

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



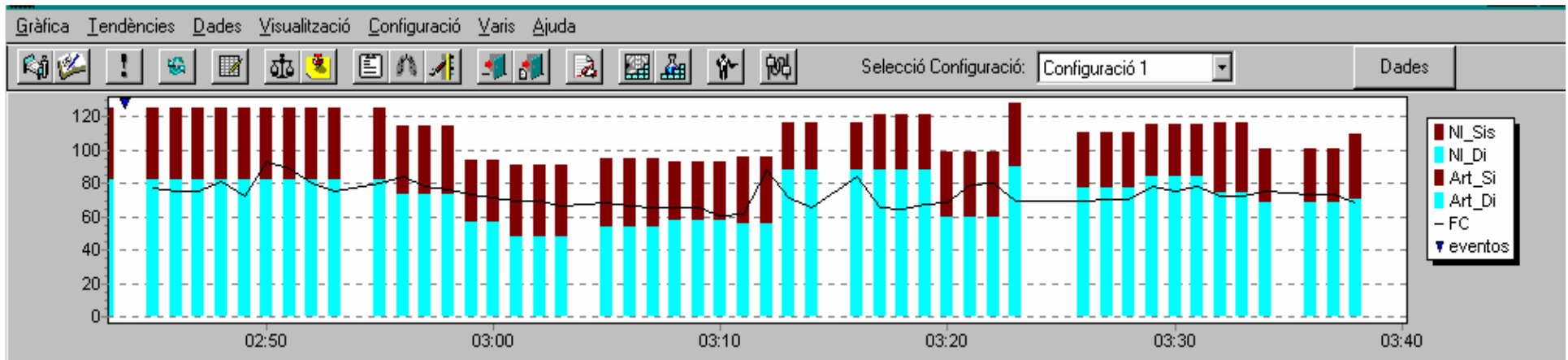
Ayuda a controlar:

- 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



Dolor crónico

Anestésicos iv

Estrés quirúrgico

Anestésicos inhalatorios

Dolor agudo

Relajantes musculares

SNA

Anticolinesterasicos

Hemorragia

Anestesia regional

Aporte de volumen

Fármacos cardiovasculares

Fármacos broncodilatadores

Infección

Fármacos antidepresivos

Ritodrina

Hipotermia

Drogas (cocaína)

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

Anatomía funcional

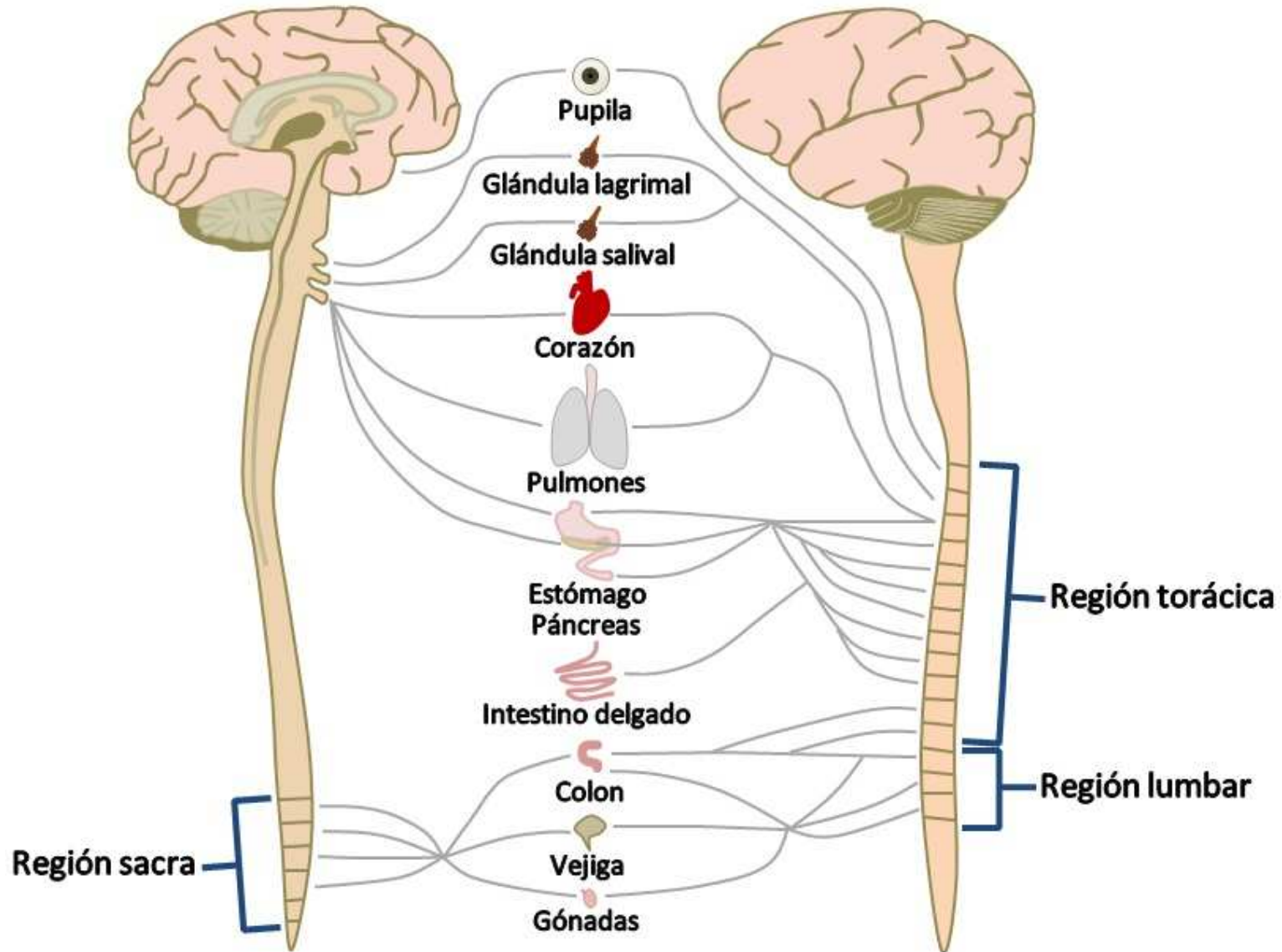
Anatomía, Fisiología y Farmacología:

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

Sistema nervioso autónomo

Sistema parasimpático

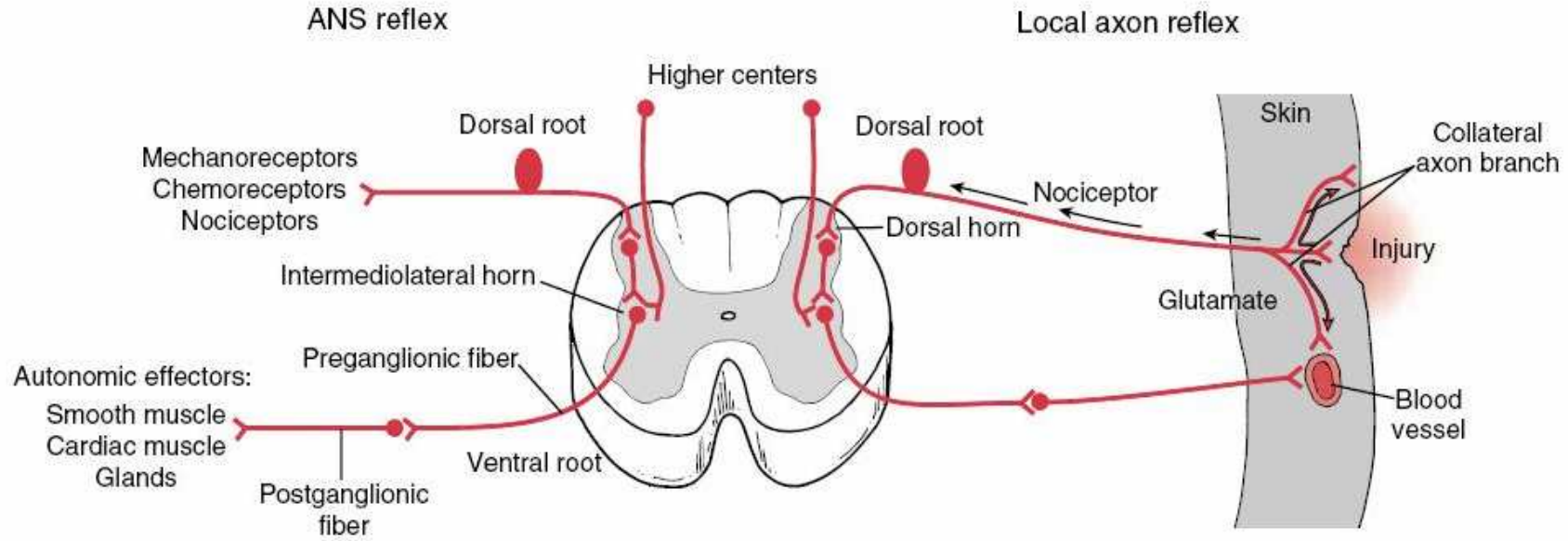
Sistema simpático



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

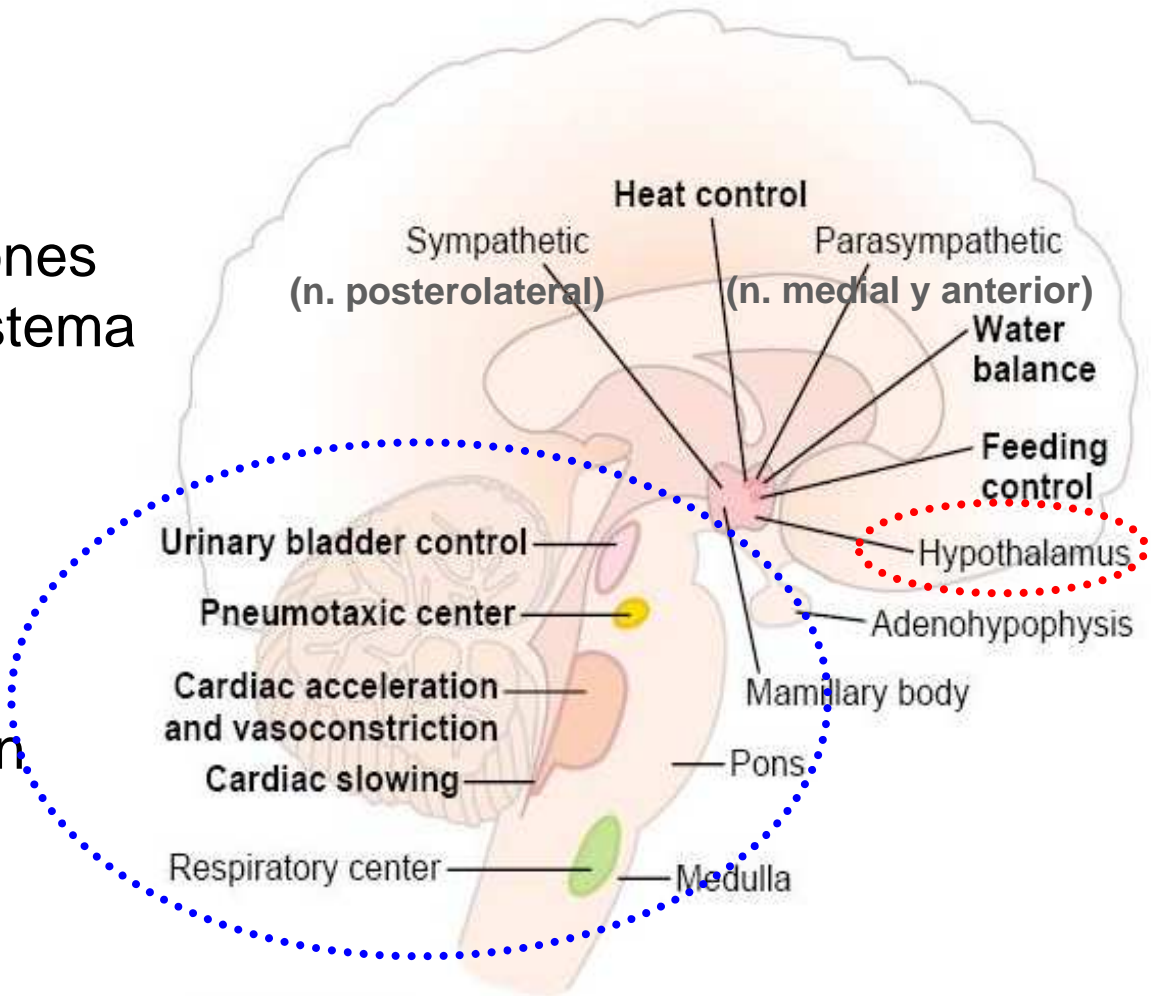
Integración a diferentes niveles:

- Hipotálamo:

control de todas las funciones vitales, integración con sistema neuroendocrino

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

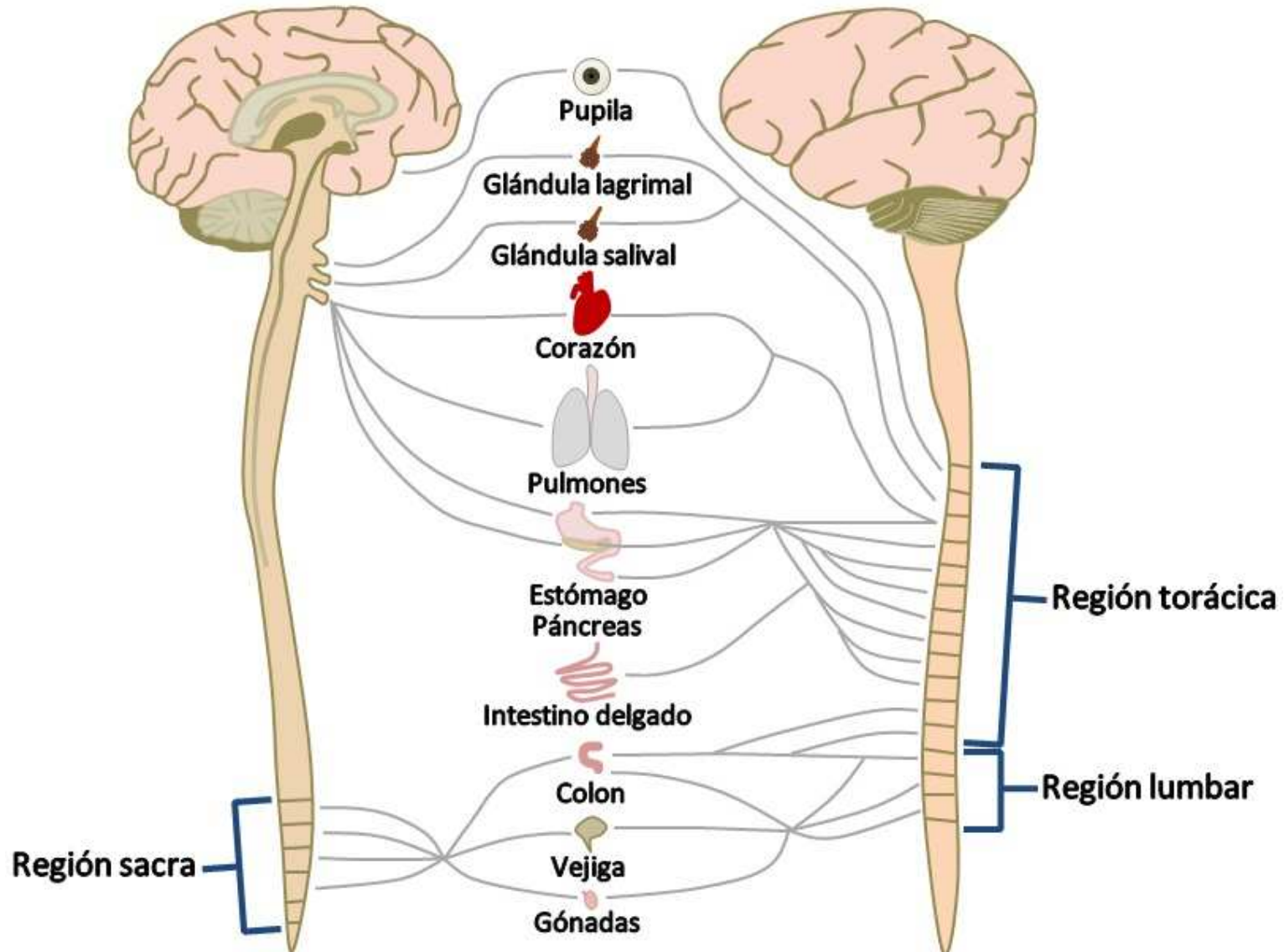
- Medula:
reflejos viscerales



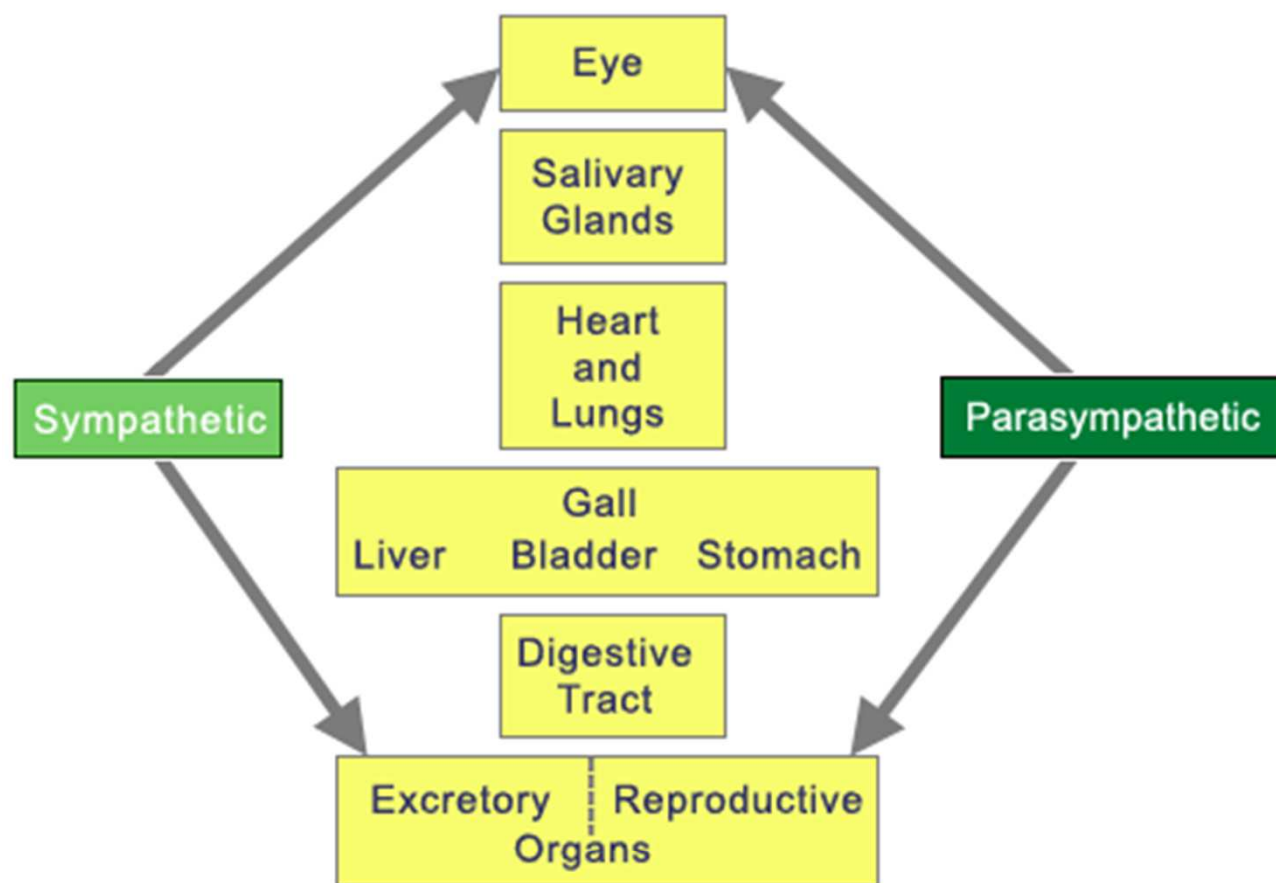
Sistema nervioso autónomo

Sistema parasimpático

Sistema simpático



Autonomic innervation of individual organs



examples of **single** innervation:

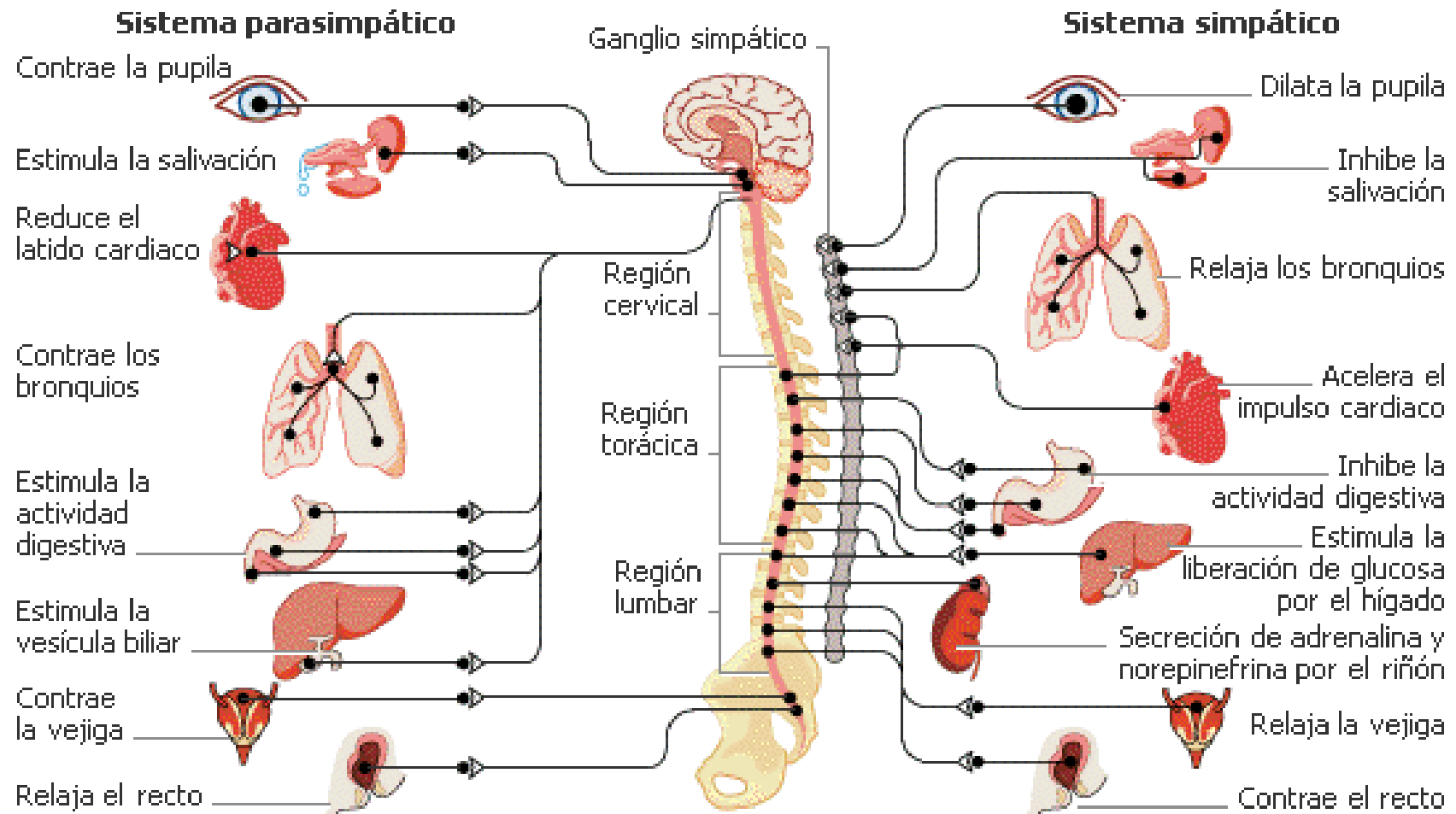
Parasympathetic only: - Lacrimal glands

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

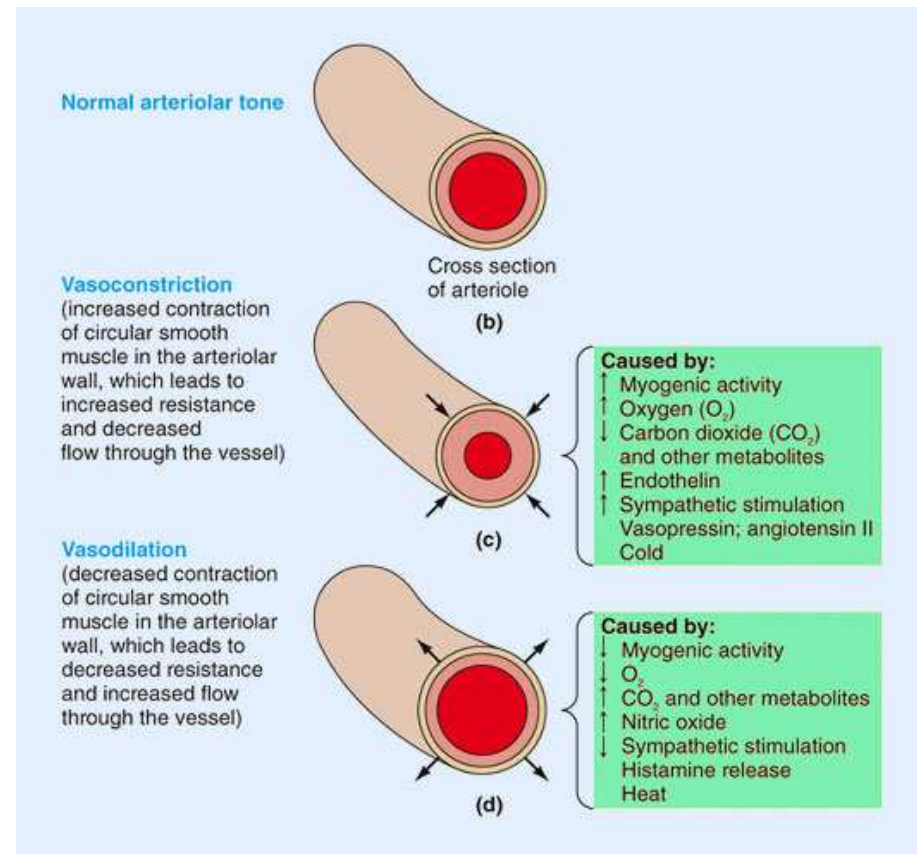


Tono basal

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

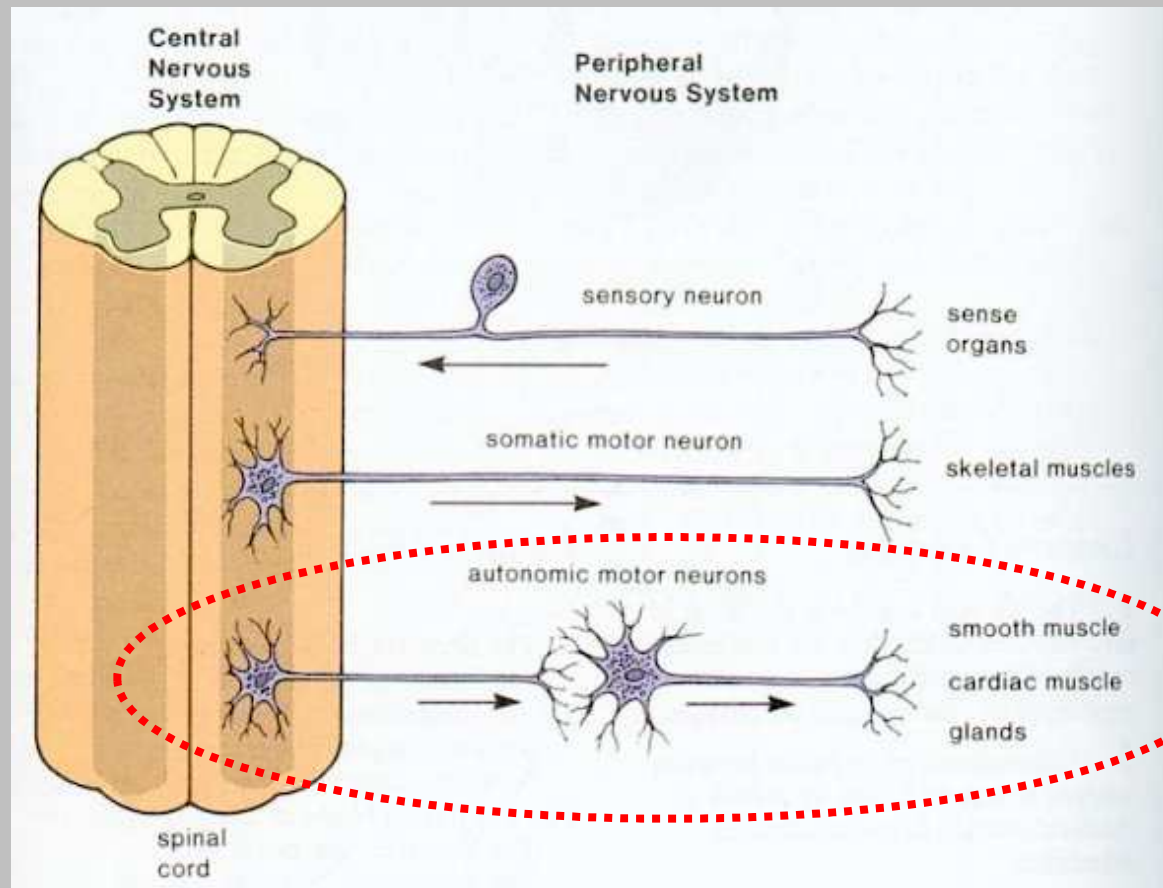
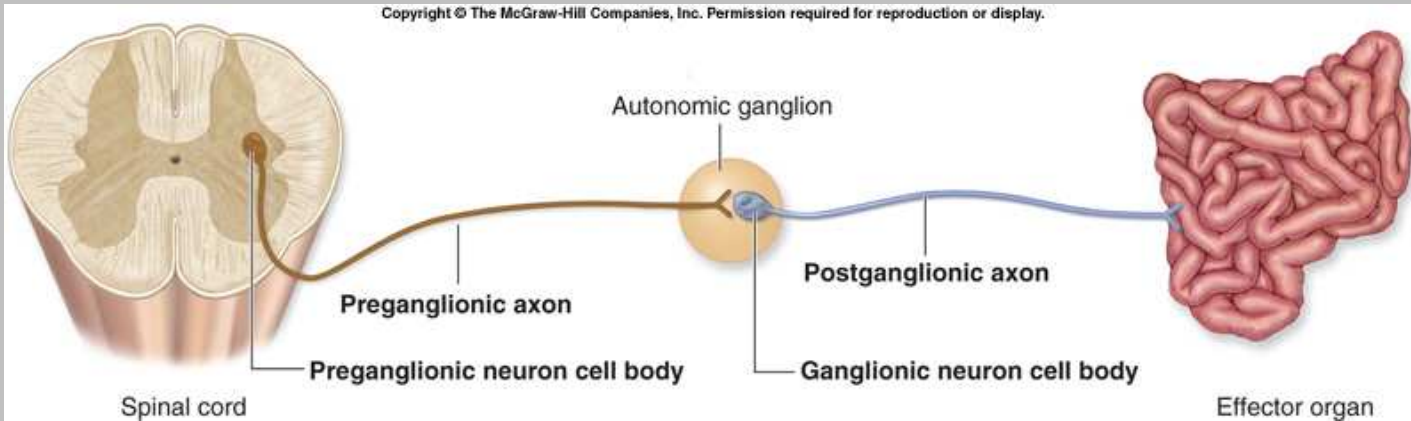


“Rest and digest”

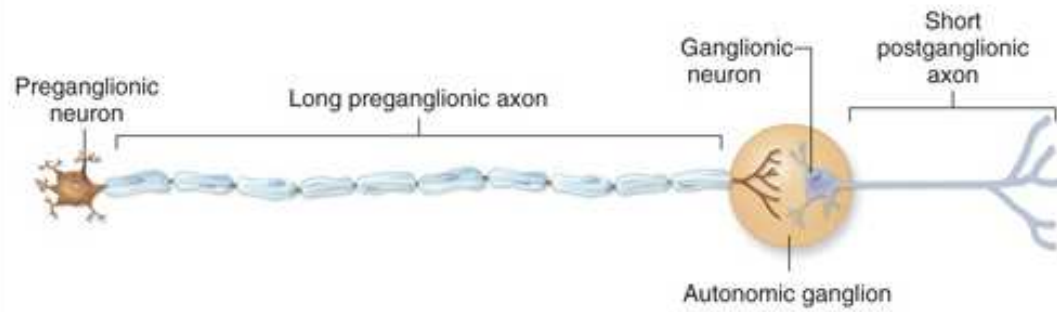
- Activación intensa: bradicardia, náuseas y vómitos, aumento del peristaltismo, aumento de secreciones, broncoconstricción, enuresis...
- Reflejos relativamente específicos

Diferencias entre SNA y Somático

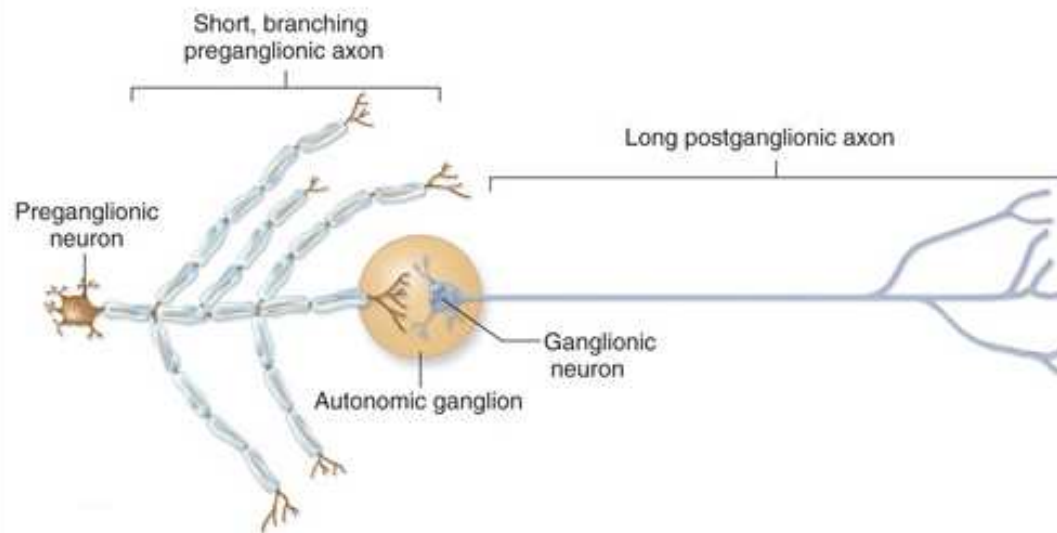
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



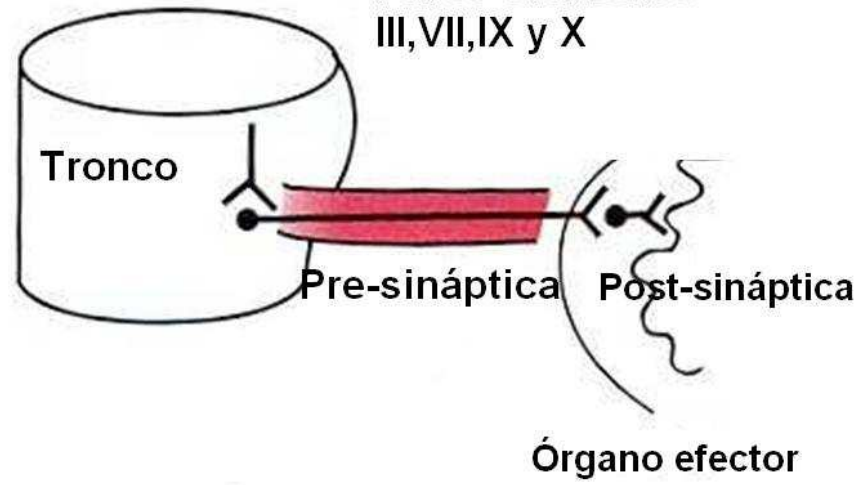
Parasympathetic Division



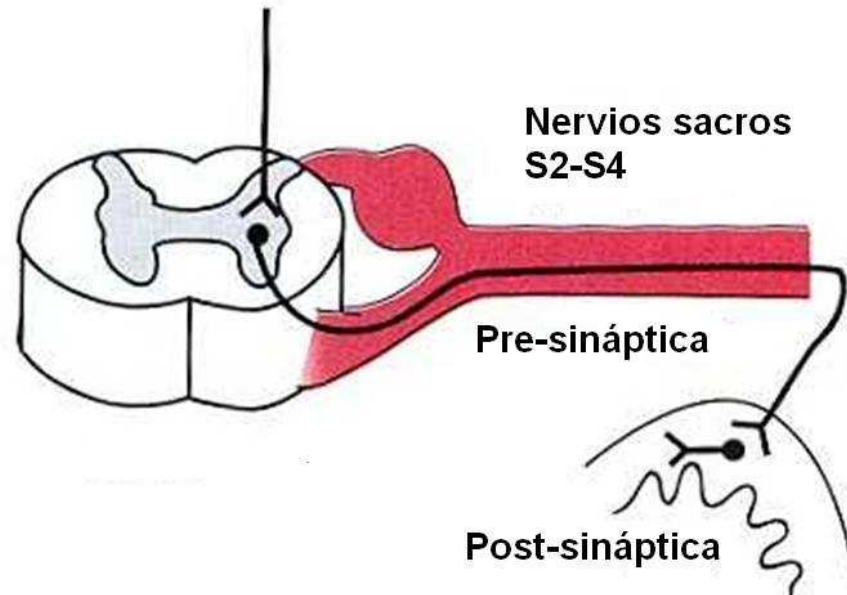
Sympathetic Division



Pares Craneales
III, VII, IX y X

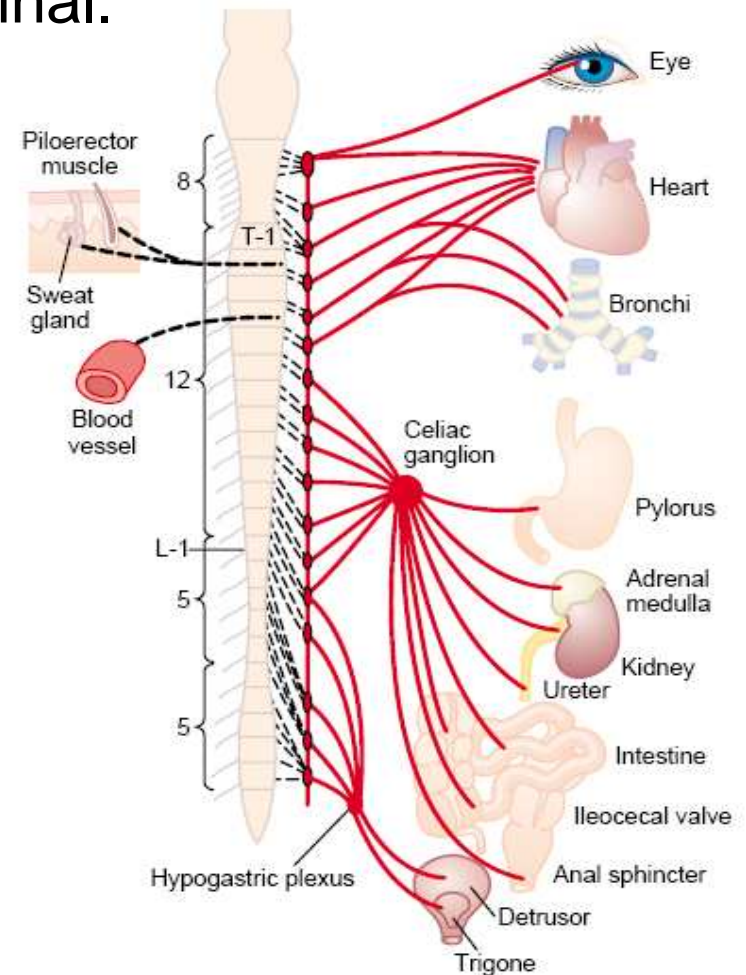
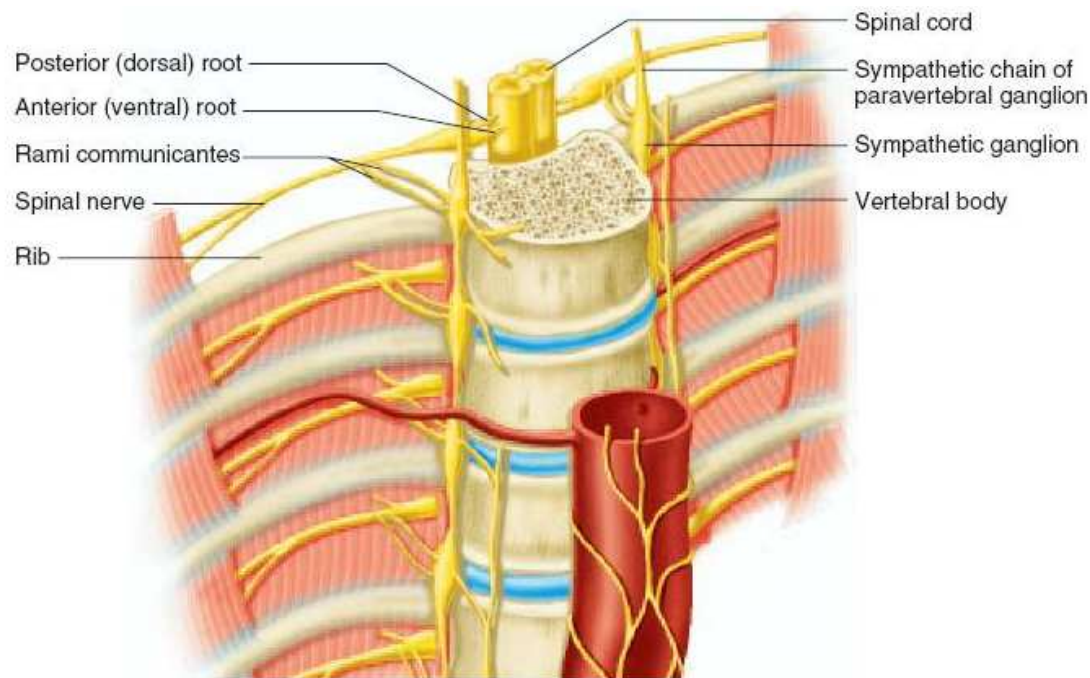


Nervios sacros
S2-S4

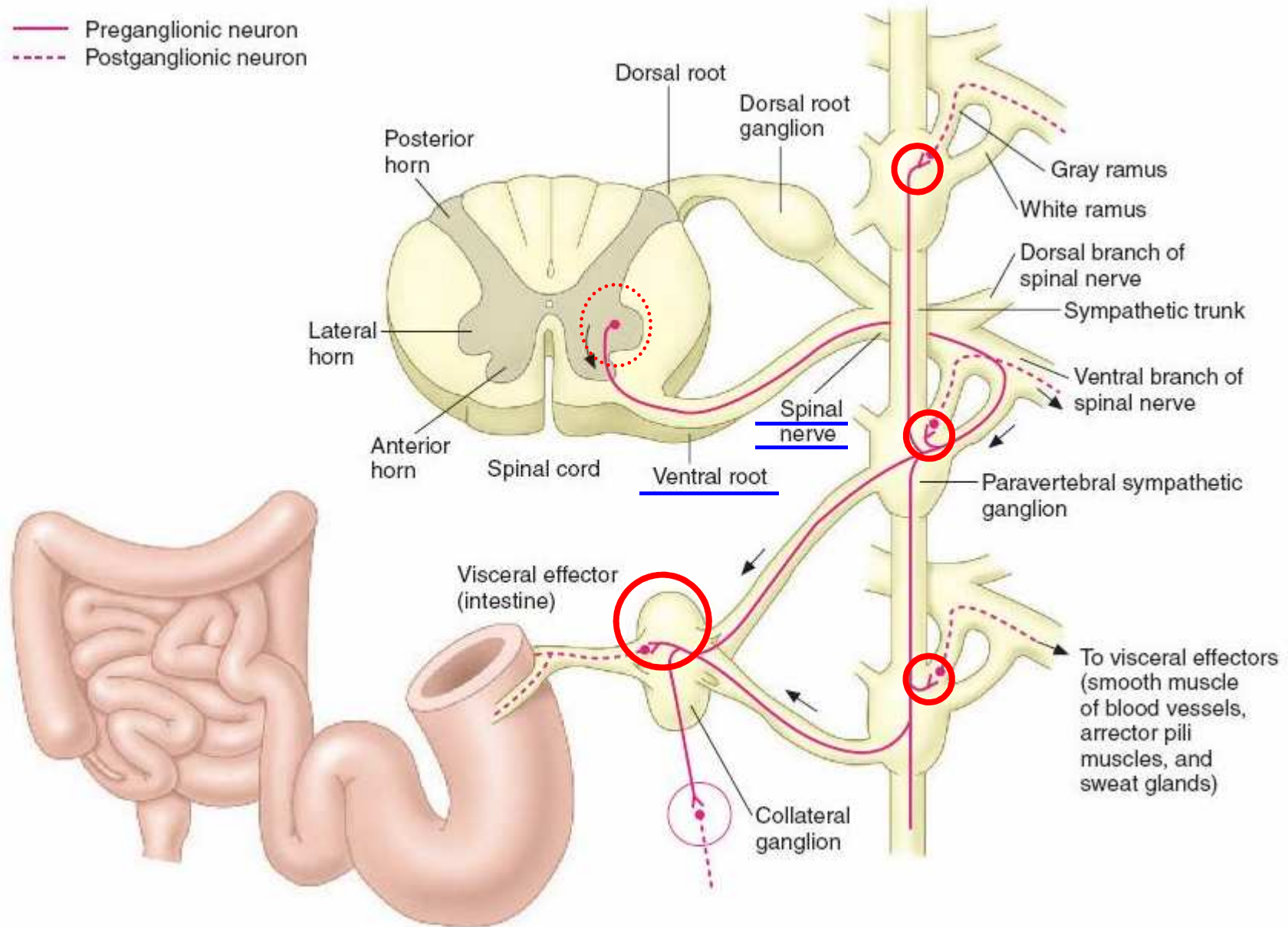


Sistema nervioso simpático

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

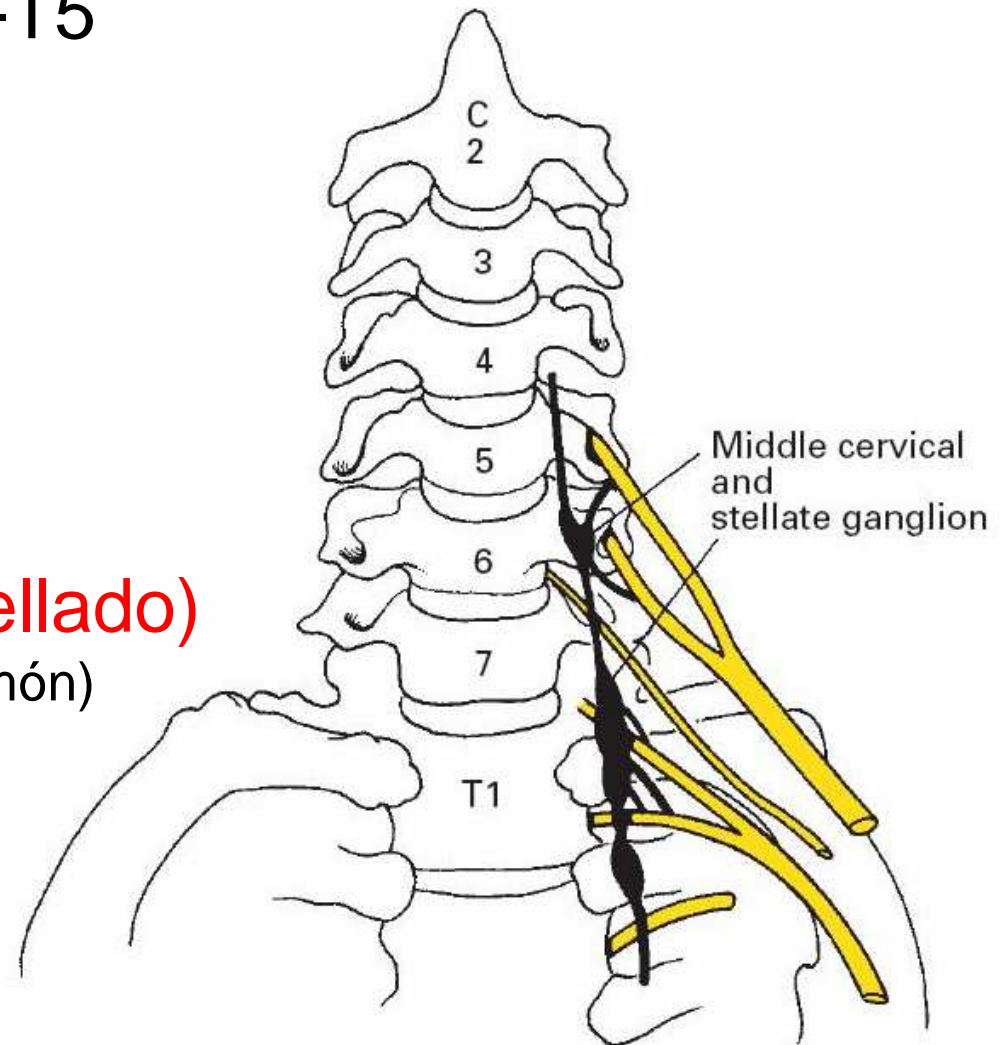
G. cervical superior

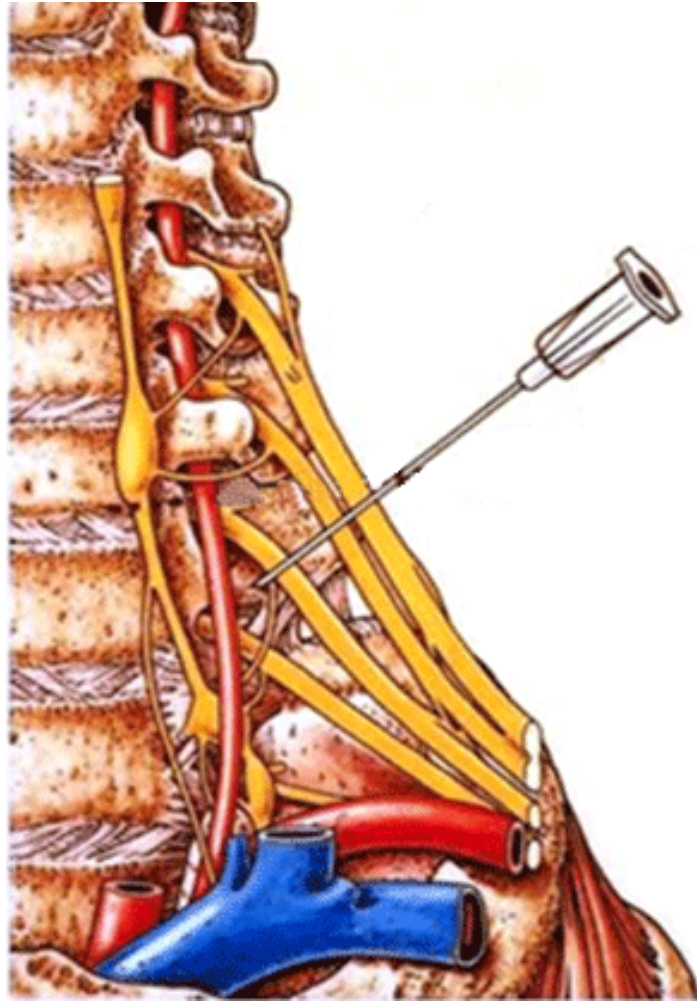
(ojo, lacrimales, salivales)

G. cervical medio

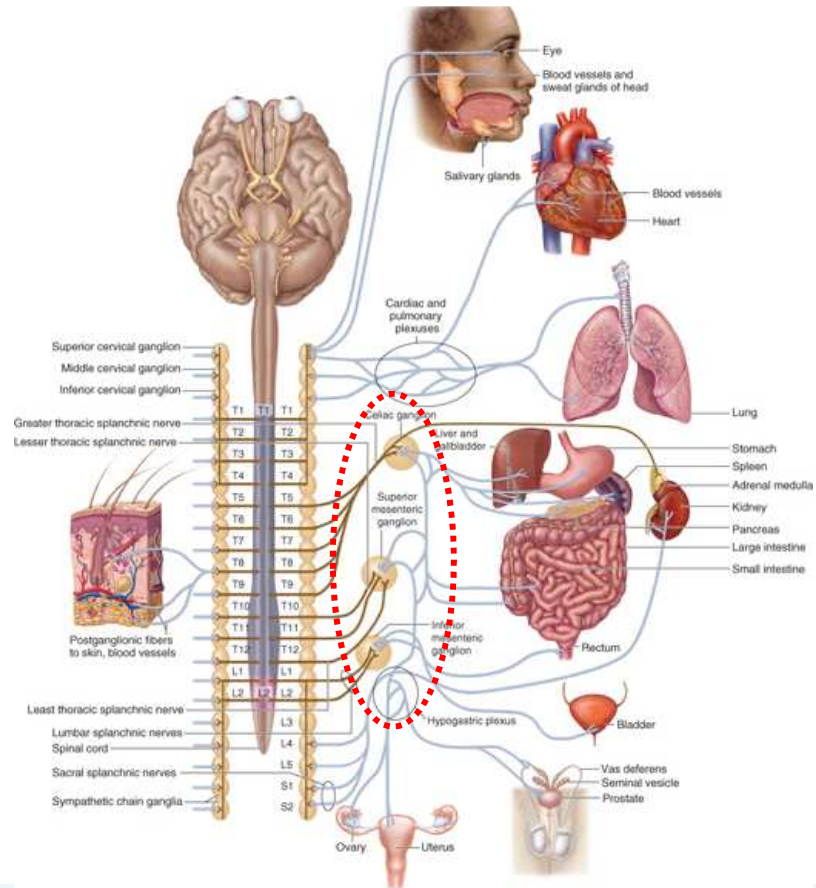
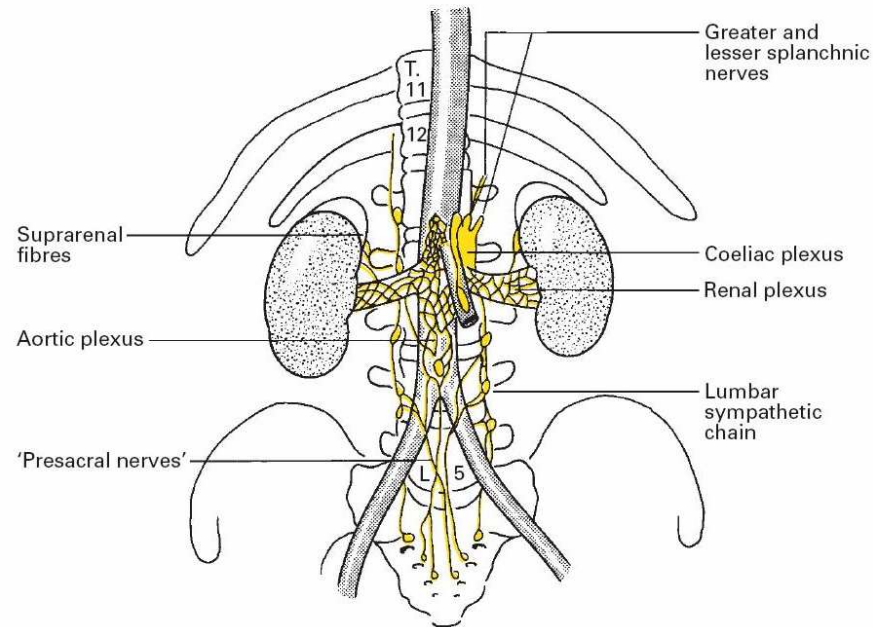
G. cérvico-torácico (estrellado)

(cara, cuello, EESS, corazón, pulmón)





Ganglios colaterales



G. celíaco (T5-T12)

estómago
hígado
páncreas
vesícula biliar
Intestino delgado
bazo
riñón

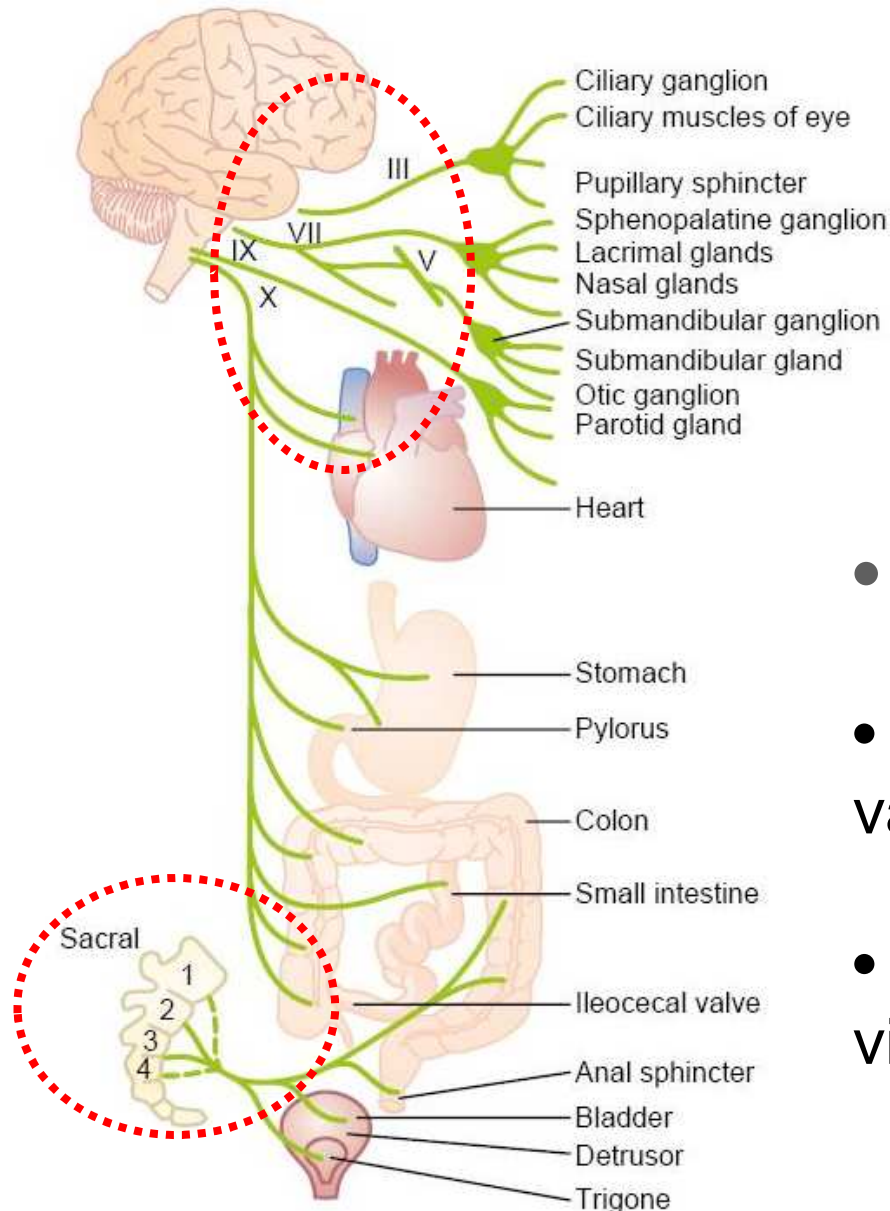
G. mesenterico sup. (T10-T12)

intestino delgado y colon

G. mesenterico inf. (L1-L3)

colon – recto
vejiga urinaria
órganos reproductores

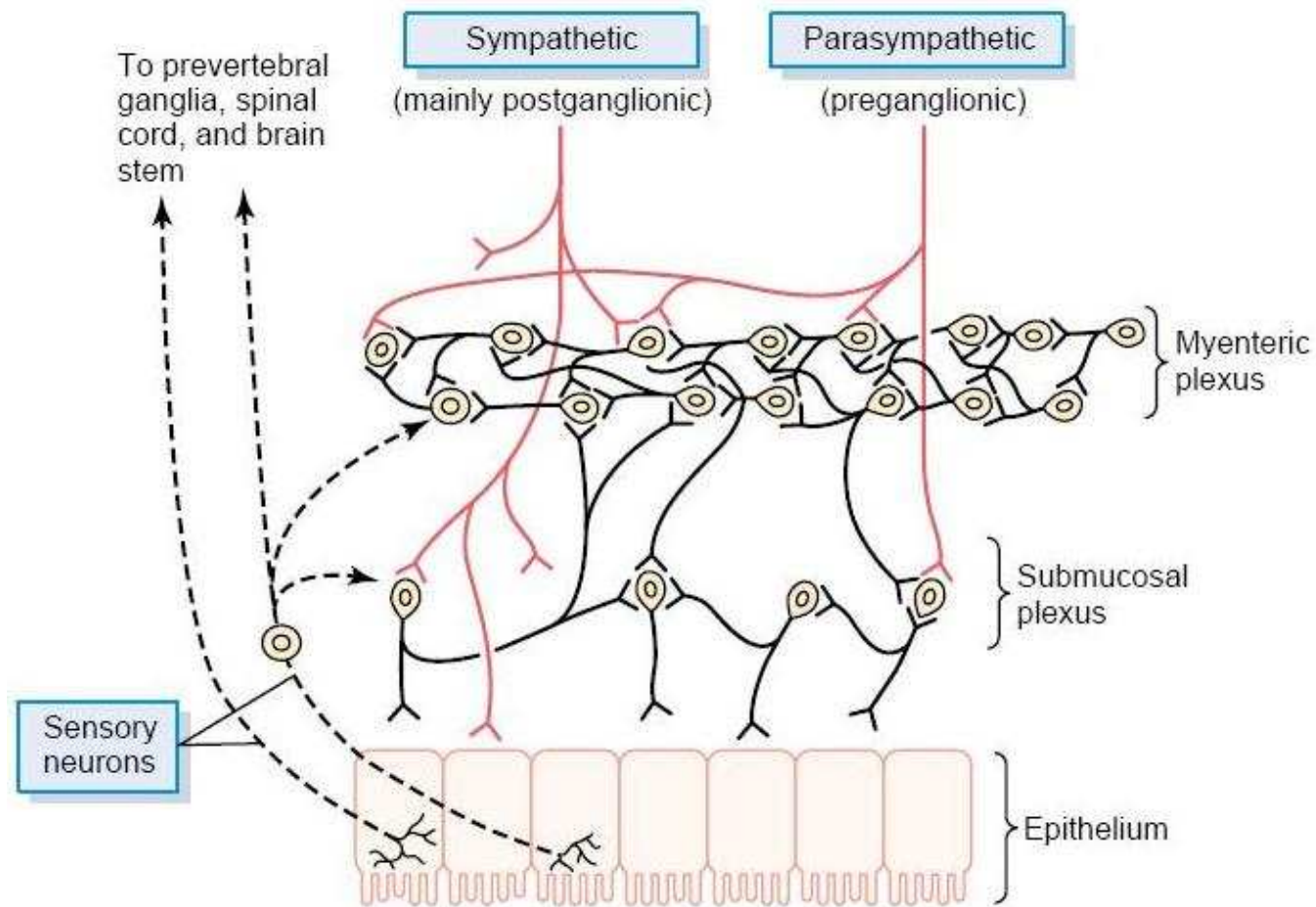
Sistema nervioso parasimpático

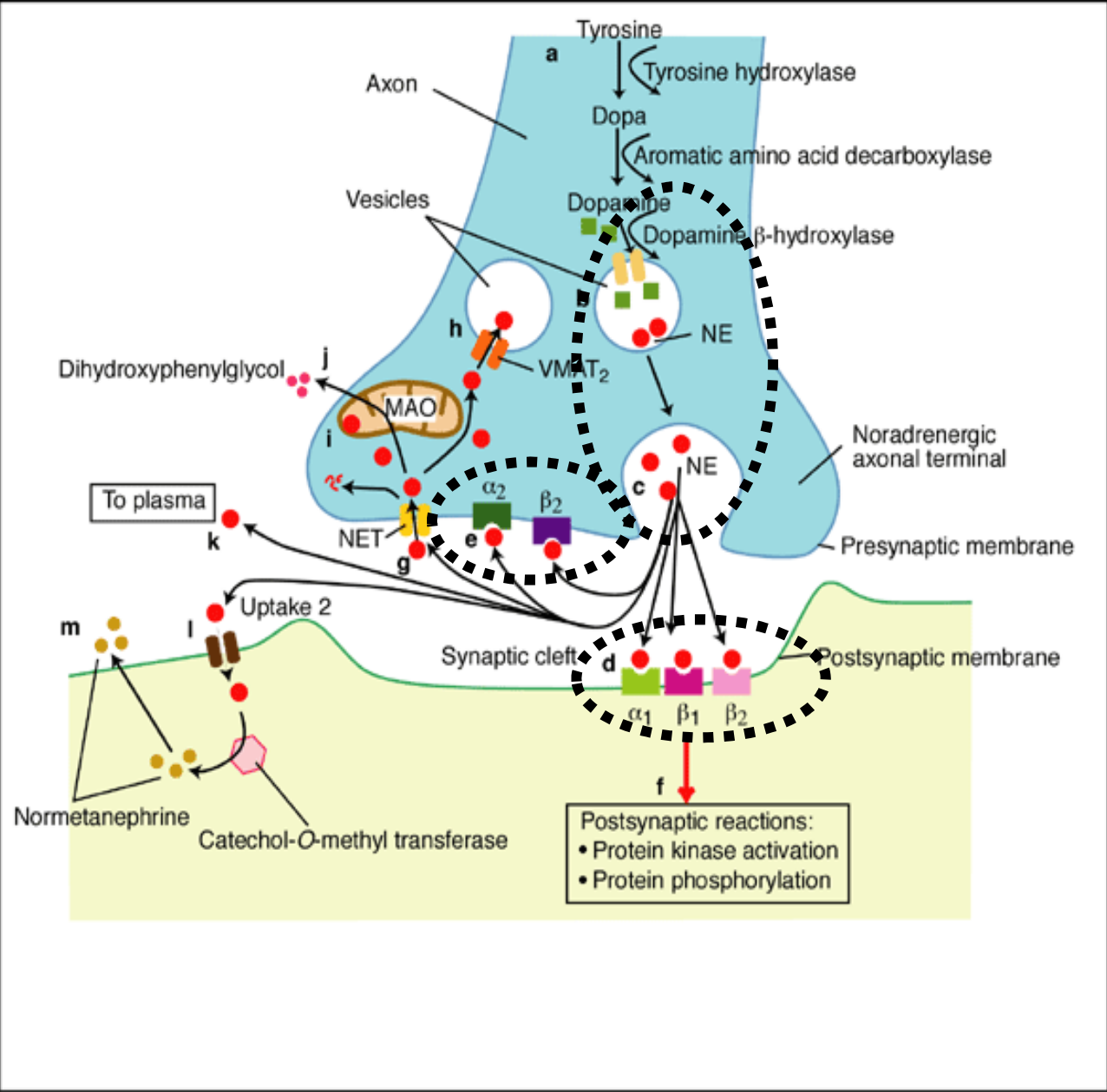


- Pares craneales: III, VII, XI, X
- 75% de fibras PS: **X** par craneal vago
- S2, S3 (S1, S4) las fibras sacras viajan con los n. pélvicos

Sistema nervioso entérico

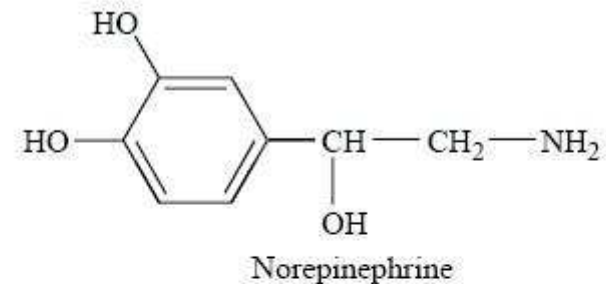
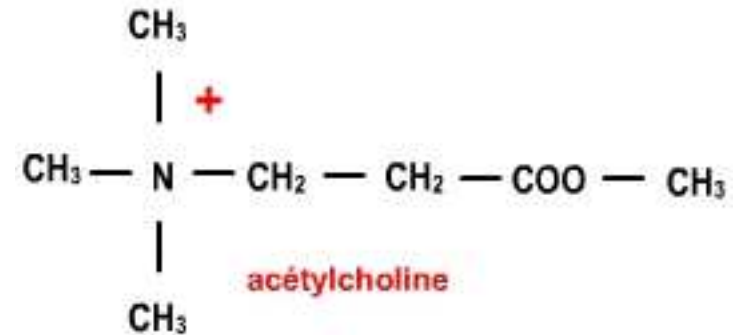
Plexo Mioentérico (Auerbach) y submucoso (Meissner y Henle)
Red compleja y extensa, múltiples NT y receptores
Algún control por el X y por el SNS, pero puede funcionar de forma independiente del SNC





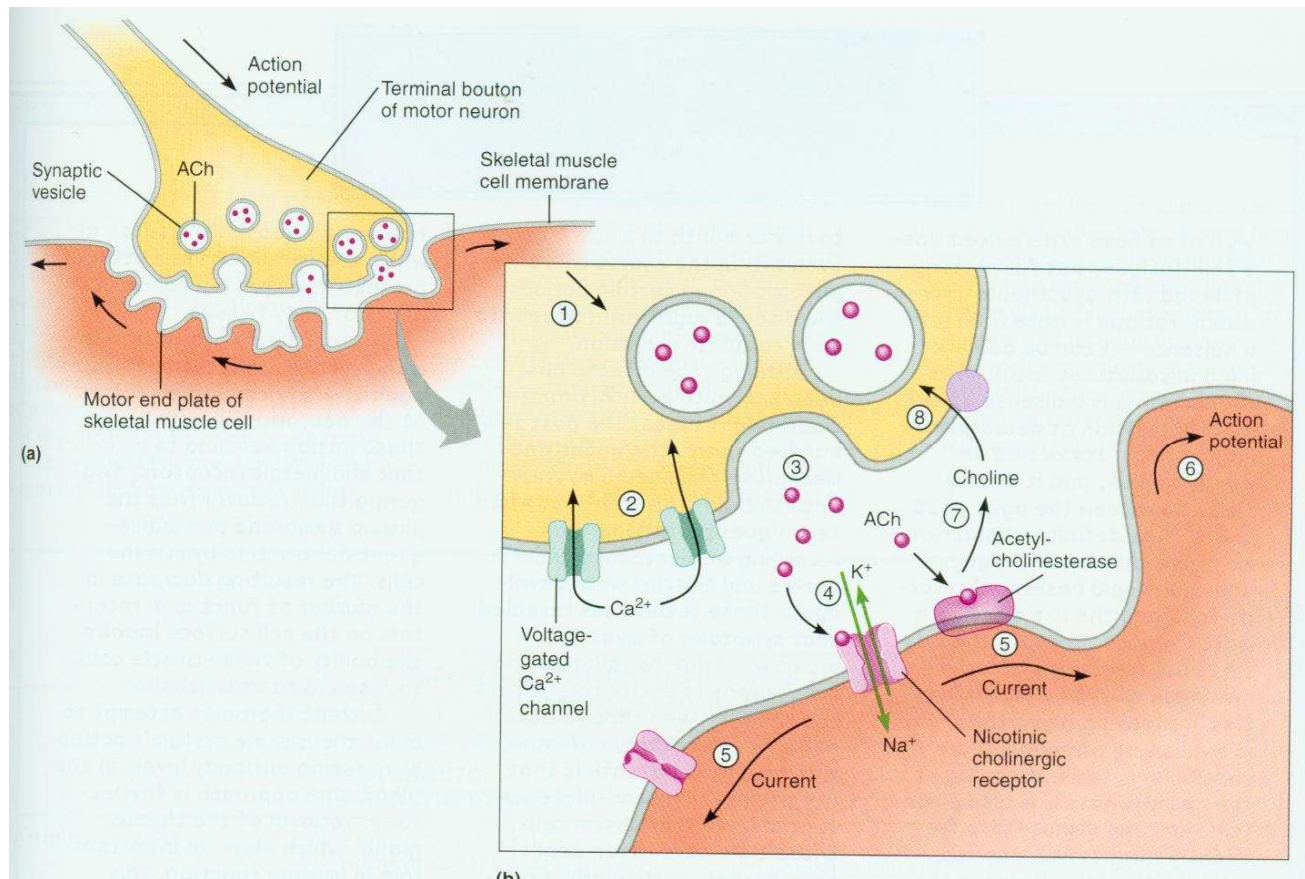
Neurotransmisores del SNA

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

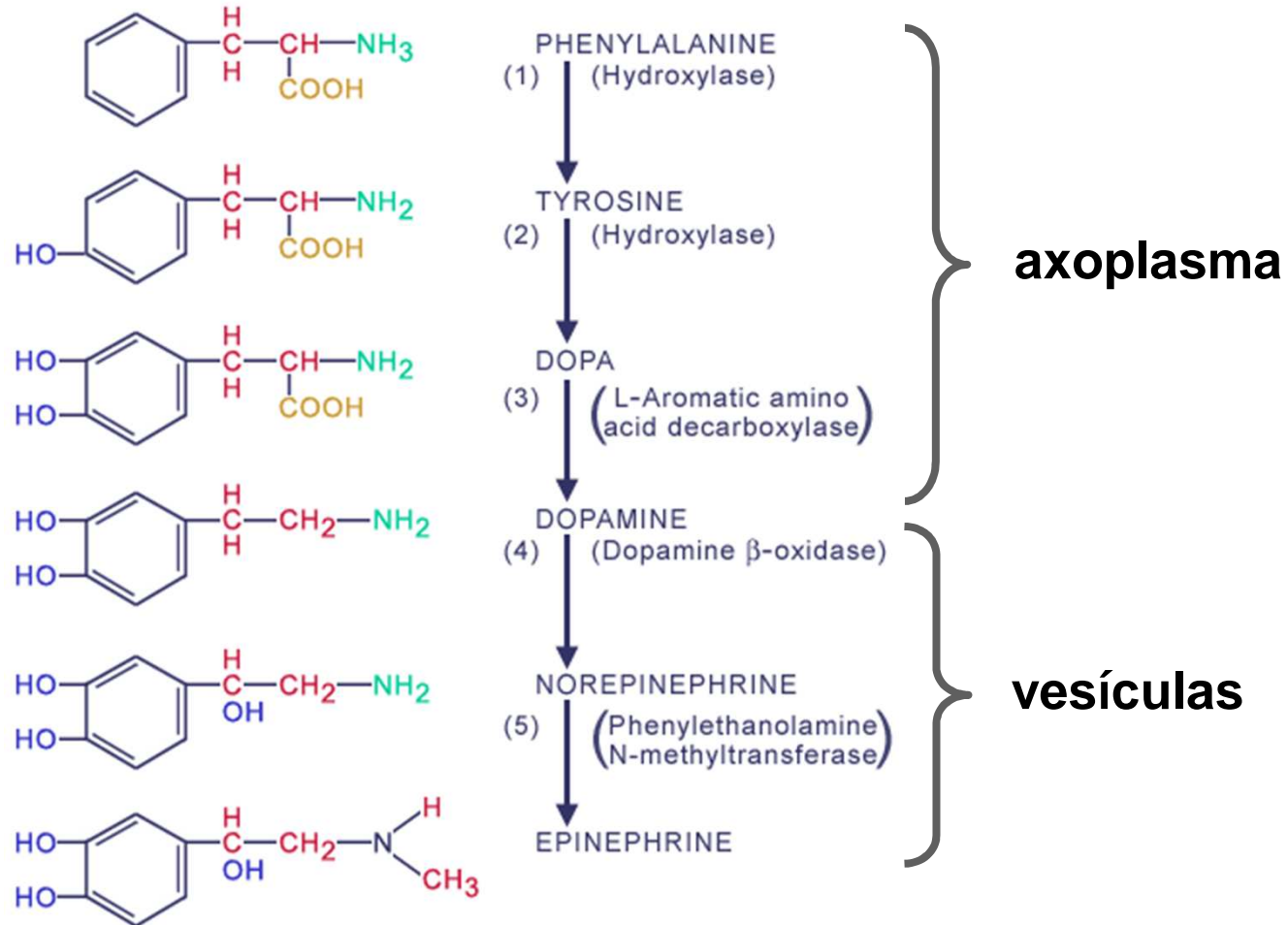


Acetilcolina:

- 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)

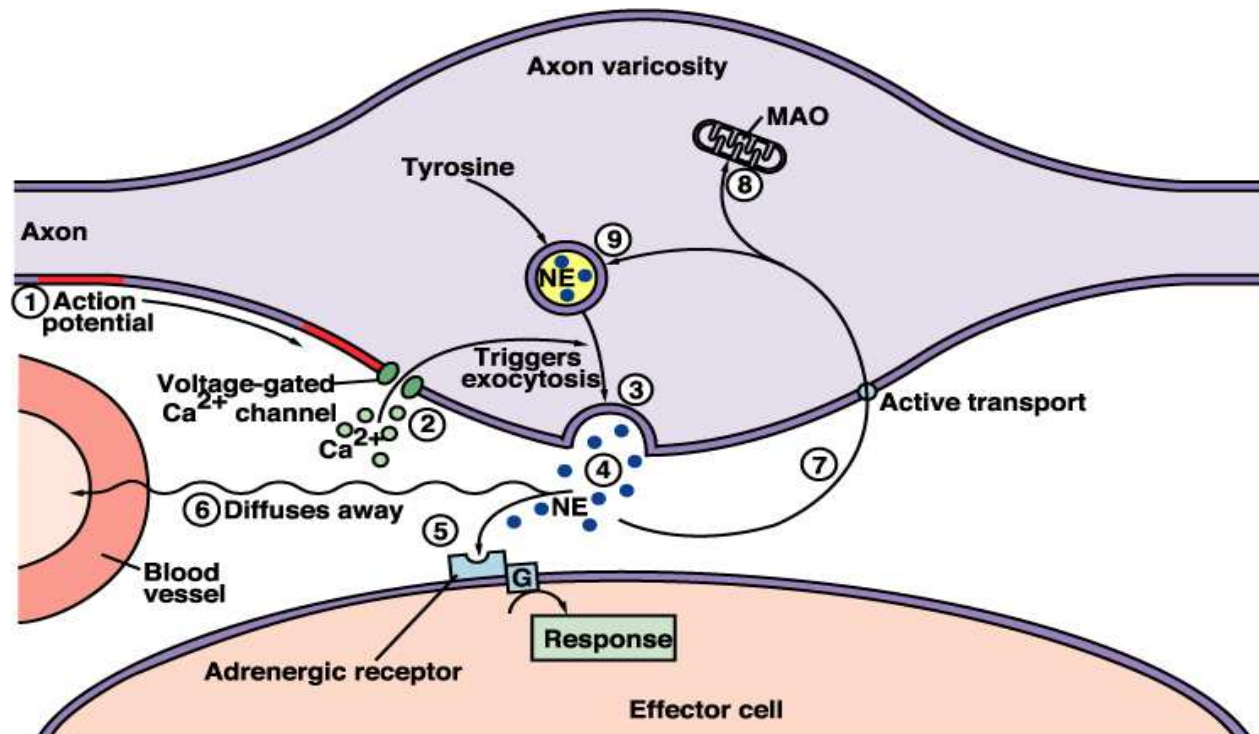


Síntesis catecolaminas

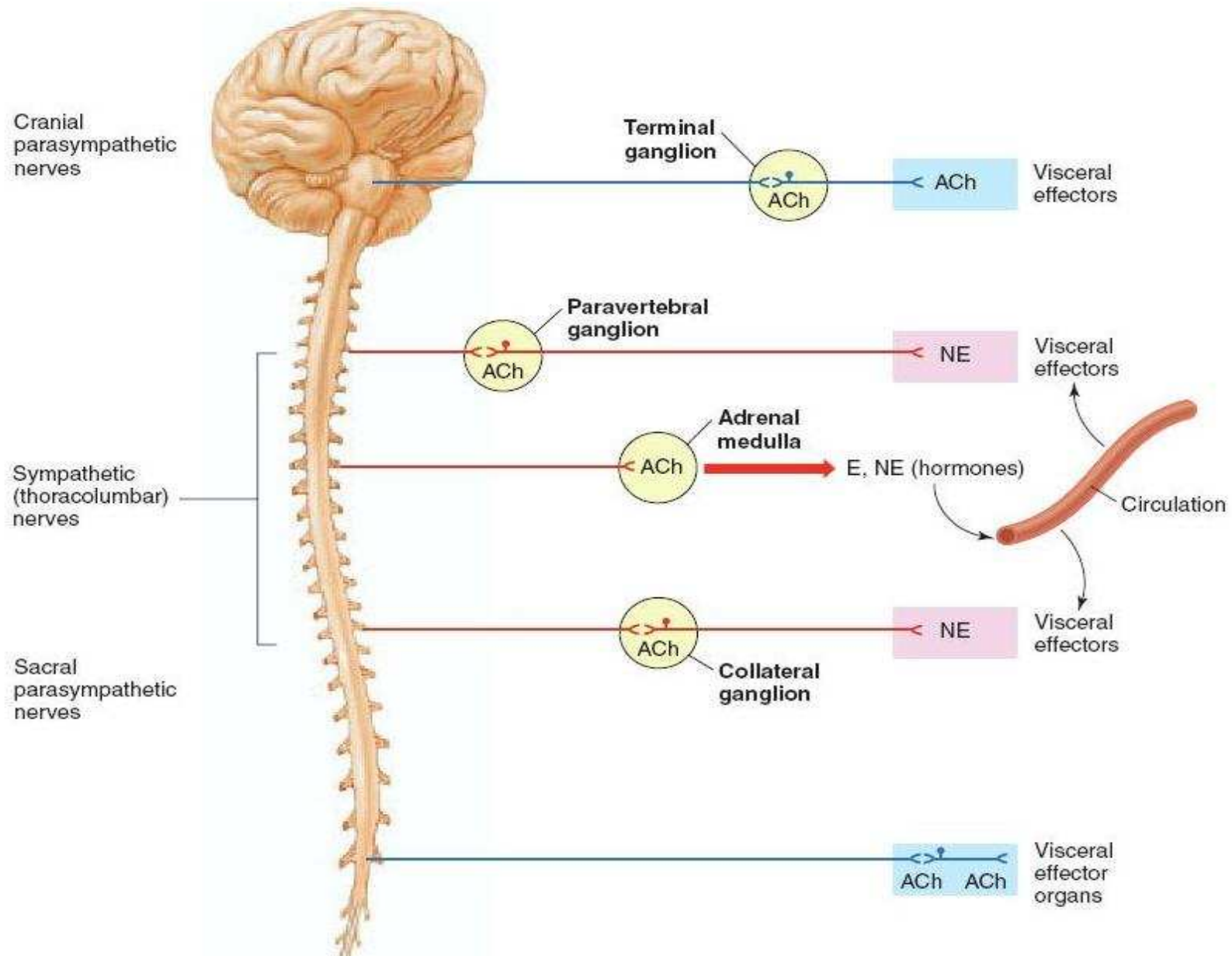


Metabolismo Noradrenalina

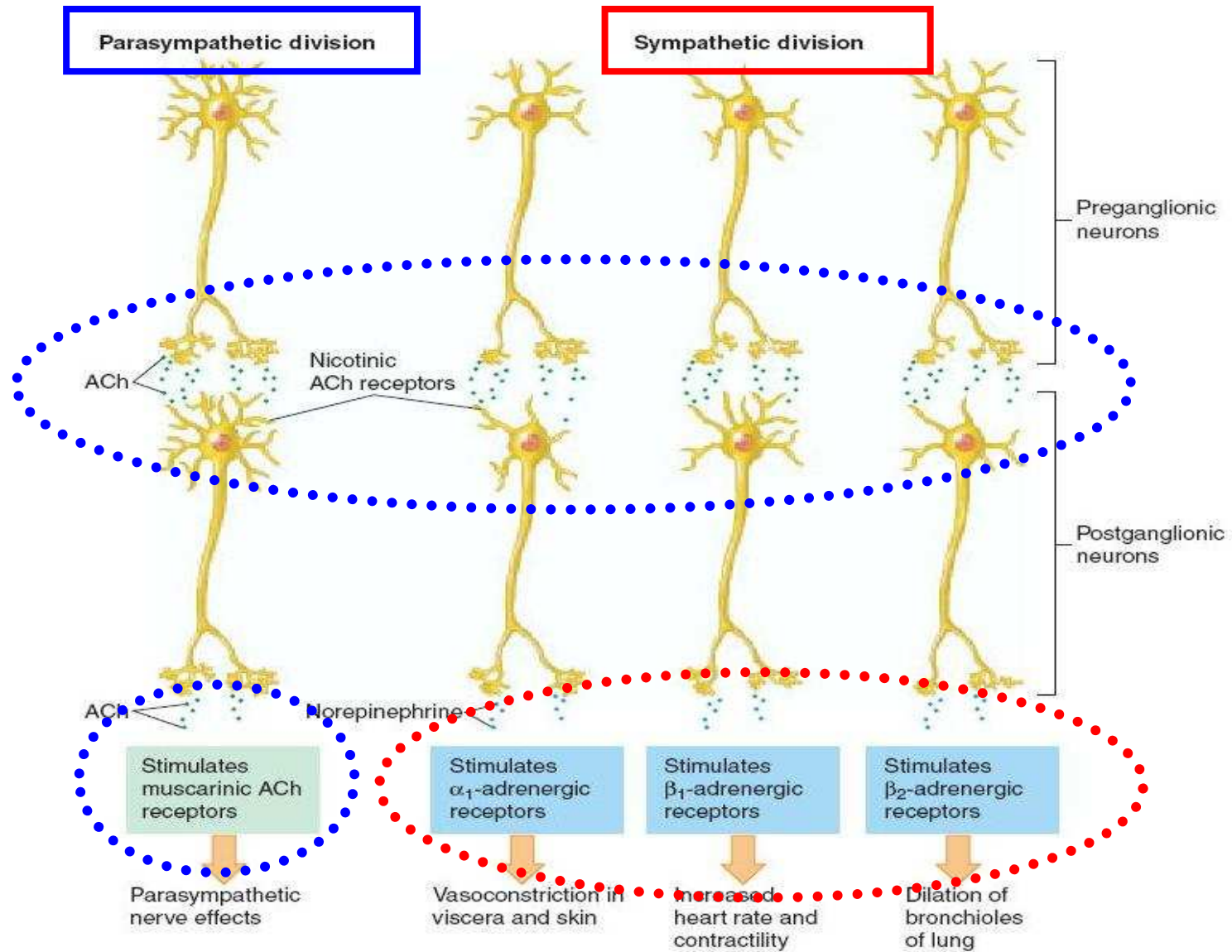
- **Recaptación presináptica con reutilización: 50-80%**
- Destrucción por la MAO (neuronas) y la COMT (tejidos): ácido vanilmandélico → orina.
- Difusión a la circulación y metabolismo hepático y renal
- Eliminación inalterada en la orina (5%).



Neurotransmisores autonómicos

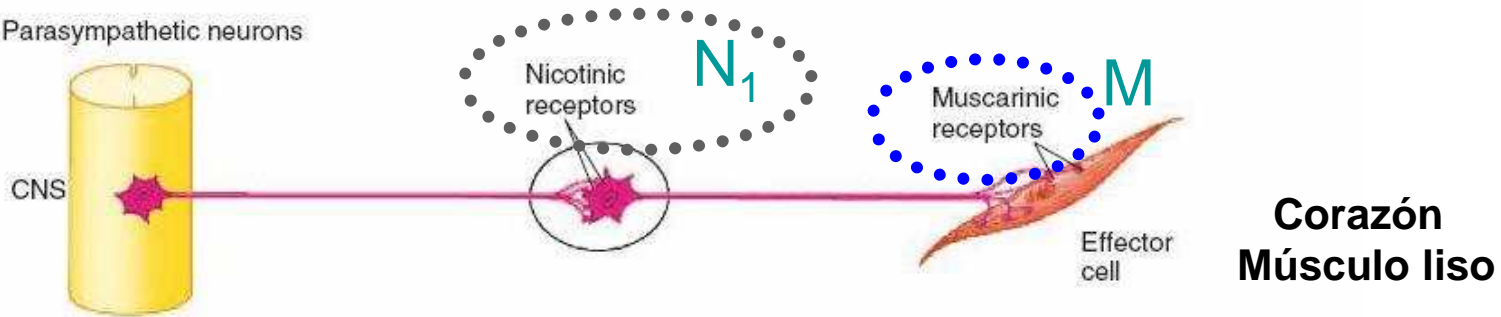


Receptores autonómicos

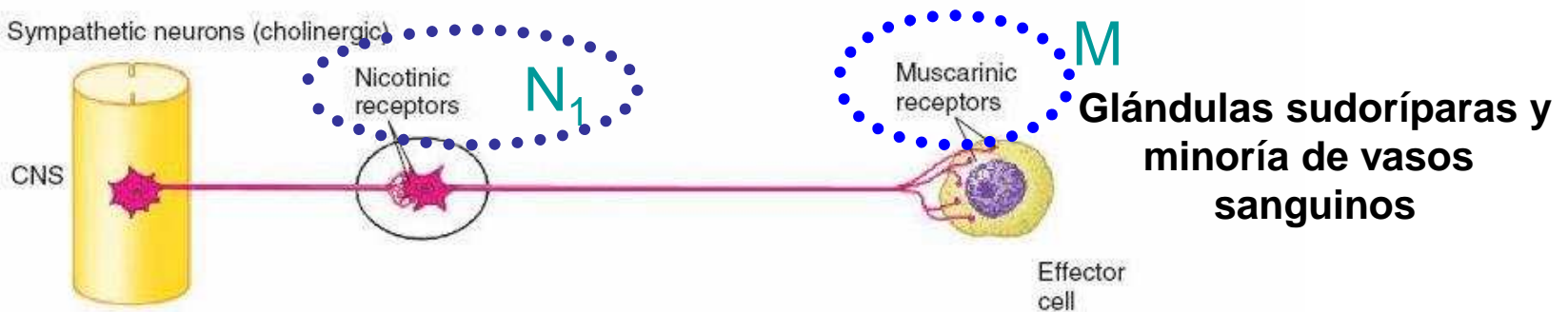


Receptores de la Acetilcolina

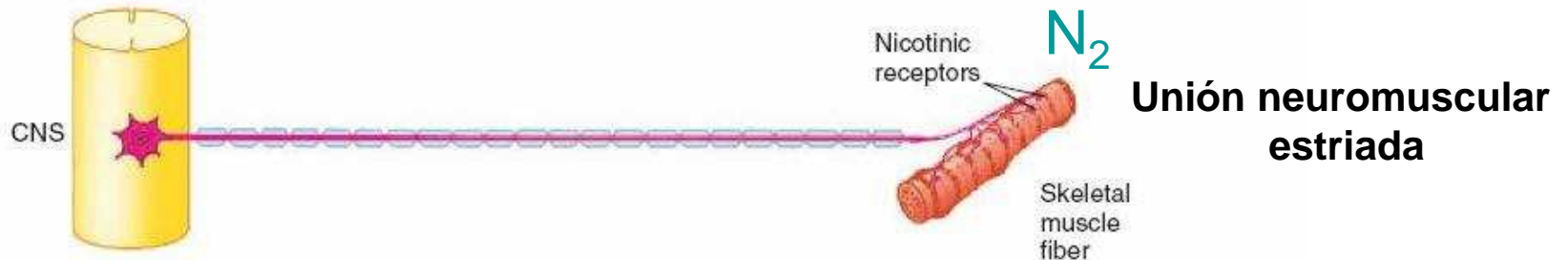
(a) Parasympathetic neurons



(b) Sympathetic neurons (cholinergic)



(c) Somatic motor neuron

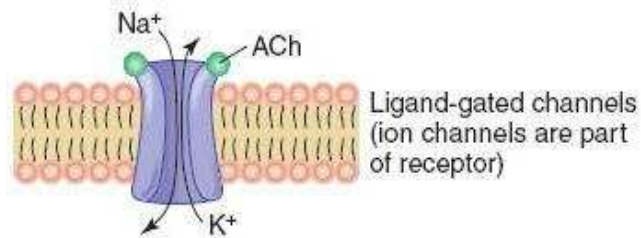


Receptores Muscarínicos y Nicotínicos

Nicotinic ACh receptors

Postsynaptic membrane of

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

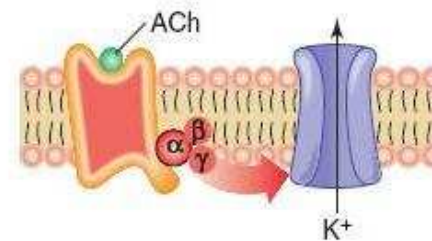


Depolarization

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)

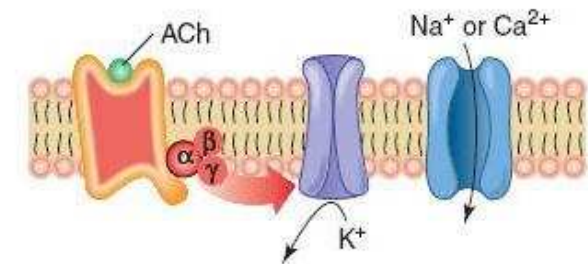


Hyperpolarization

(K⁺ channels opened)

Inhibition

Produces slower heart rate



Depolarization

(K⁺ channels closed)

Excitation

Causes smooth muscles of the digestive tract to contract

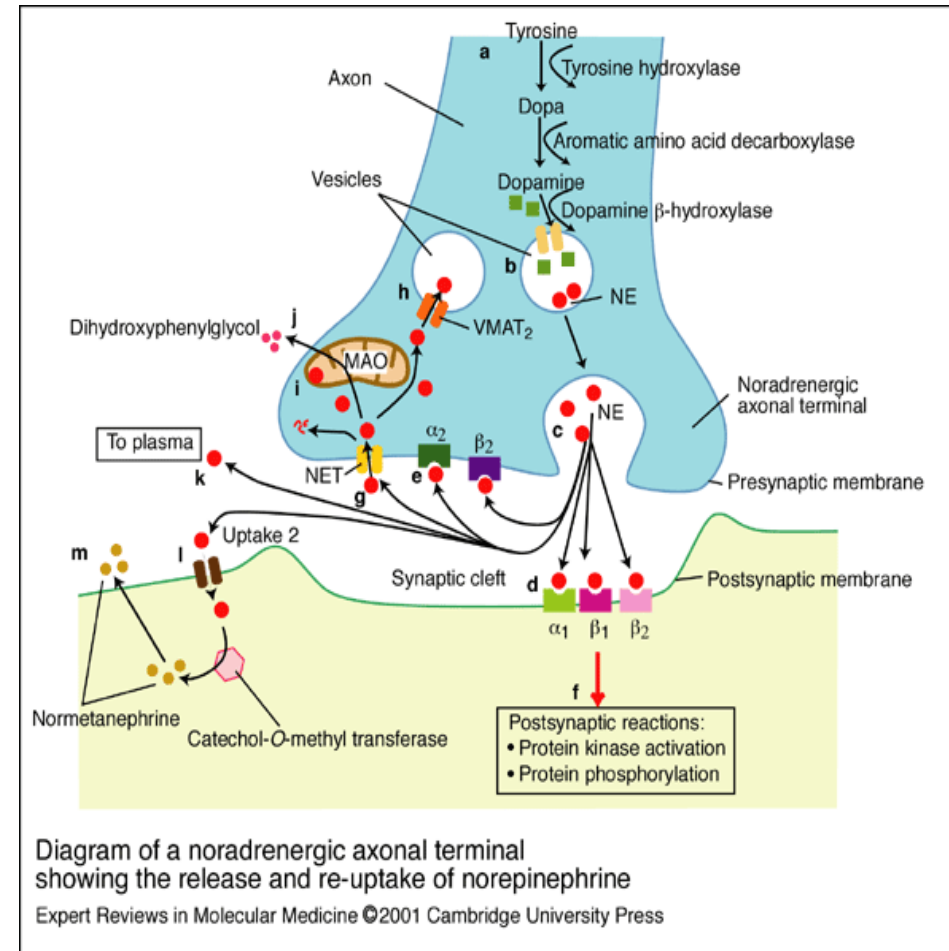
Efectos colinérgicos

El estímulo muscarínico produce:

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

Receptores adrenérgicos

- Receptores alfa (α_1, α_2)
- Receptores beta ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$)
- Receptores dopaminérgicos (D_1, D_2)



Pre, post y extrasinápticos

Receptores adrenérgicos α : α_1 y α_2

α_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 α_2 presinápticos

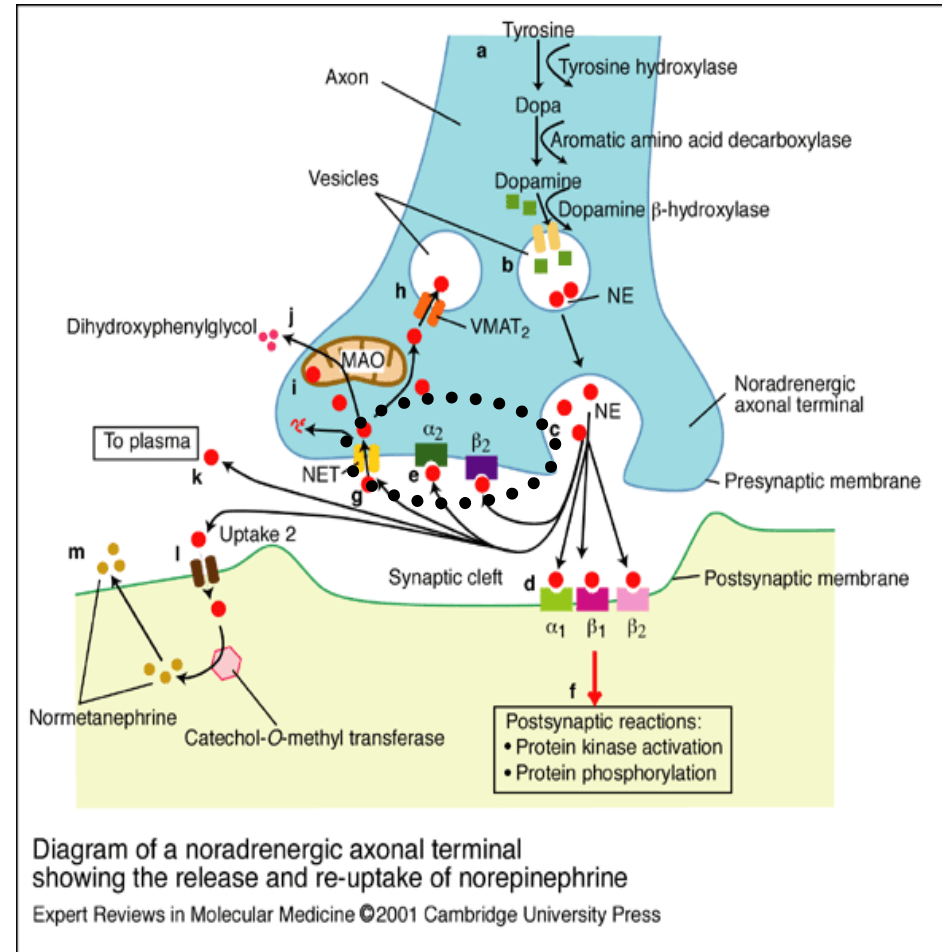
Inhibición de la liberación de NA en la hendidura sináptica



Feed-back negativo del SNS



Reducción del Influjó Simpático



Estimulación α_2 presináptica

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



Efectos centrales:

Ansiólisis, sedación, analgesia, hipnosis

Ej. agonista: Clonidina, dexmedetomidina

Receptores adrenérgicos : β_1 y β_2

β_1 : Postsinápticos

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

β_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 n^o de receptores postsinápticos.

“upregulation”

el tratamiento crónico con antagonistas causa un aumento del n^o 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

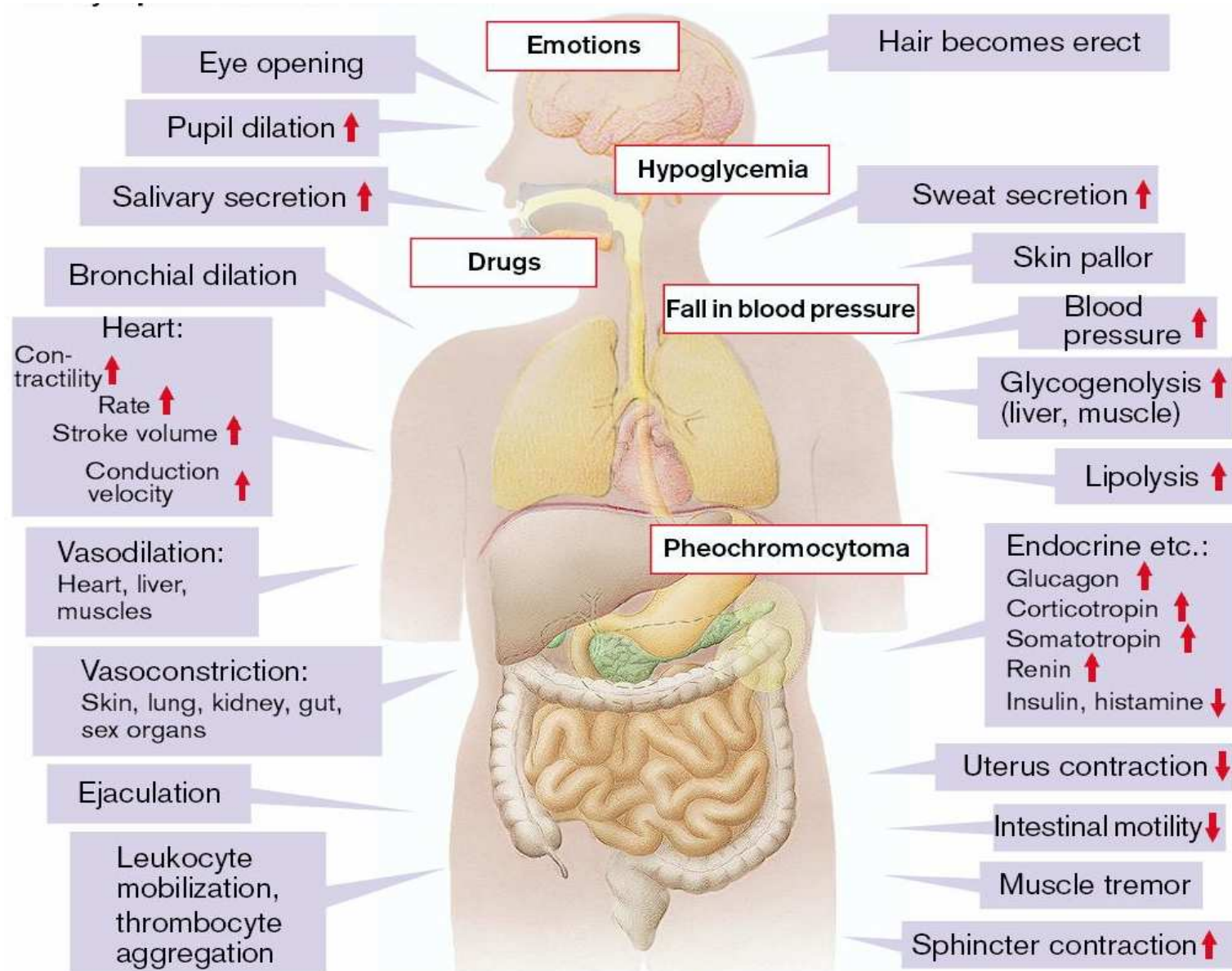
Que es una catecolamina?

- 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>α_1 postsinàptics</p> <p>Vasoconstricció Midriasi Relaxació del tracte gastrointestinal Contracció d'efínters gastrointestinals Contracció de l'efínter vesical</p>	<p>β_1 postsinàptics</p> <p>Cronotropisme + Inotropisme + Augment de la velocitat de conducció Vasodilatació coronària Lipolisi</p>
<p>α_2 presinàptics</p> <p>Inhibició de l'alliberació de NA</p>	<p>β_2 postsinàptics</p> <p>Vasodilatació Broncodilatació Relaxació gastrointestinal Relaxació uterina Relaxació vesical Glicogenolisis, gluconeogènesi Secreció d'insulina</p>
<p>α_2 postsinàptics</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>β_2 presinàptics</p> <p>Alliberació de NA</p>

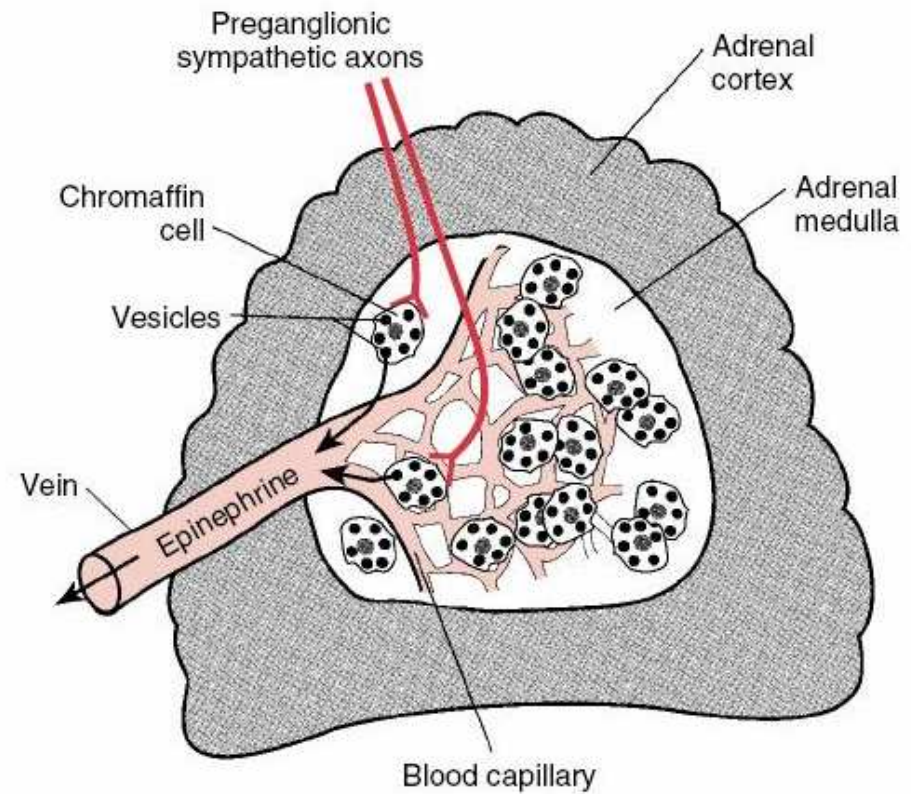
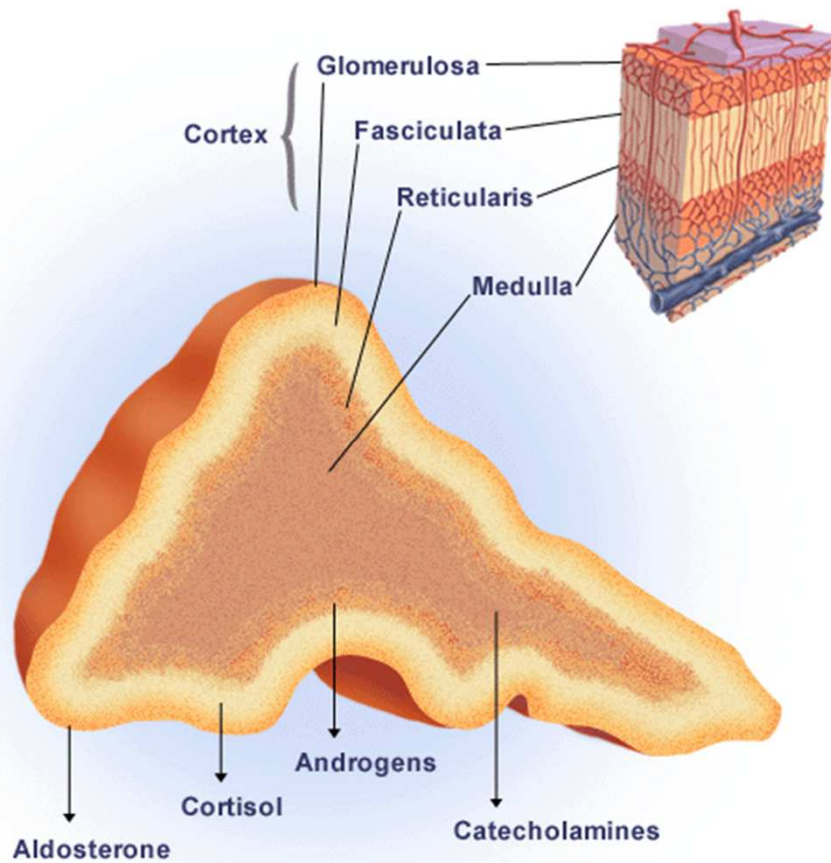
Activación simpática



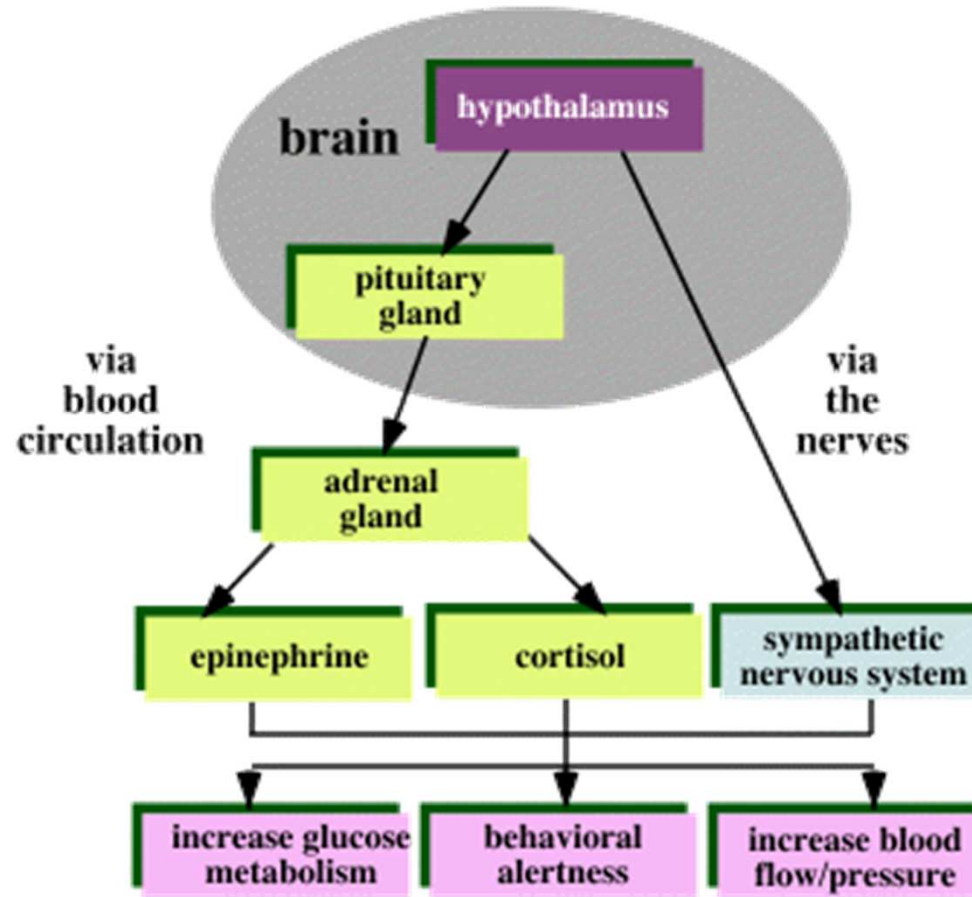
Efecto de la estimulación simpática y PS

Òrgan efector	Resposta adrenèrgica	Resposta colinèrgica	Receptor adrenèrgic
Cor Cronotropisme Inotropisme	Augmenta Augmenta	Disminueix Disminueix	β_1 β_1
Vasos sanguinis Arteries Múscul esquelètic Venes	Vasoconstricció Vasodilatació Vasoconstricció		α_1 β_2 α_2
Bronquis	Broncodilatació	Broncoconstricció	β_2
Úter	Contracció	Variable	α_1
Càpsula prostàtica	Contracció		α_1
Tracte gastrointestinal	Relaxació	Contracció	α_2
Ull Múscul radial iris Múscul circular iris Múscul ciliar	Contracció (midriasi) Relaxació	Contracció (miosi) Contracció (acomodació)	α_1 β
Ronyó	Secreció renina		β_1
Bufeta urinària Detrusor Trígon i esfínter	Relaxació Contracció	Contracció Relaxació	β α_1
Urèter	Contracció	Relaxació	α_1
Alliberament insulina pancreàtica	Disminueix		α_2
Cèl·lules grasses	Lipòlisi		β_1
Glicogenòlisi hepàtica	Augmenta		α_1
Fol·licle pilós, múscul llis	Contracció (piloerecció)		α_1
Secreció nasal		Augmenta	
Glàndules salivals	Augment secreció	Augment secreció	α_1
Glàndules de la suor	Augment secreció	Augment secreció	α_1

Función de la glándula suprarrenal



Hormone vs Neurotransmitter



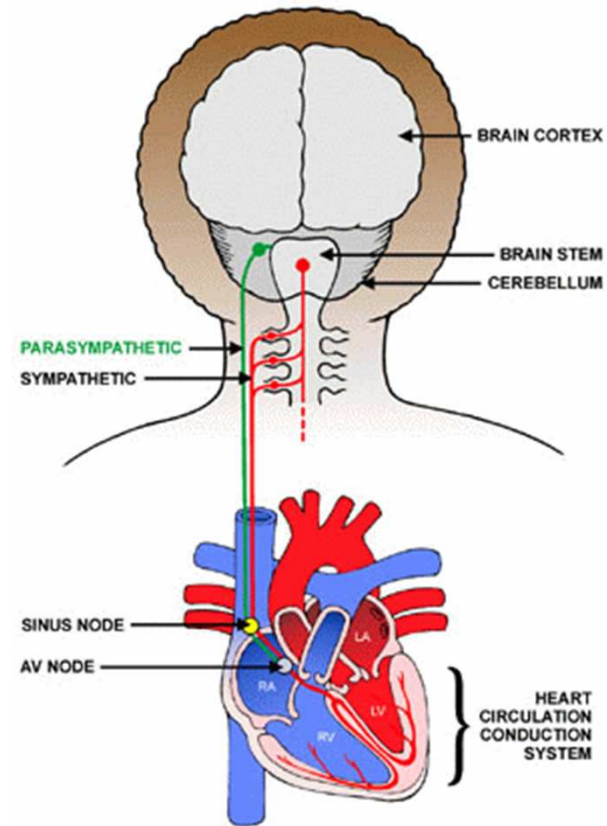
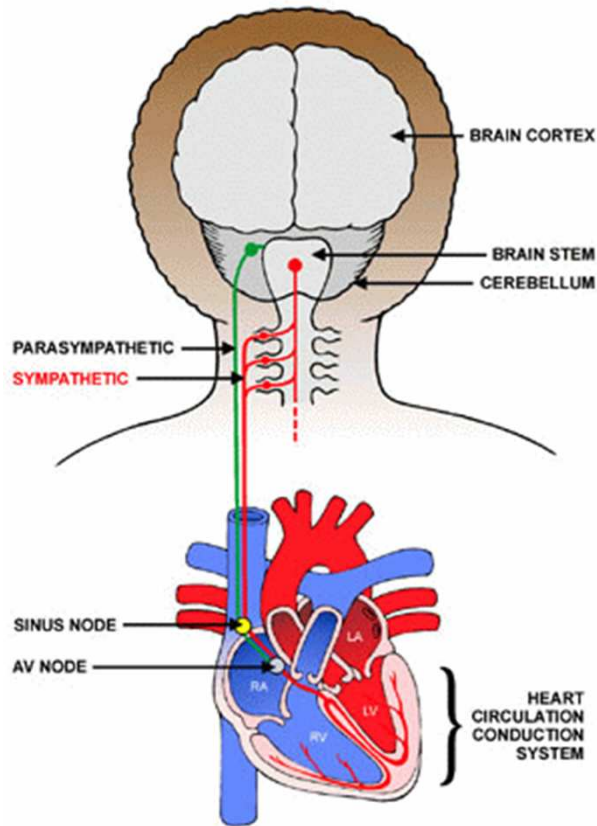
SISTEMA DUAL DE SEGURIDAD!

Efectos de la adrenalina

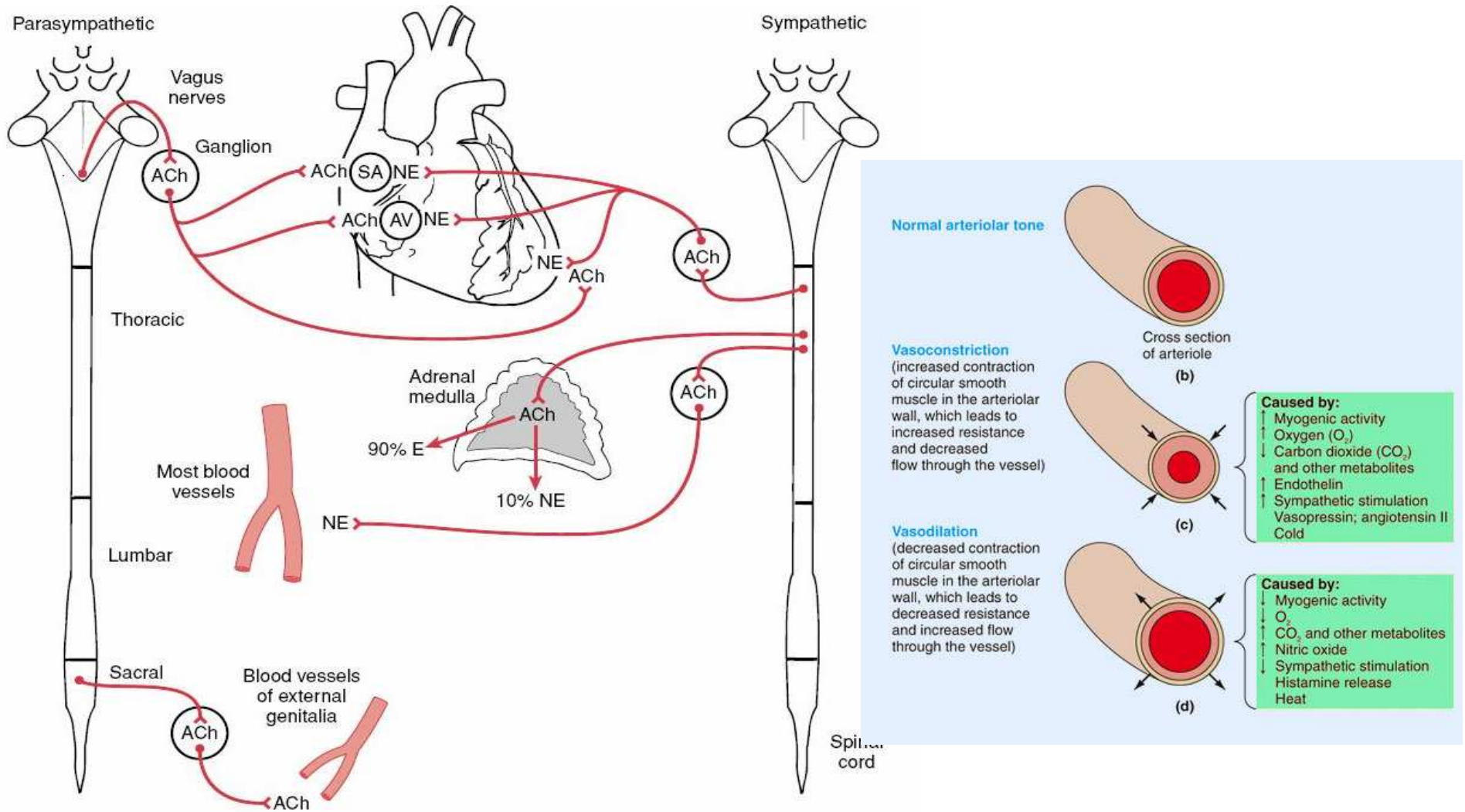
Efectos similares a la NA pero:

- 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%

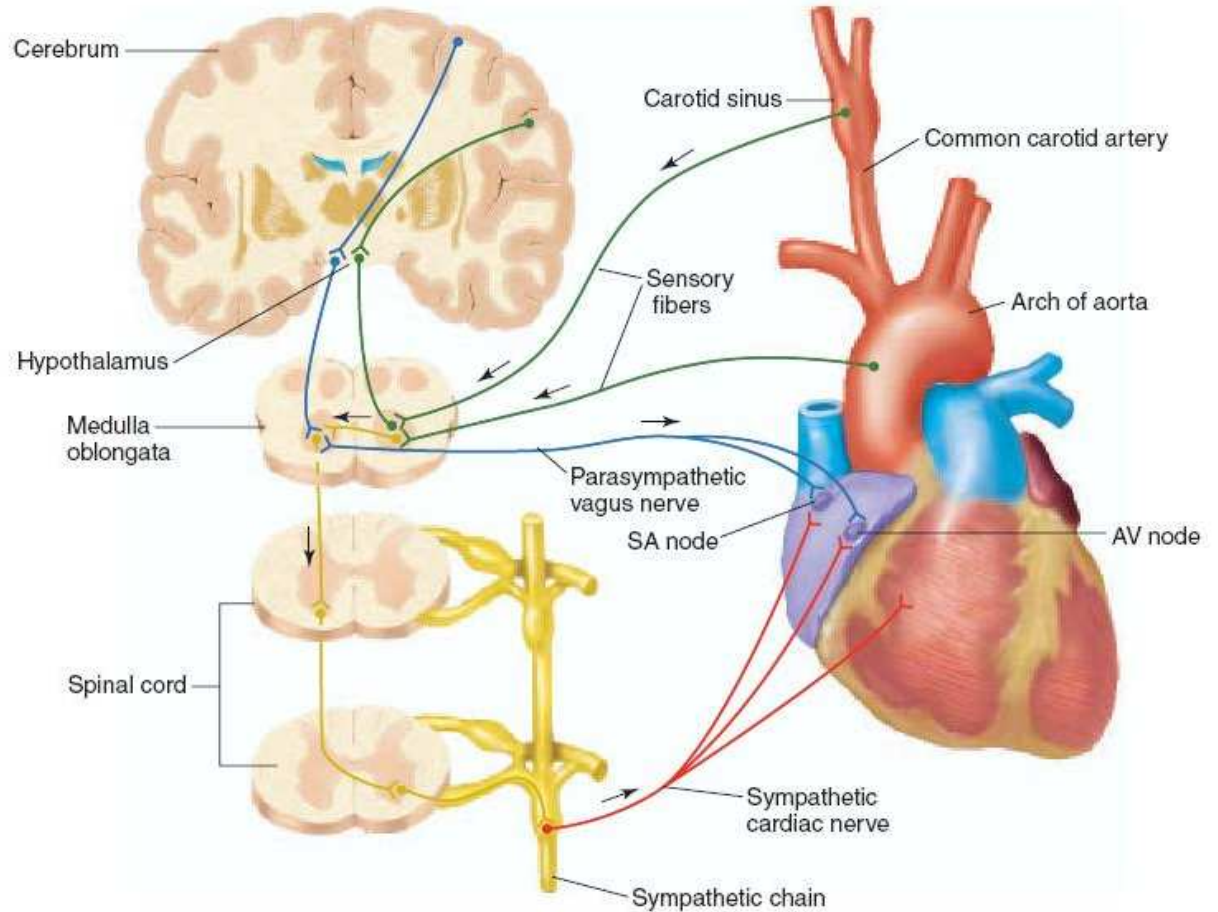
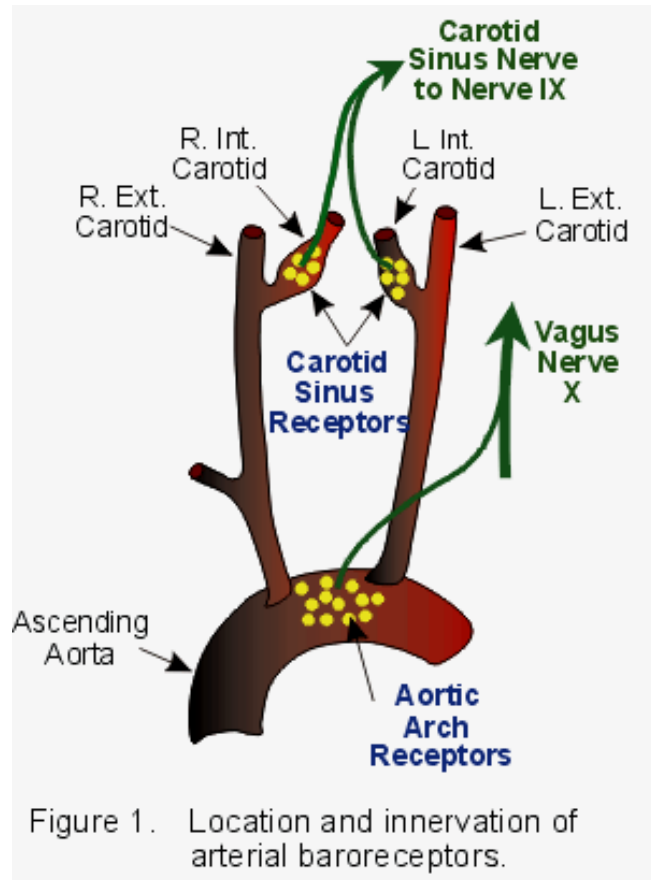
Inervación autonómica del corazón



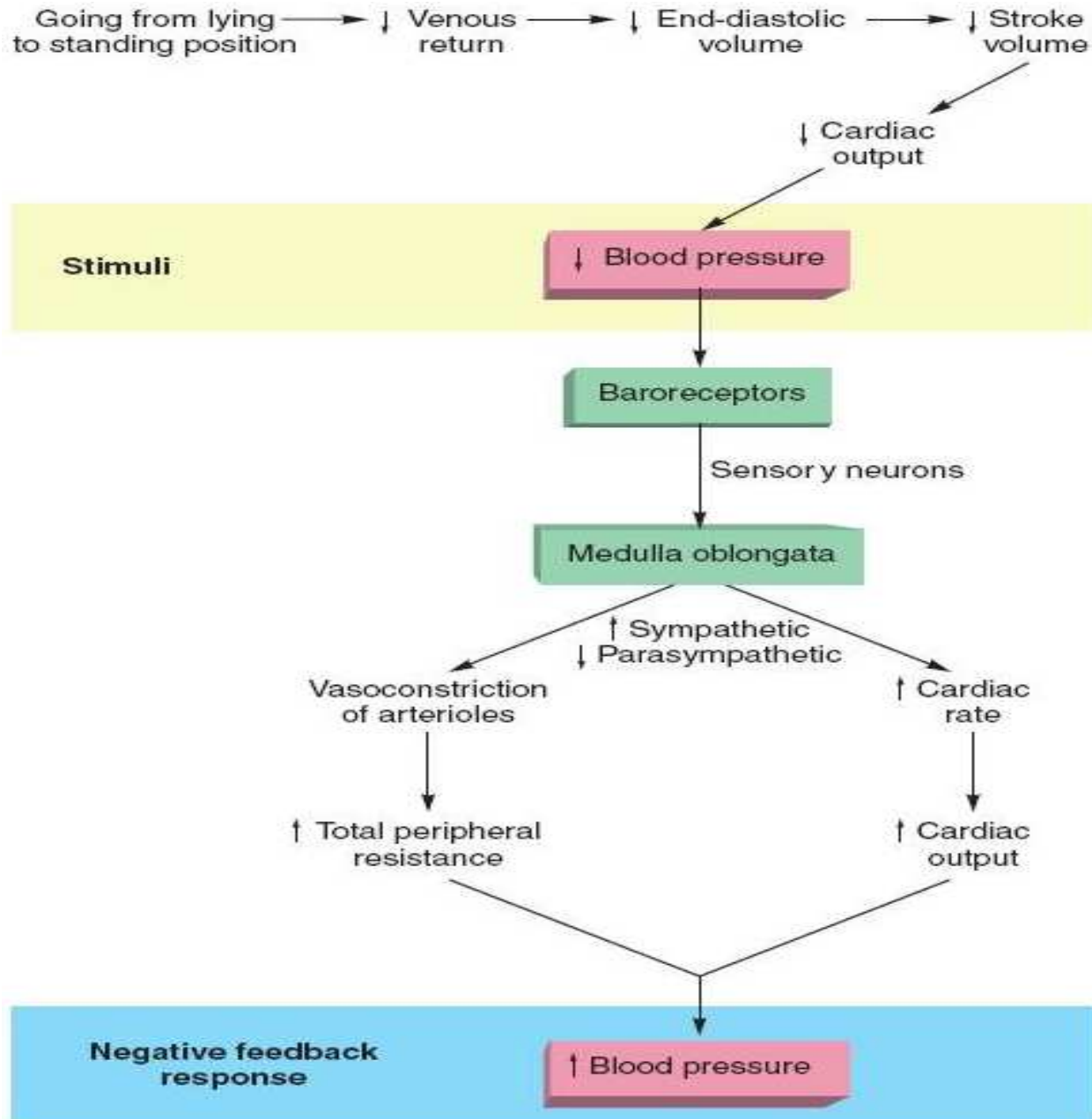
Control de la circulación



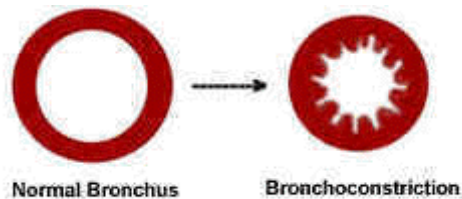
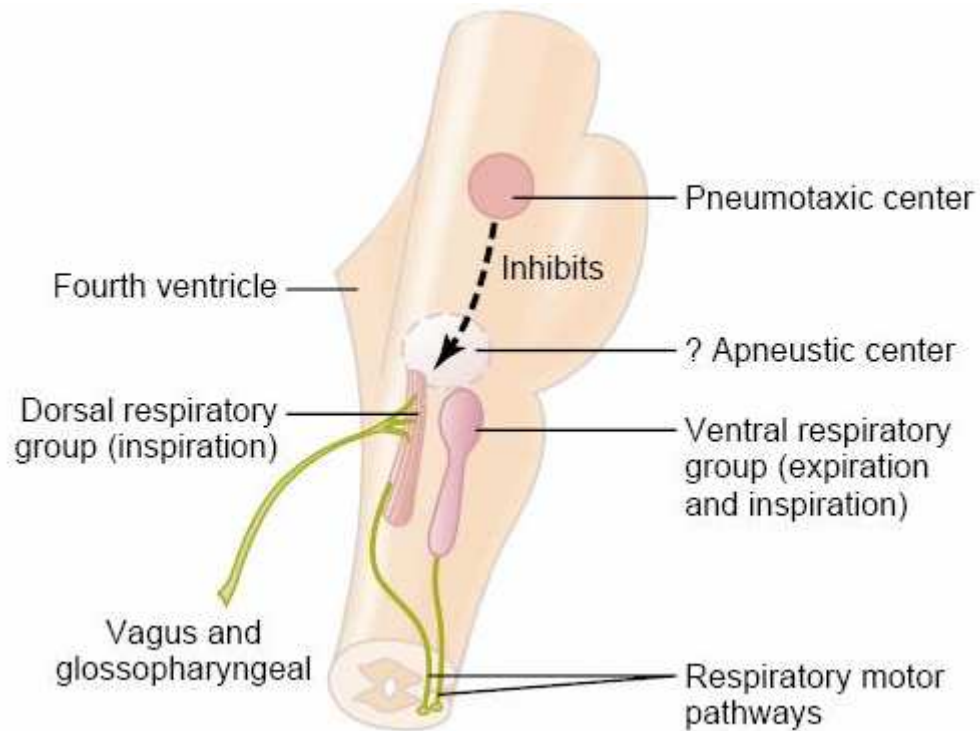
Reflejo barorreceptor: control TA, FC, GC



Reflejo baroreceptor

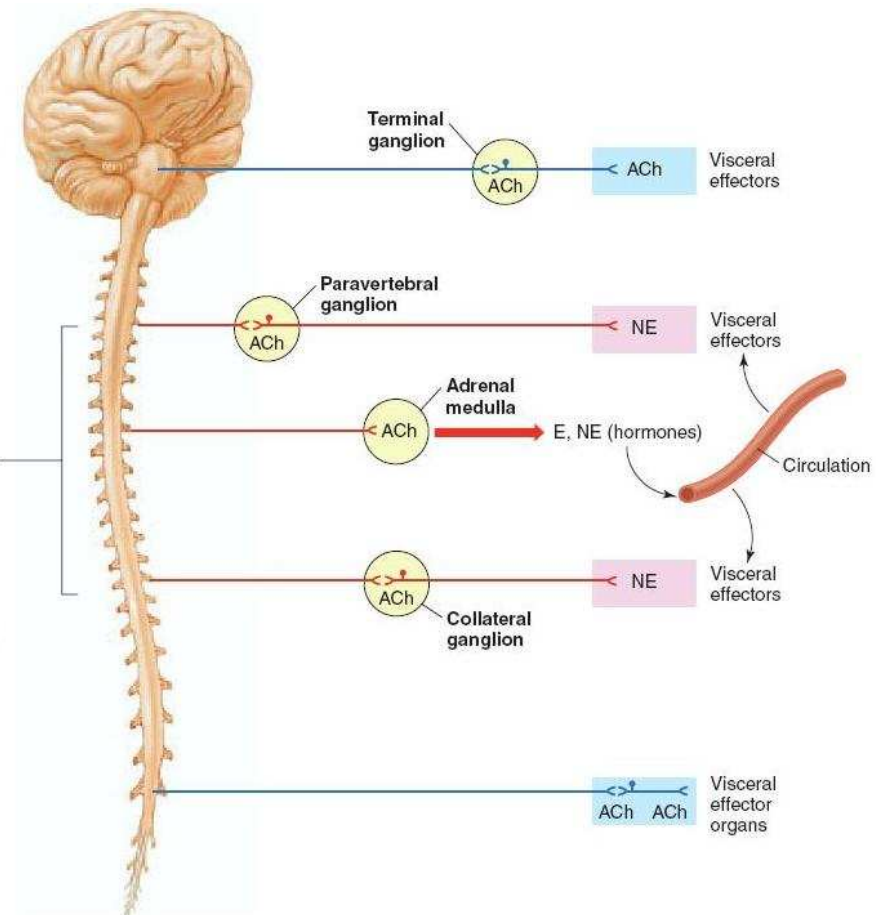
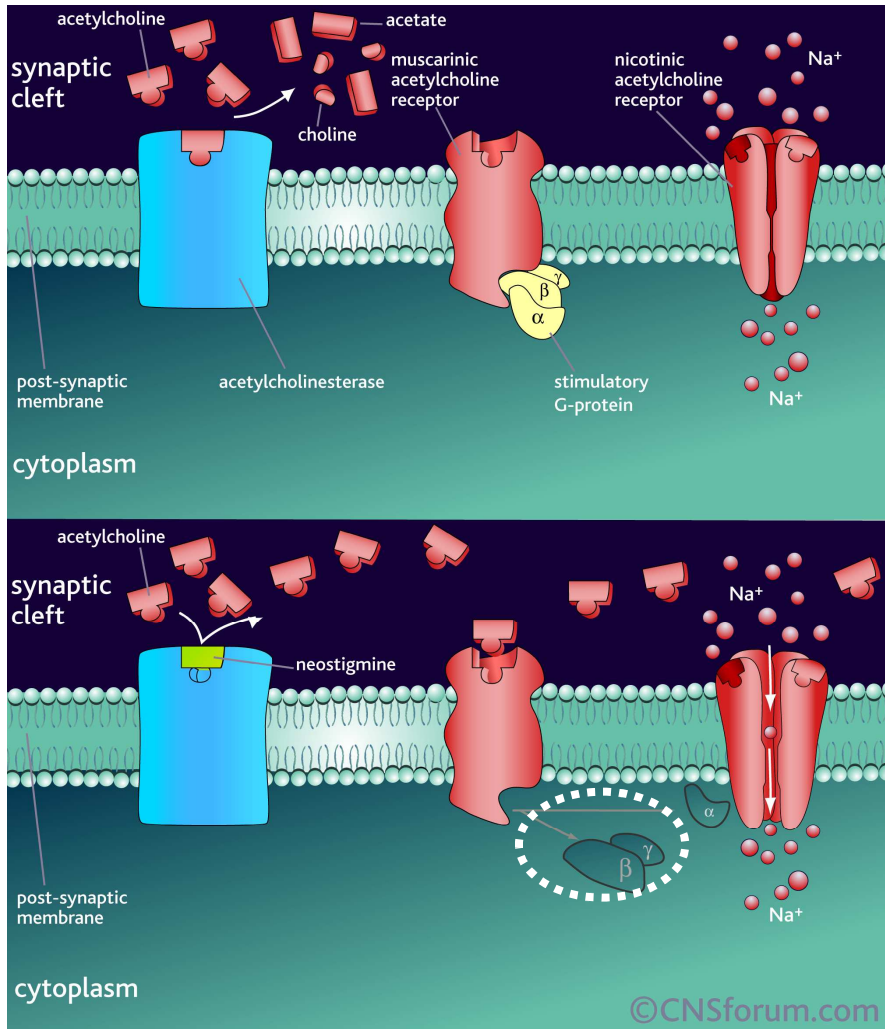


Sistema respiratorio



- 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.

- Paciente de 55 años, con antecedentes de HTA severa controlada con 2 fármacos: Atenolol, hidroclortiazida.
- Ingresado desde hace 2 días, pendiente de cirugía de ORL, que se suspende por problemas de disponibilidad de Qx.
- Después de la inducción anestésica HTA severa (220/120 mmHg) y taquicardia de 150 lpm.
- No responde al incremento de la profundidad anestésica.