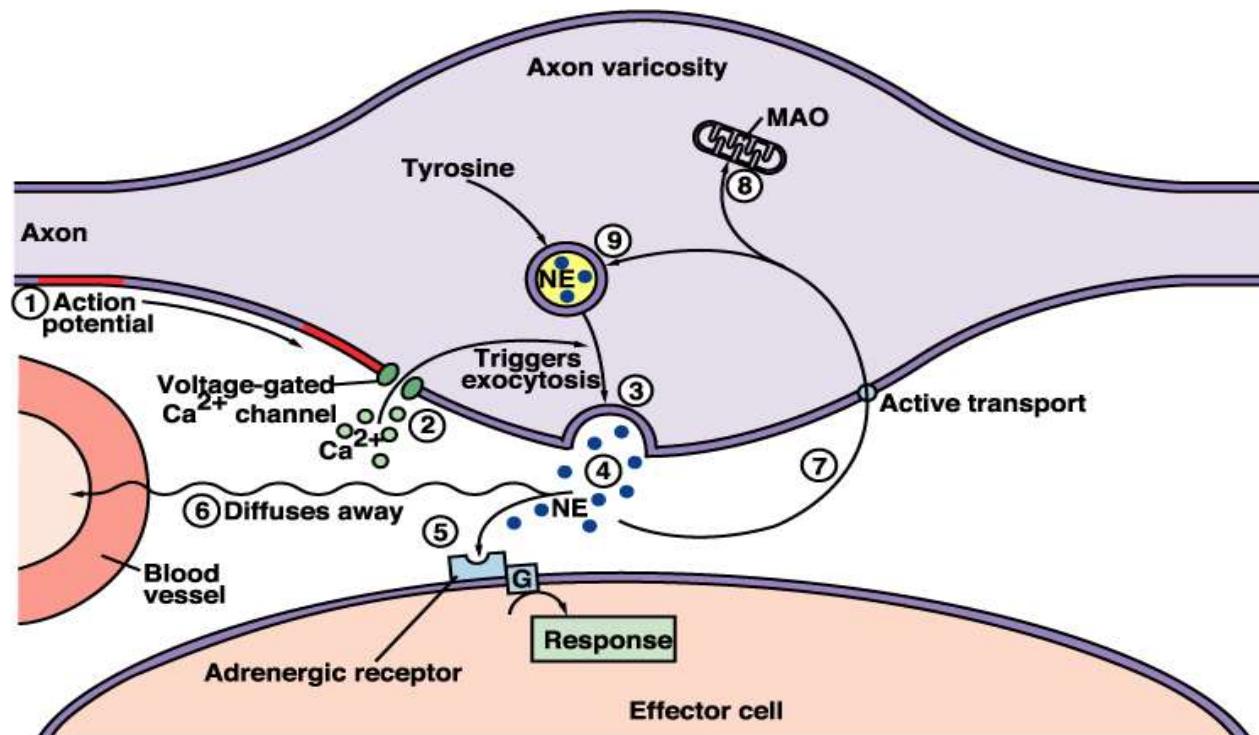
# Síntesis catecolaminas



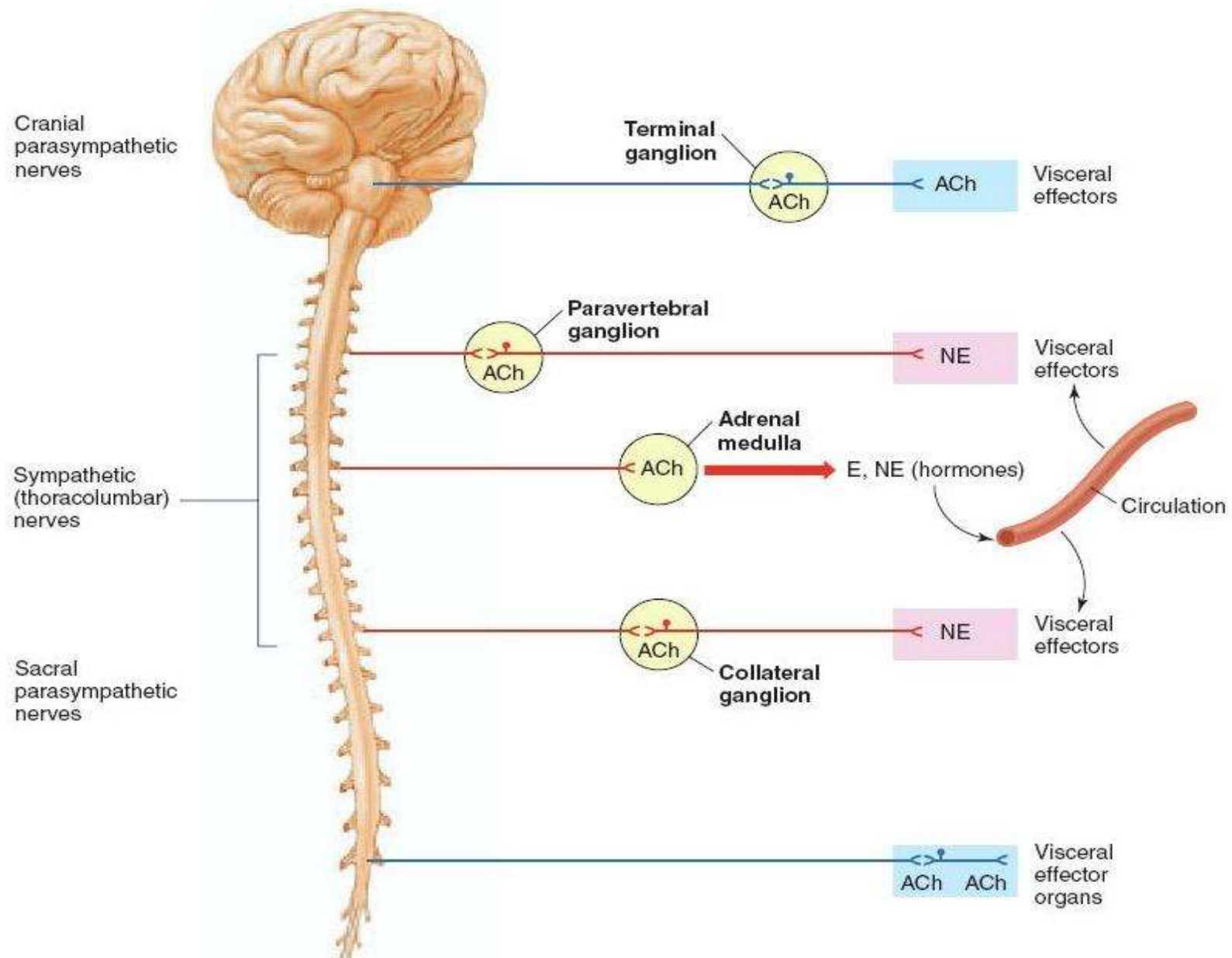


# Metabolismo Noradrenalina

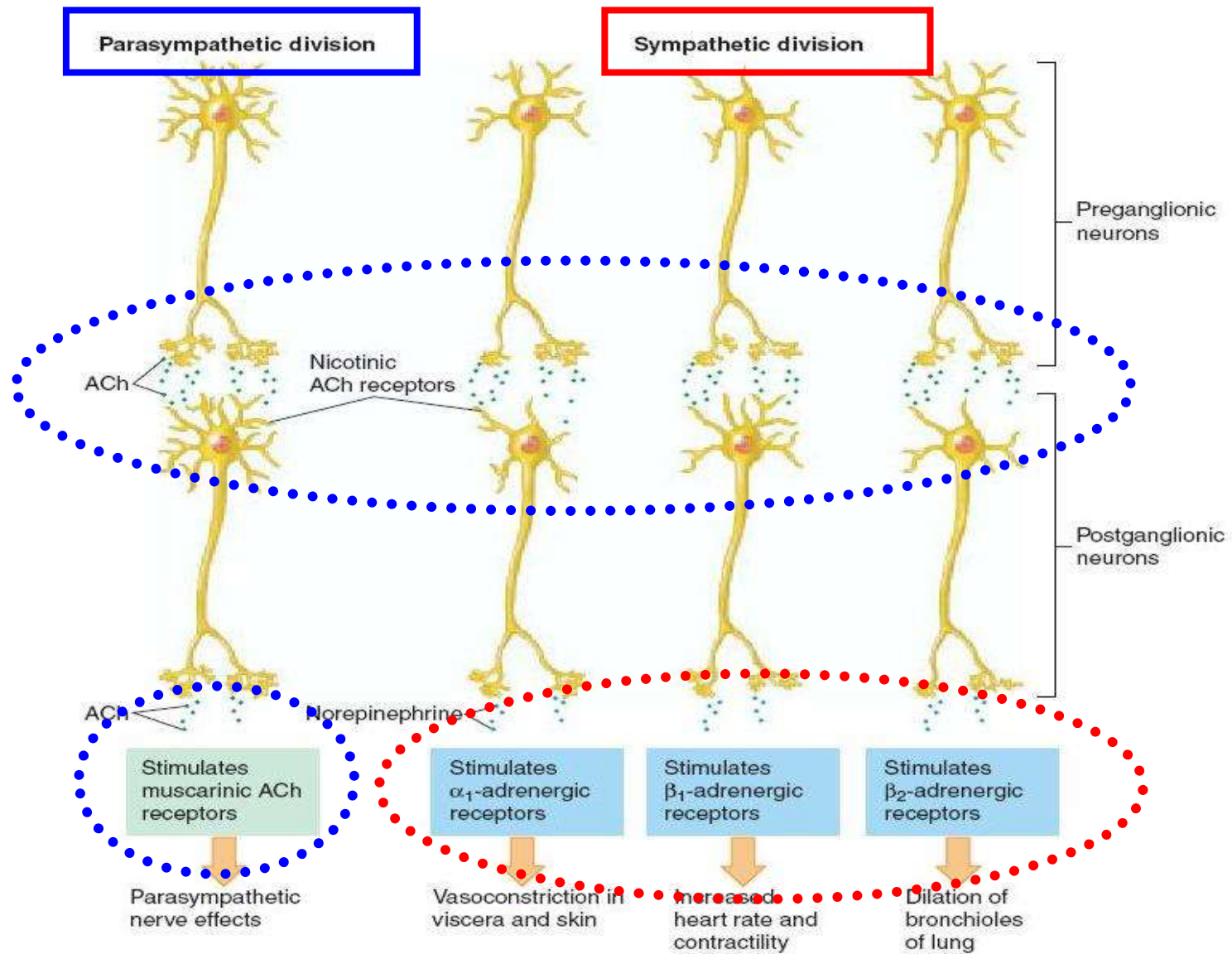
- **Recaptación presináptica con reutilización: 50-80%**
- Destrucción por la MAO (neuronas) y la COMT (tejidos): ácido vanilmandélico → orina.
- Difusión a la circulación y metabolismo hepático y renal
- Eliminación inalterada en la orina (5%).



# Neurotransmisores autonómicos



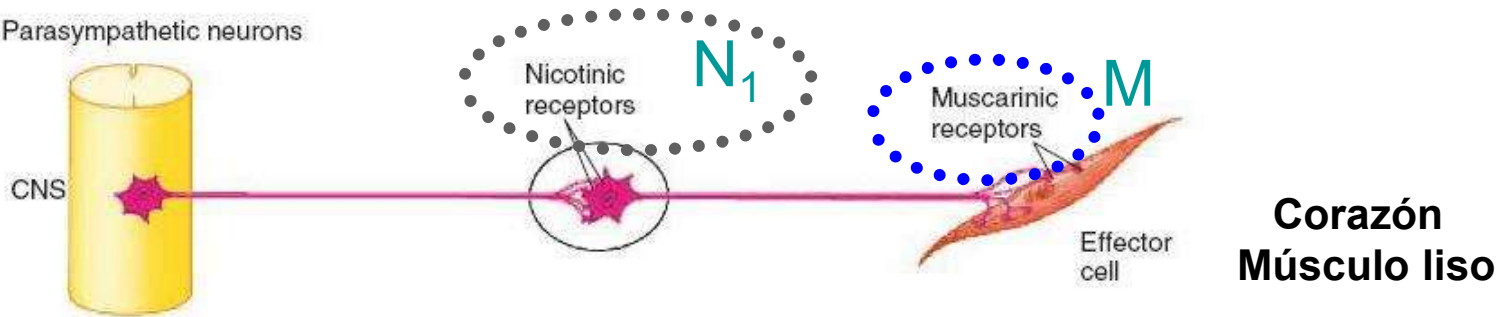
# Receptores autonómicos



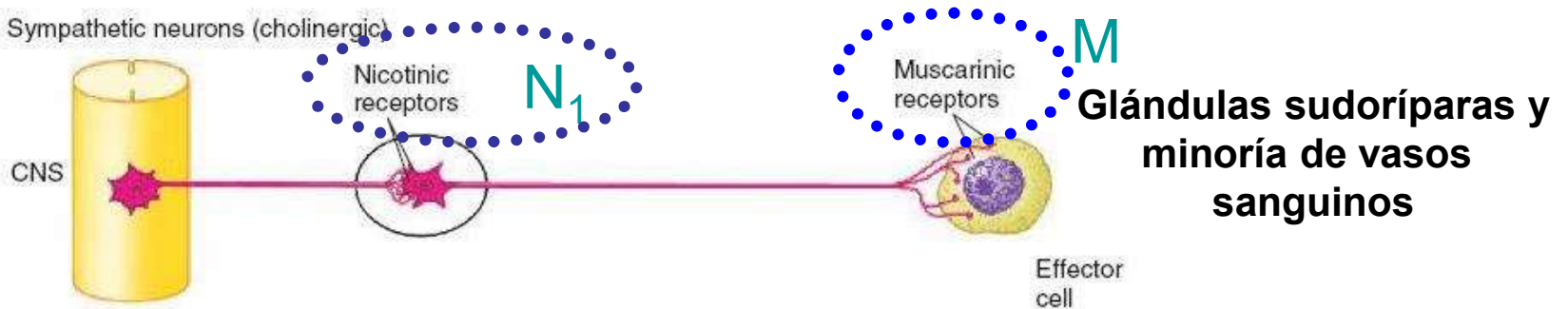


# Receptores de la Acetilcolina

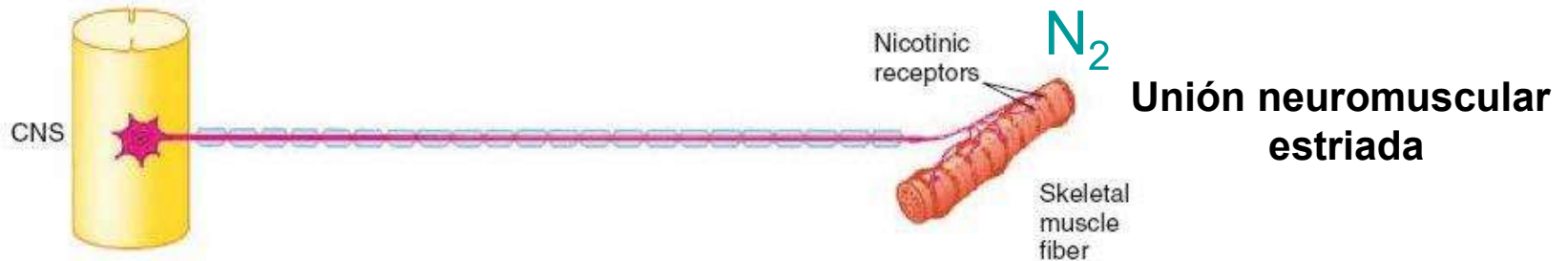
(a) Parasympathetic neurons



(b) Sympathetic neurons (cholinergic)



(c) Somatic motor neuron

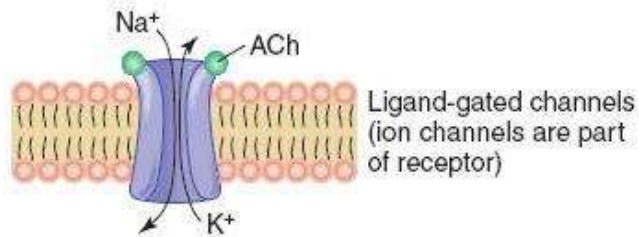


# Receptores Muscarínicos y Nicotínicos

## Nicotinic ACh receptors

Postsynaptic membrane of

- All autonomic ganglia
- All neuromuscular junctions
- Some CNS pathways

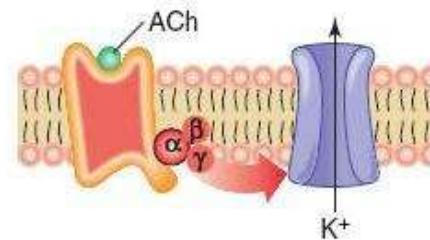


Depolarization

Excitation

## Muscarinic ACh receptors

- Produces parasympathetic nerve effects in the heart, smooth muscles, and glands
- G-protein-coupled receptors (receptors influence ion channels by means of G-proteins)

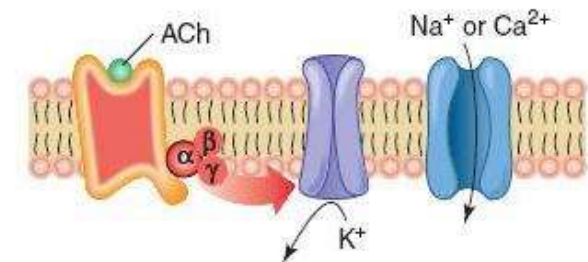


Hyperpolarization

(K<sup>+</sup> channels opened)

Inhibition

Produces slower heart rate



Depolarization

(K<sup>+</sup> channels closed)

Excitation

Causes smooth muscles of the digestive tract to contract

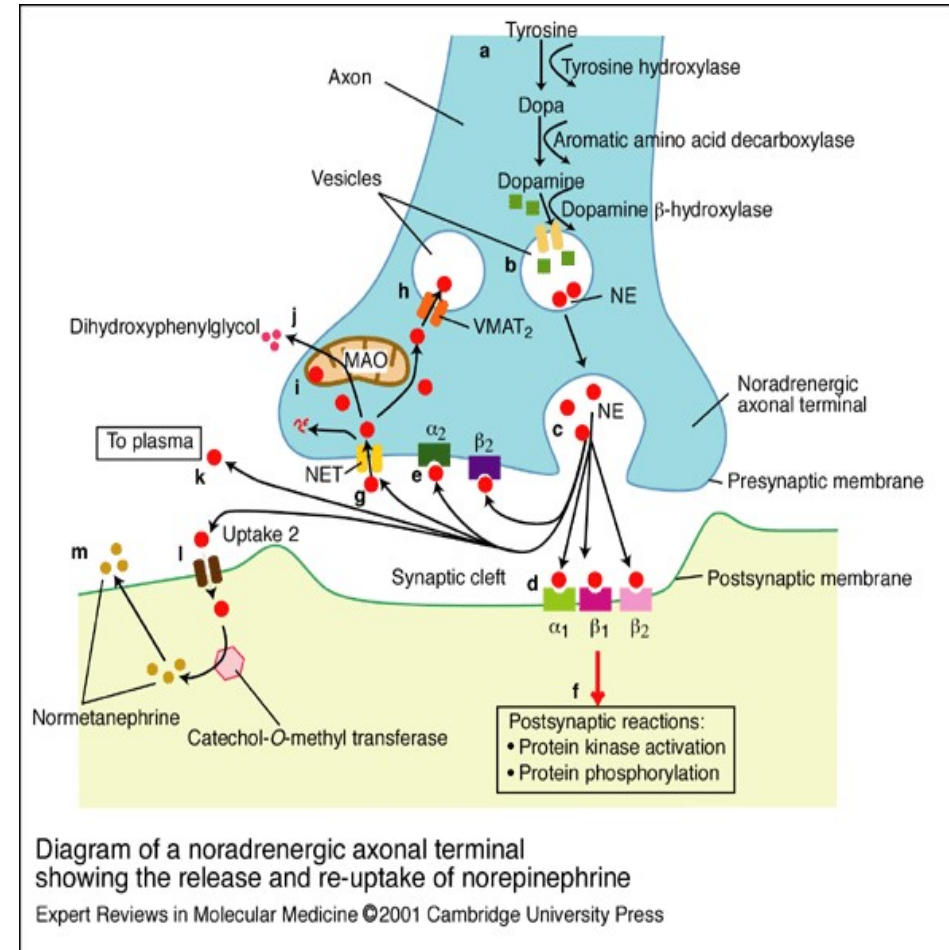
# Efectos colinérgicos

El estímulo muscarínico produce:

- bradicardia
- disminución del inotropismo
- broncoconstricción
- miosis
- salivación
- hipermotilidad gastrointestinal
- aumento de secreción de ácido gástrico

# Receptores adrenérgicos

- Receptores alfa ( $\alpha_1, \alpha_2$ )
- Receptores beta ( $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ )
- Receptores dopaminérgicos ( $D_1, D_2$ )



Pre, post y extrasinápticos

# Receptores adrenérgicos $\alpha$ : $\alpha_1$ y $\alpha_2$

## $\alpha_1$ : Postsinápticos

Músculo liso:

*Vascular (++) arterial)*

Íris, ureter, pilomotor, útero, trigono vesical,  
esfínter vesical, gastrointestinal

Acción: **Constricción** músculo liso EXCEPTO en el  
aparato gastrointestinal → Relajación

# Receptores adrenérgicos $\alpha_2$ presinápticos

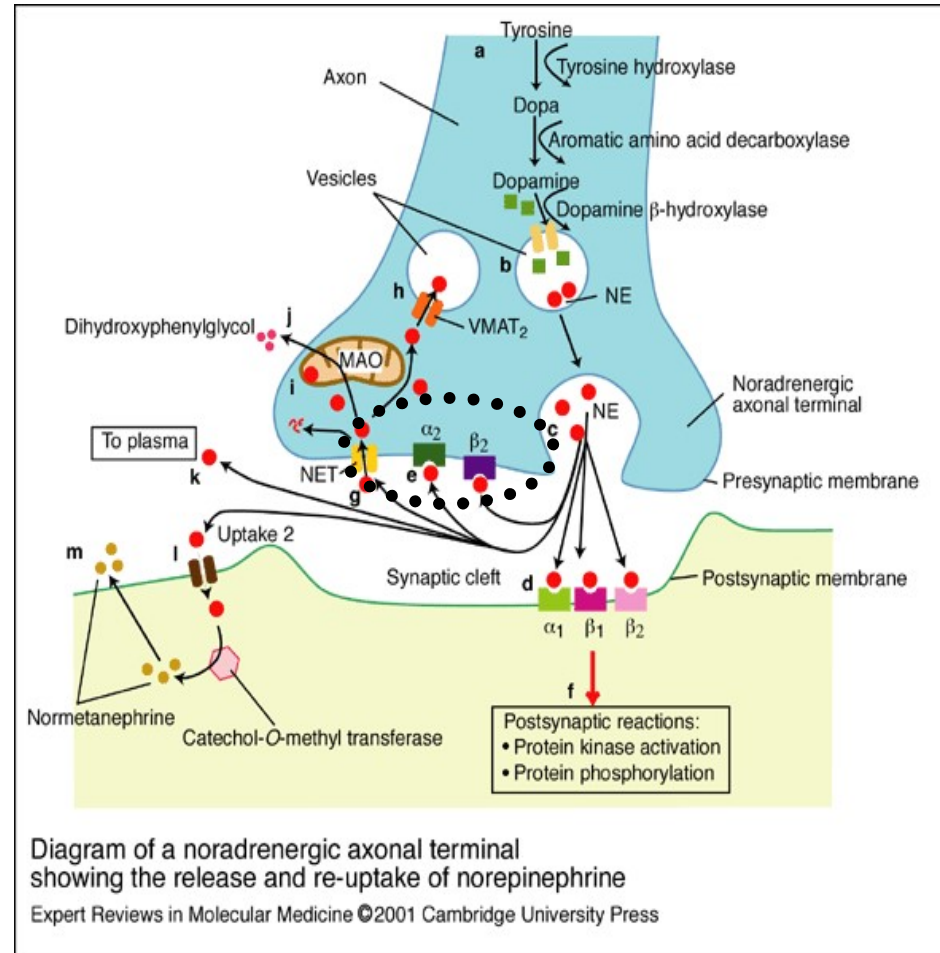
Inhibición de la liberación de NA en la hendidura sináptica



Feed-back negativo del SNS



**Reducción del Influjó Simpático**



## Estimulación $\alpha_2$ presináptica

Bradycardia, vasodilatación, inotropismo (-)  
disminución del GC, hipotensión



Efectos centrales:

Ansiólisis, sedación, analgesia, hipnosis

Ej. agonista: Clonidina, dexmedetomidina

# Receptores adrenérgicos : $\beta_1$ y $\beta_2$

$\beta_1$ : Postsinápticos

**Corazón:** Cronotropico +, Inotropico +, aumento  
velocidad conducción...

$\beta_2$ : Postsinápticos

Vasodilatación, broncodilatación, relajación  
músculo liso, secreción insulina...



# Regulación de los receptores adrenérgicos

El número y la sensibilidad de los R puede variar, alterándose la respuesta a las catecolaminas

## **“downregulation”**

el incremento crónico de las catecolaminas provoca reducción del nº de receptores postsinápticos.

## **“upregulation”**

el tratamiento crónico con antagonistas causa un aumento del nº de receptores

# Que es un fármaco simpaticomimético?

- **Actúan sobre receptores adrenérgicos.**
- Actúan estimulando el SNS (simpaticomiméticos).
- Puede ser o no una catecolamina.
- Los efectos sobre los receptores pueden ser:
  - directos
  - indirectos
  - mixtos

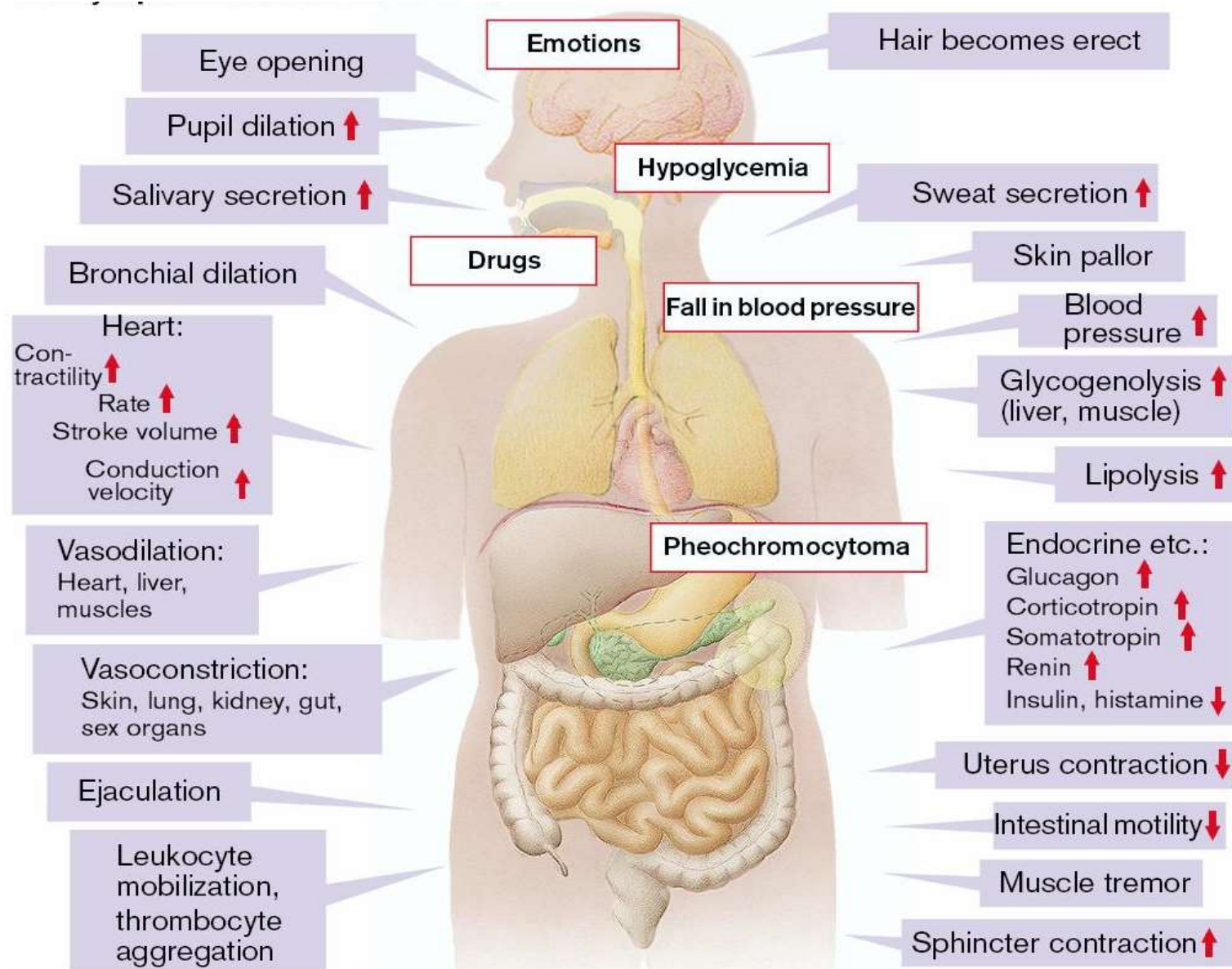
# Que es una catecolamina?

- Compuesto constituido por un **núcleo catecol** (anillo benceno con 2 grupos hidroxil) y una cadena lateral con una **amina**.
- **Actúan sobre receptores adrenérgicos.**
- Son **simpaticomiméticas**.
- Catecolaminas endógenas: **dopamina, noradrenalina y adrenalina**

## Efecto sobre los receptores adrenérgicos

<p><b><math>\alpha_1</math> postsinàptics</b></p> <p>Vasoconstricció          Midriasi          Relaxació del tracte gastrointestinal          Contracció d'efínters gastrointestinals          Contracció de l'efínter vesical</p>	<p><b><math>\beta_1</math> postsinàptics</b></p> <p>Cronotropisme +          Inotropisme +          Augment de la velocitat de conducció          Vasodilatació coronària          Lipolisi</p>
<p><b><math>\alpha_2</math> presinàptics</b></p> <p>Inhibició de l'alliberació de NA</p>	<p><b><math>\beta_2</math> postsinàptics</b></p> <p>Vasodilatació          Broncodilatació          Relaxació gastrointestinal          Relaxació uterina          Relaxació vesical          Glicogenolisis, gluconeogènesi          Secreció d'insulina</p>
<p><b><math>\alpha_2</math> postsinàptics</b></p> <p>Agregació plaquetar          Hiperpolarització de cèl.lules del SNC          Vasoconstricció arterial i venosa          Inhibició d'alliberació d'insulina          Inhibició de l'hormona antidiurètica          Estimula l'alliberació de GH          Inhibició de la motilitat gastrointestinal          Inhibició d'alliberació de renina</p>	<p><b><math>\beta_2</math> presinàptics</b></p> <p>Alliberació de NA</p>

# Activación simpática

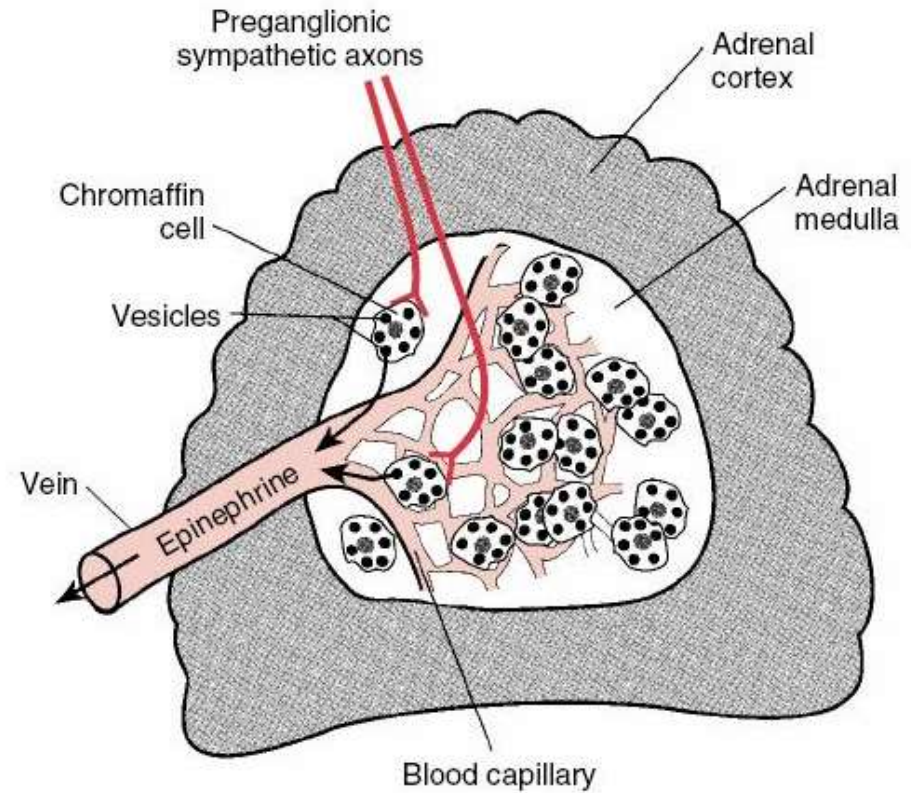
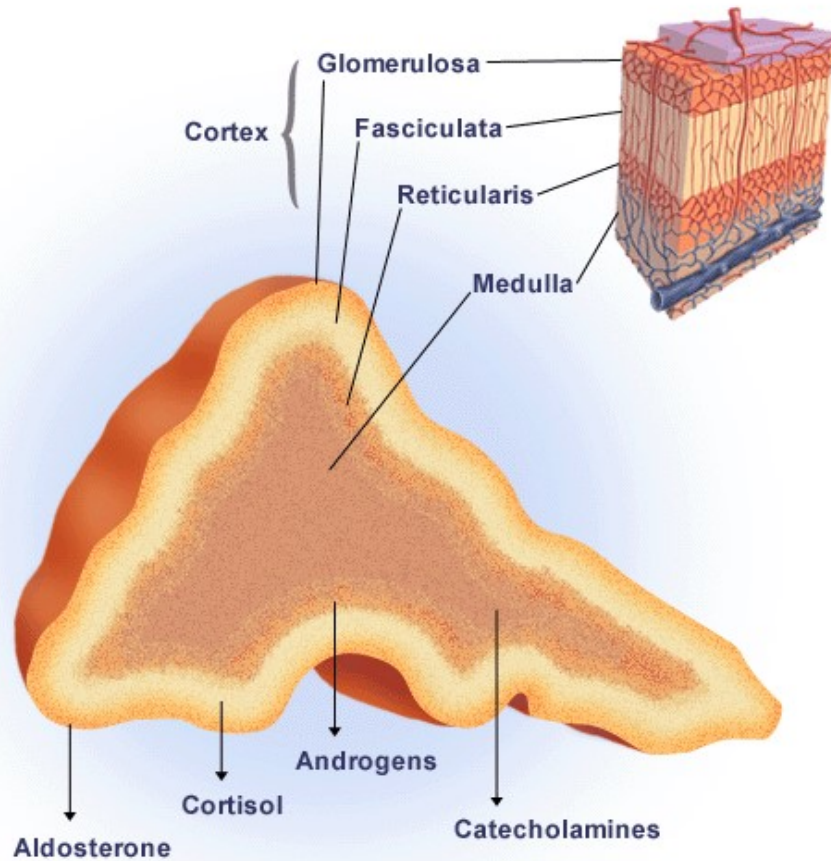


## Efecto de la estimulación simpática y PS

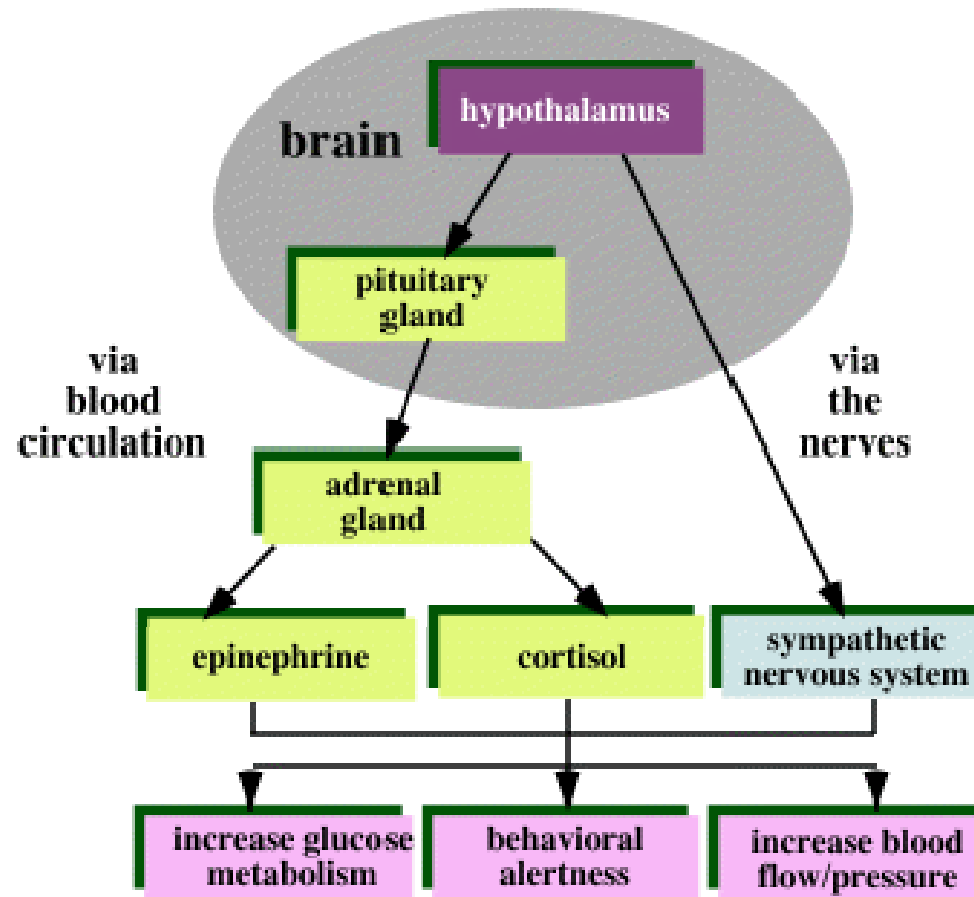
Òrgan efector	Resposta adrenèrgica	Resposta colinèrgica	Receptor adrenèrgic
Cor Cronotropisme Inotropisme	Augmenta Augmenta	Disminueix Disminueix	$\beta_1$ $\beta_1$
Vasos sanguinis Arteries Múscul esquelètic Venes	Vasoconstricció Vasodilatació Vasoconstricció		$\alpha_1$ $\beta_2$ $\alpha_2$
Bronquis	Broncodilatació	Broncoconstricció	$\beta_2$
Úter	Contracció	Variable	$\alpha_1$
Càpsula prostàtica	Contracció		$\alpha_1$
Tracte gastrointestinal	Relaxació	Contracció	$\alpha_2$
Ull Múscul radial iris Múscul circular iris Múscul ciliar	Contracció (midriasi)  Relaxació	Contracció (miosi) Contracció (acomodació)	$\alpha_1$  $\beta$
Ronyó	Secreció renina		$\beta_1$
Bufeta urinària Detrusor Trígon i esfínter	Relaxació Contracció	Contracció Relaxació	$\beta$ $\alpha_1$
Urèter	Contracció	Relaxació	$\alpha_1$
Alliberament insulina pancreàtica	Disminueix		$\alpha_2$
Cèl·lules grasses	Lipòlisi		$\beta_1$
Glicogenòlisi hepàtica	Augmenta		$\alpha_1$
Fol·licle pilós, múscul llis	Contracció (piloerecció)		$\alpha_1$
Secreció nasal		Augmenta	
Glàndules salivals	Augment secreció	Augment secreció	$\alpha_1$
Glàndules de la suor	Augment secreció	Augment secreció	$\alpha_1$



# Función de la glándula suprarrenal



## Hormone vs Neurotransmitter



**SISTEMA DUAL DE SEGURIDAD!**

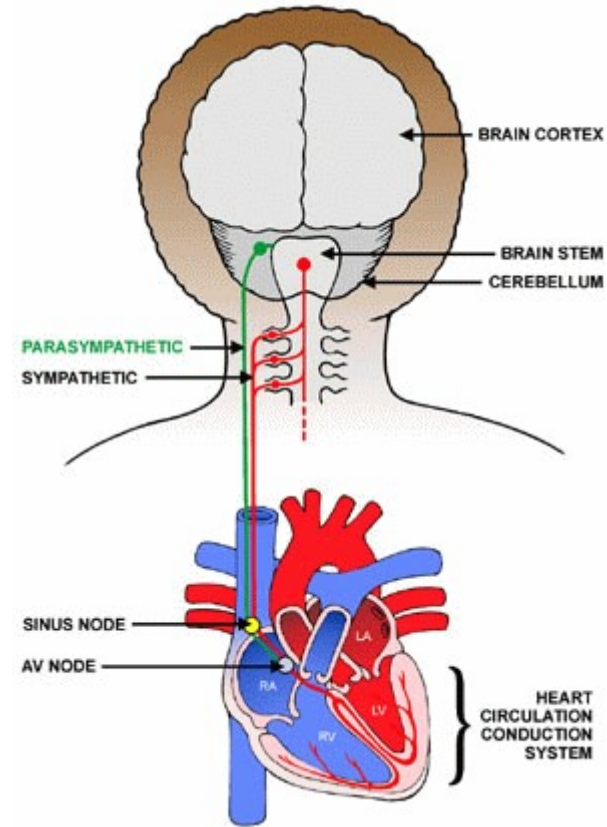
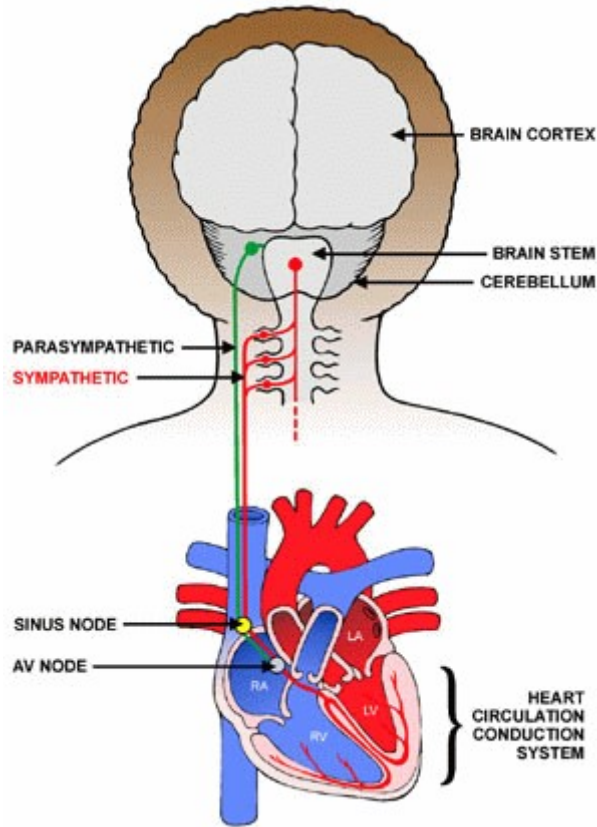


# Efectos de la adrenalina

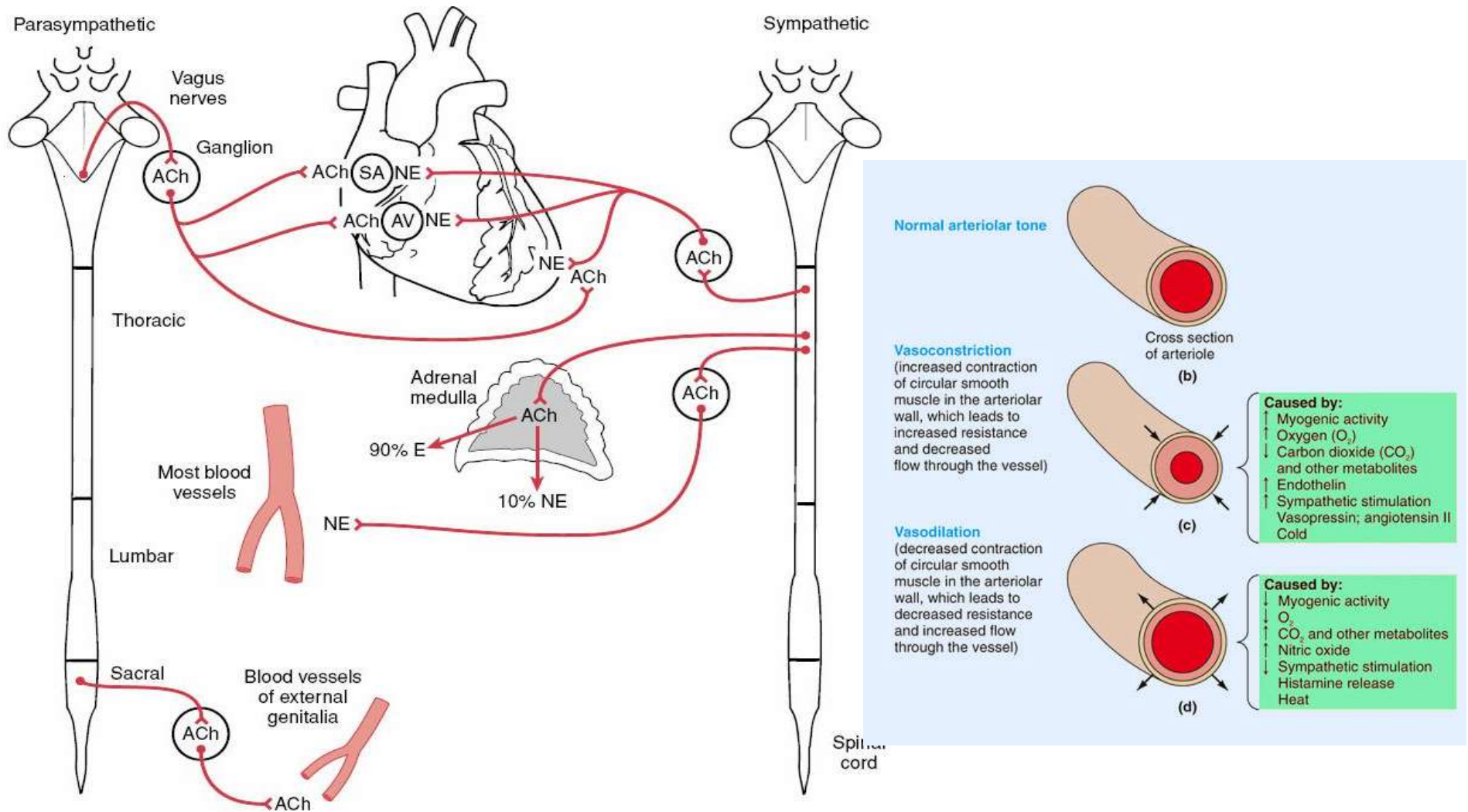
Efectos similares a la NA pero:

- Mayor efecto sobre el GC
- Mayor duración de acción: 5-10 min
- Menor efecto sobre el sistema vascular (RVS y TA)
- Mayor efecto metabólico: aumenta el metabolismo hasta un 100%

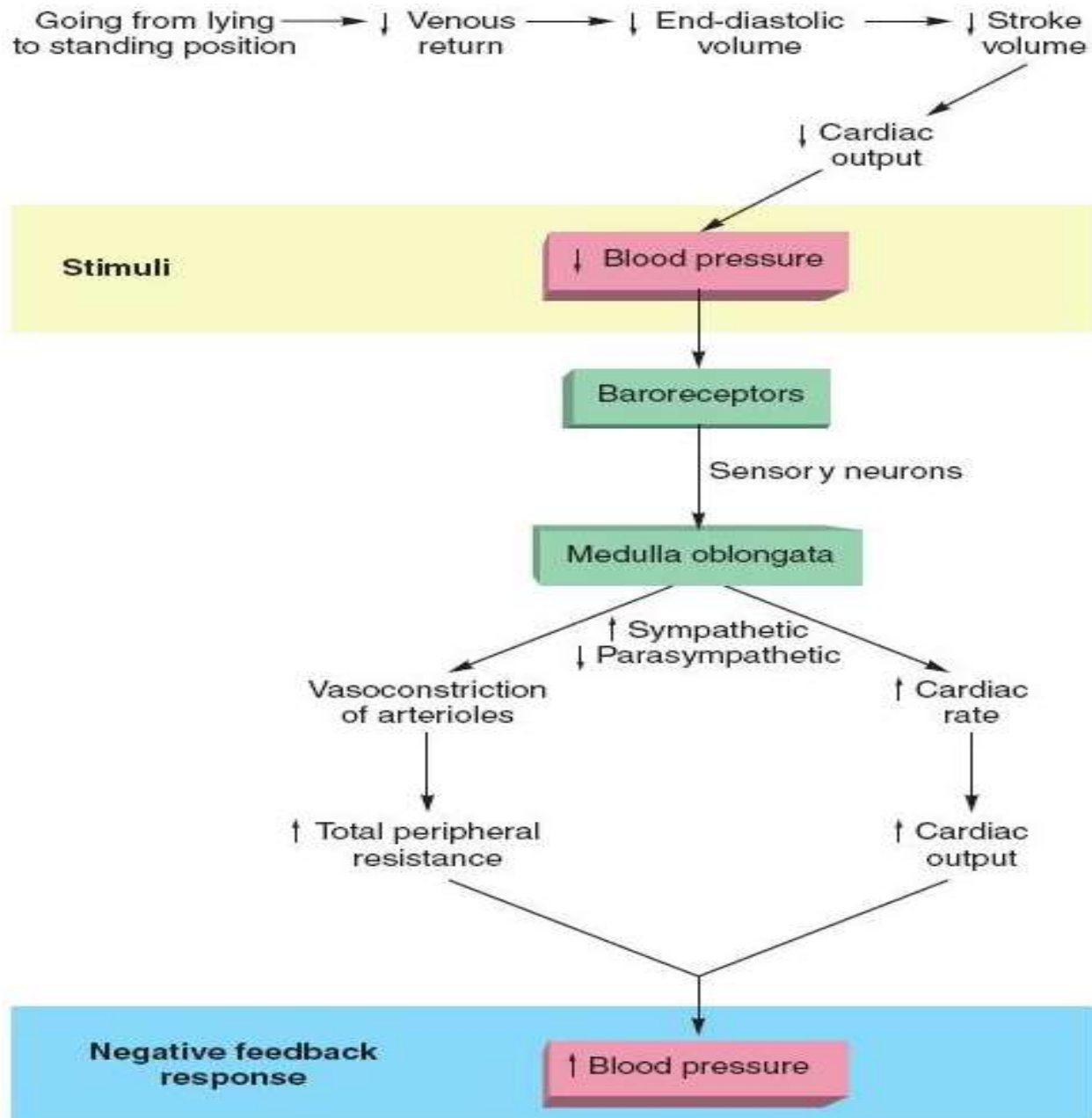
# Inervación autonómica del corazón



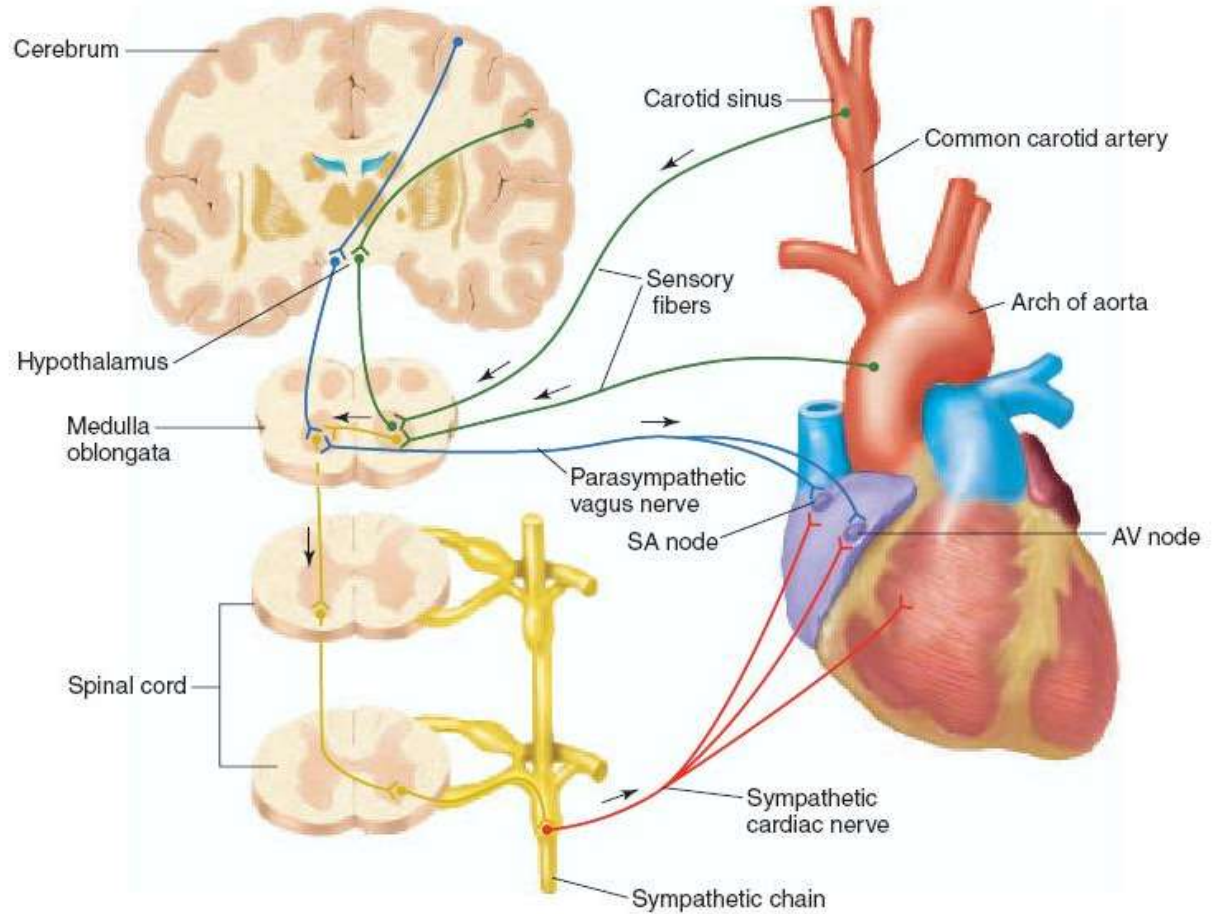
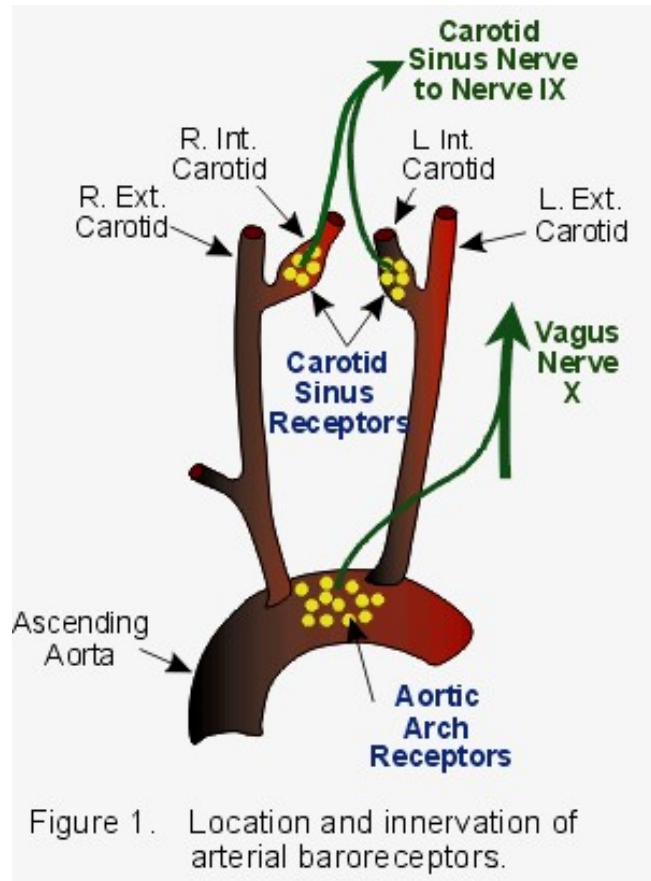
# Control de la circulación



# Reflejo baroreceptor

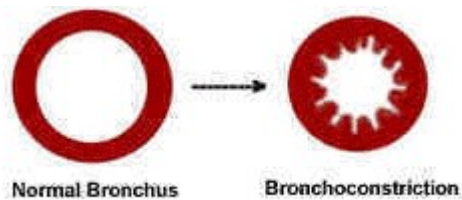
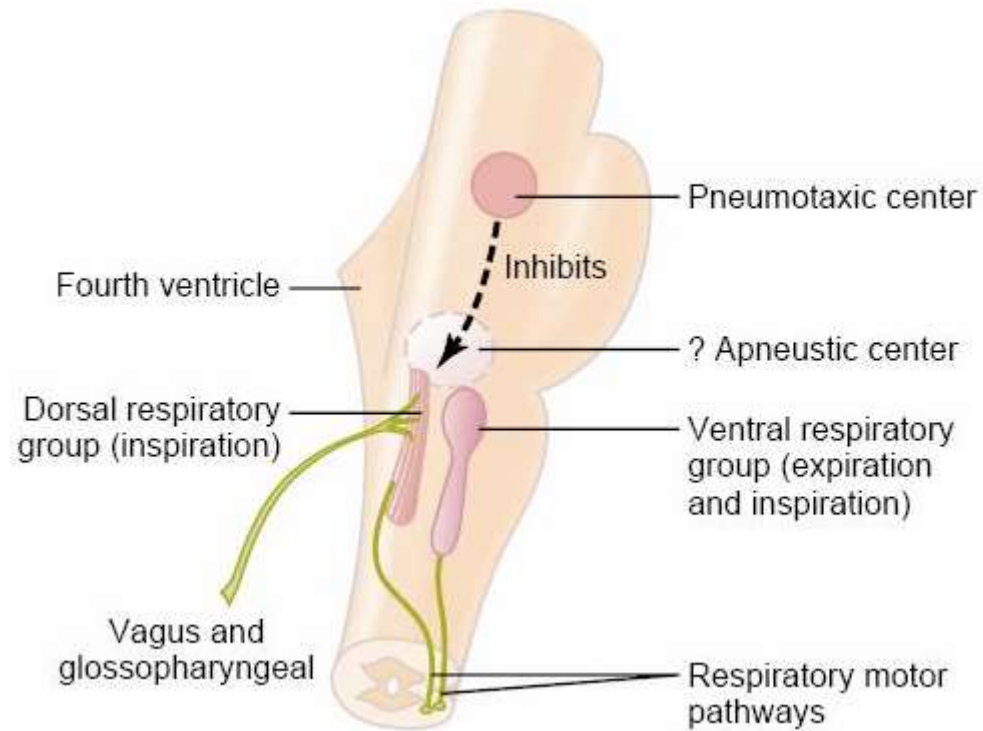


# Reflejo barorreceptor: control TA, FC, GC



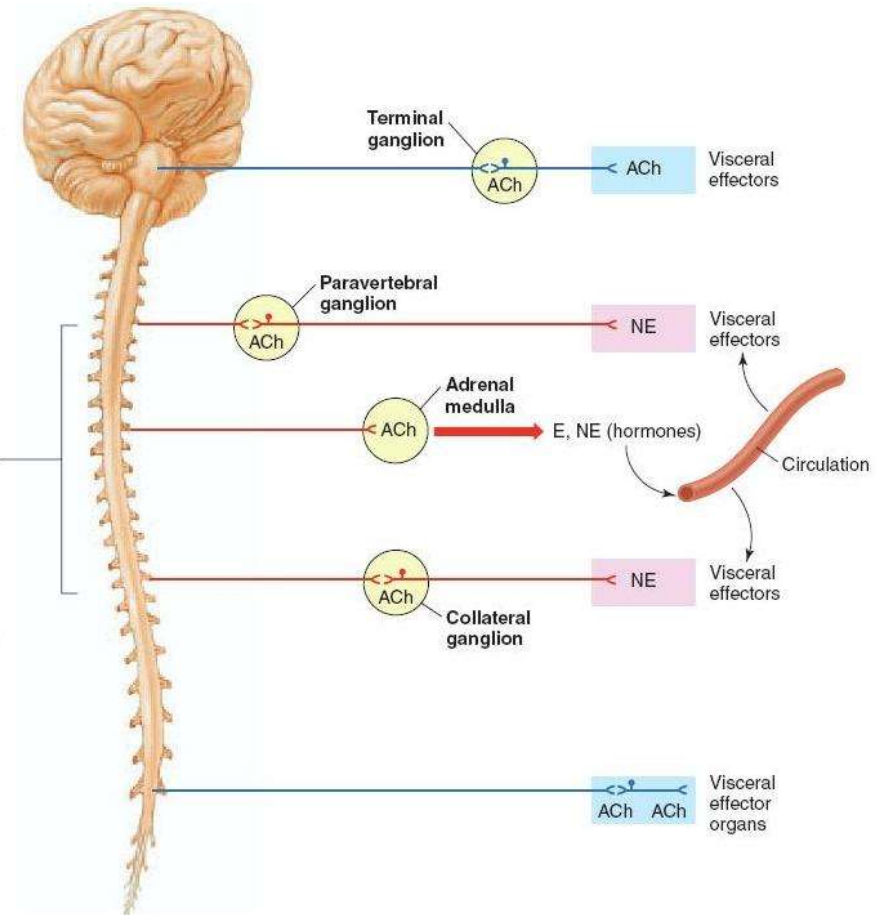
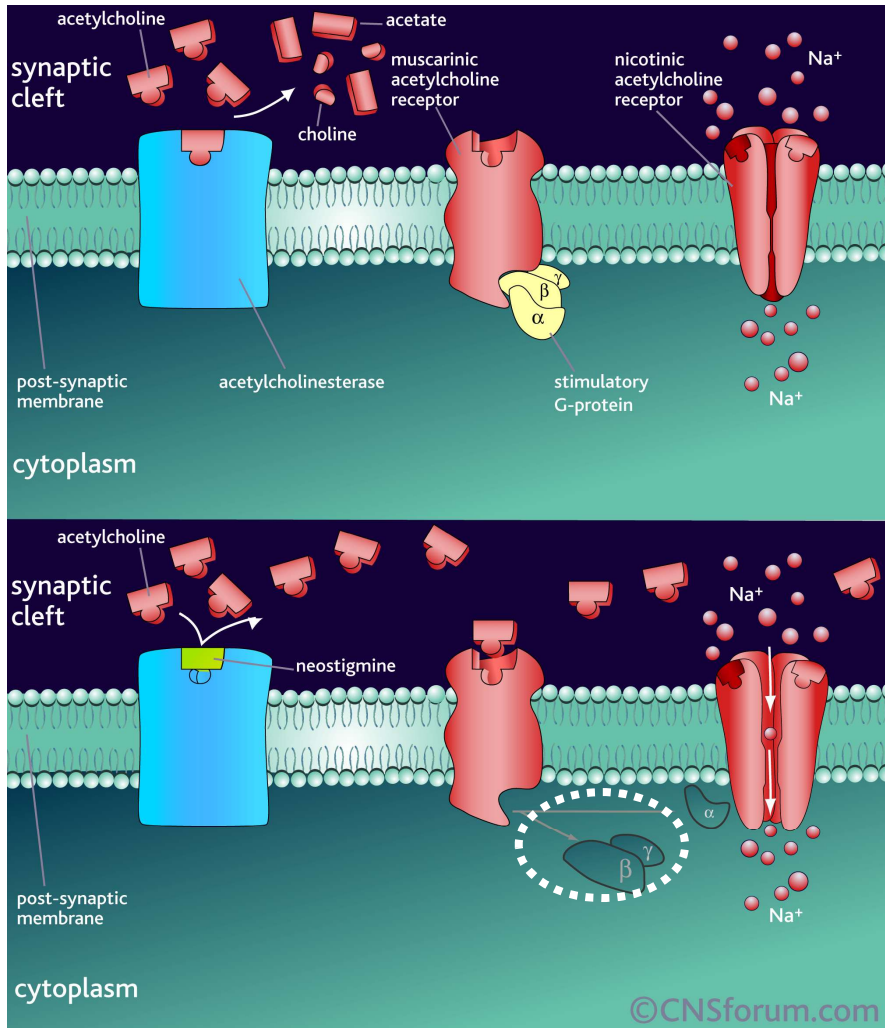


# Sistema respiratorio



- Paciente de 40 años, 97 Kg de peso, mide 180 cm. Presenta HTA esencial diagnosticada hace 3 años, tto con enalapril y valsartan.
- Diagnóstico de fractura olécranon
- Llega a quirófano ligeramente HTA, FC de 70 lpm en RS
- Inducción anestésica con 150 mcg fentanilo, 120 mg de propofol y 50 mg de rocuronio
- IOT fácil, después de la IOT TA 230/120 mmHg, FC 140 lpm en RS.

# Bradycardia extrema y broncospasmo tras la administración de neostigmina





Paciente mujer de 50 años, ***sin antecedentes patológicos importantes, aunque hay referencia en la HC a un cuadro depresivo.*** Anestesia general para realización de histerectomía abdominal.

- Después de la inducción anestésica, presenta hipotensión (70/40 mmHg) que se trata con 10 mg + 10 mg de efedrina. Posteriormente presenta una crisis HTA mantenida (220/120 mmHg) y taquicardia supraventricular a 160 lpm. Tratada con labetalol.

- Cesárea emergente por sufrimiento fetal. La paciente a los 10 min, presenta una taquicardia sinusal de 160 lpm y empieza a quejarse de dolor torácico. En el ECG se objetiva un descenso del segmento ST en prácticamente todas las derivaciones

- Paciente de 21 años, ASA1. Fractura abierta tobillo, en la noche de sábado. IQ urgente 2h después del accidente, bajo anestesia intradural (nivel sensitivo T6).
- Presenta taquicardia paroxística supraventricular, que se trata con labetalol.
- HTA mantenida y refractaria al tratamiento con labetalol. Necesidad de sedación con dosis altísimas (15 mg de midazolam ev)

Paciente de 50 años, parapléjico desde hacía 10 años (accidente tráfico). Diagnóstico de oclusión intestinal de varios días de evolución en domicilio. Indican cirugía urgente.

Se realiza inducción de secuencia rápida IOT con Sellick, sin incidencias.

Pocos minutos después, se observan cambios en el ECG con T altas y picudas, ensanchamiento del complejo QRS y posteriormente entra en FV.