



EACH | campus capital
USP
LESTE
Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo

Biotecnologia

ACH5533 – Fisiologia Humana I

2º Semestre 2022

Docentes responsáveis:

Felipe Chambergo (fscha@usp.br) - <https://sites.usp.br/lbbp>

Viviane Abreu Nunes (vanunes@ib.usp.br) - <https://sites.usp.br/lafipebio/>

Créditos: 4

Período: Quarta-feira, 14:00 às 18:00 h

Local: sala 102, edifício I1

USP – 2022

Organização fisiológica do sistema nervoso

Sistema nervoso somático ou voluntário

Aferente (sensitivo): receptores

Eferente (motor): músculo esquelético

Controla a musculatura esquelética, que é responsável pela locomoção e movimentos voluntários.

Respostas conscientes ao ambiente externo.

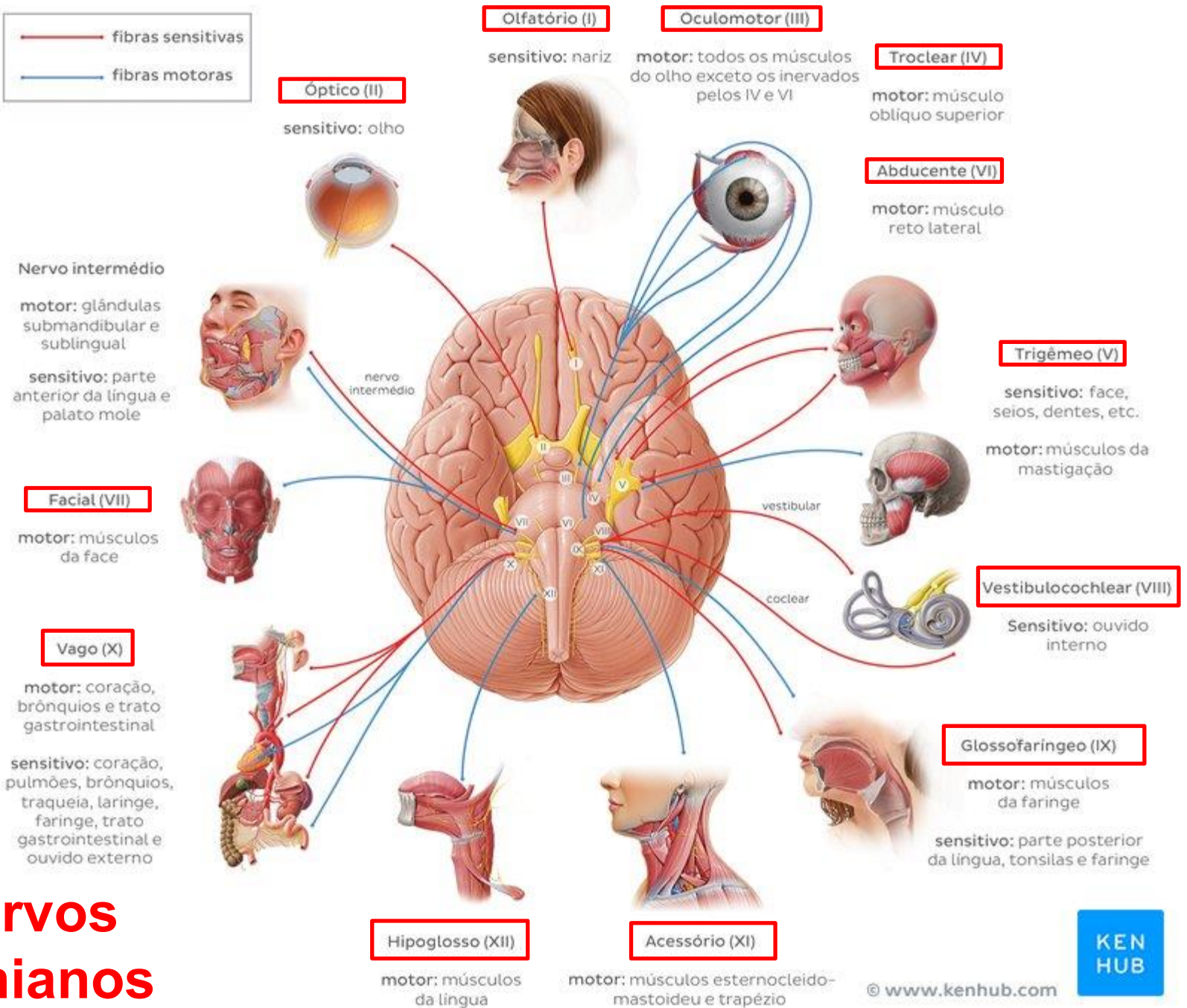
Sistema nervoso visceral ou autônomo

Aferente (sensitivo): visceroreceptores

Eferente (motor): músculo liso, cardíaco e glândulas

Manutenção do ambiente corporal interno, a homeostasia.

Respostas coordenadas e apropriadas a estímulos externos.



Nervos cranianos



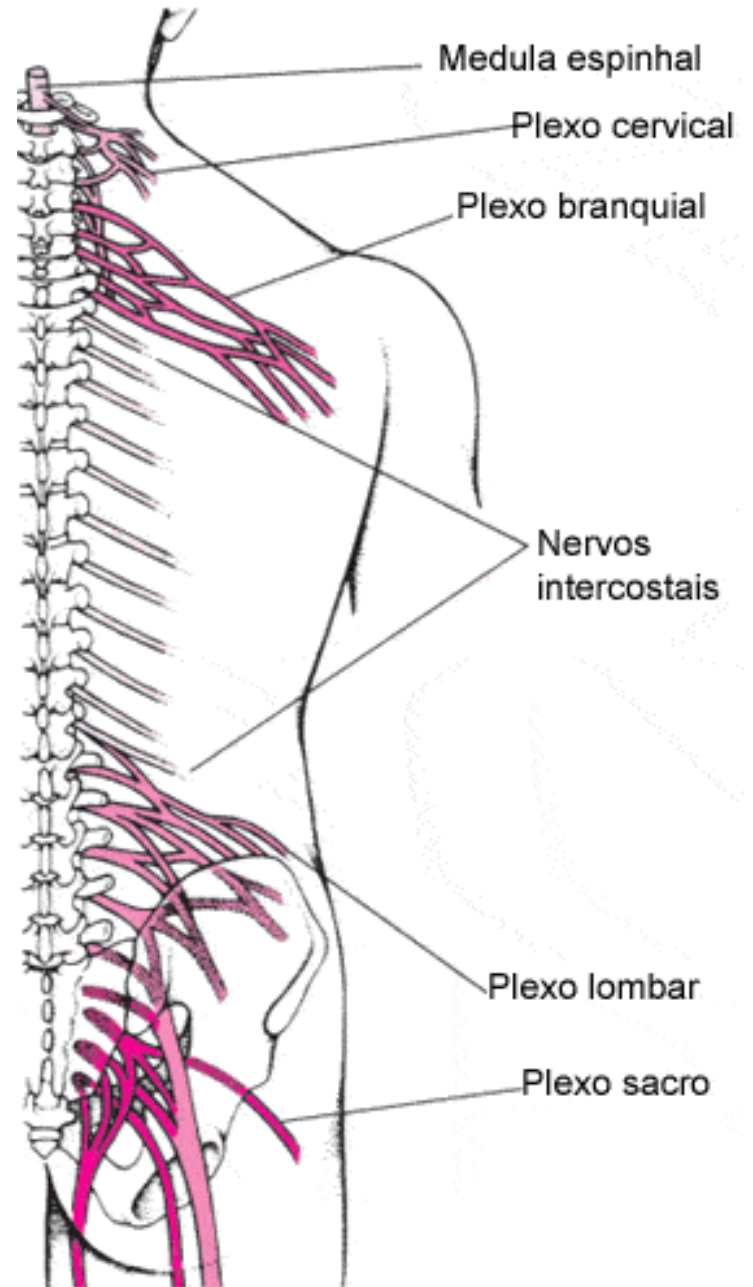
Nervos espinhais

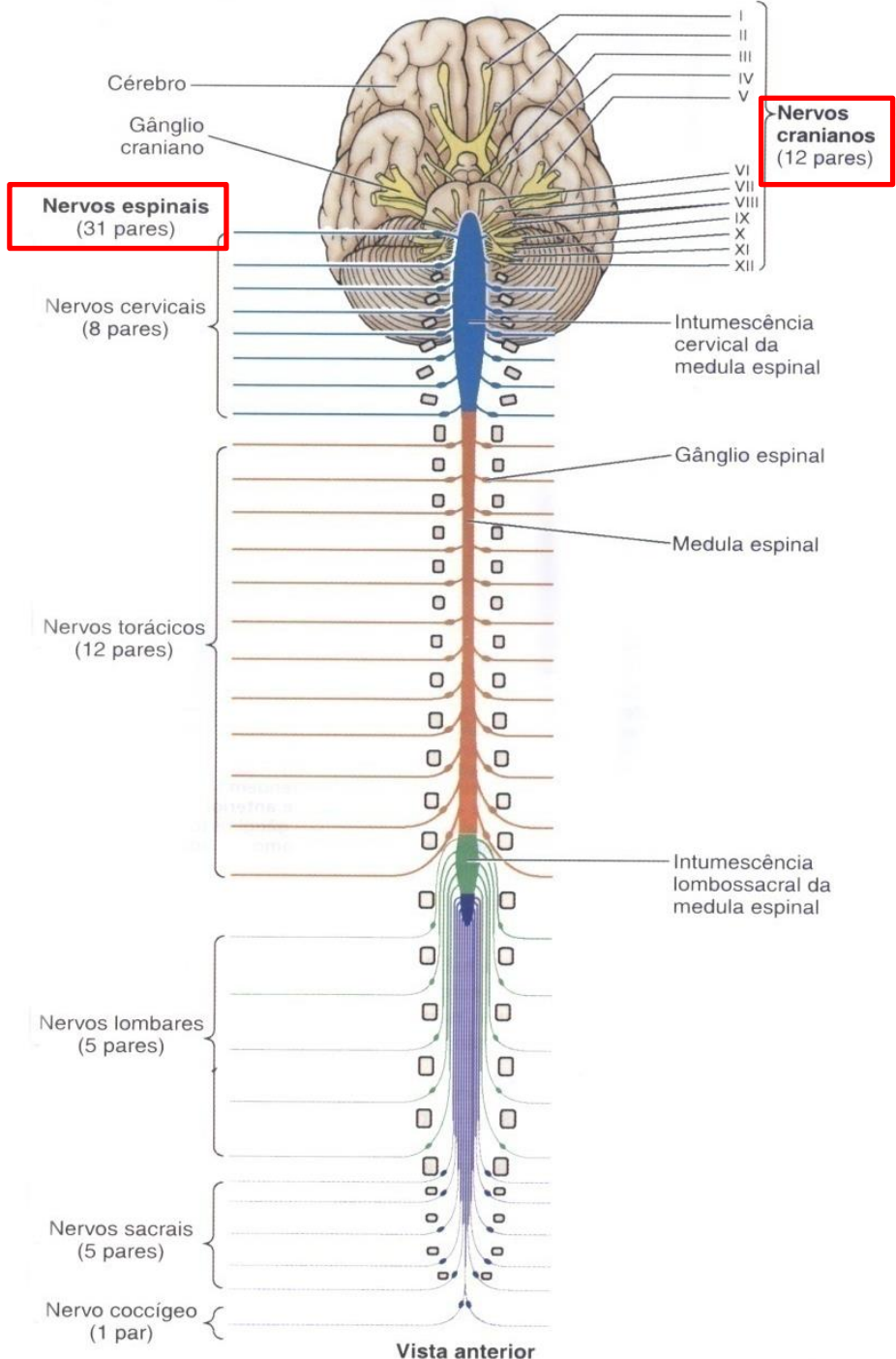
Partem da medula espinhal

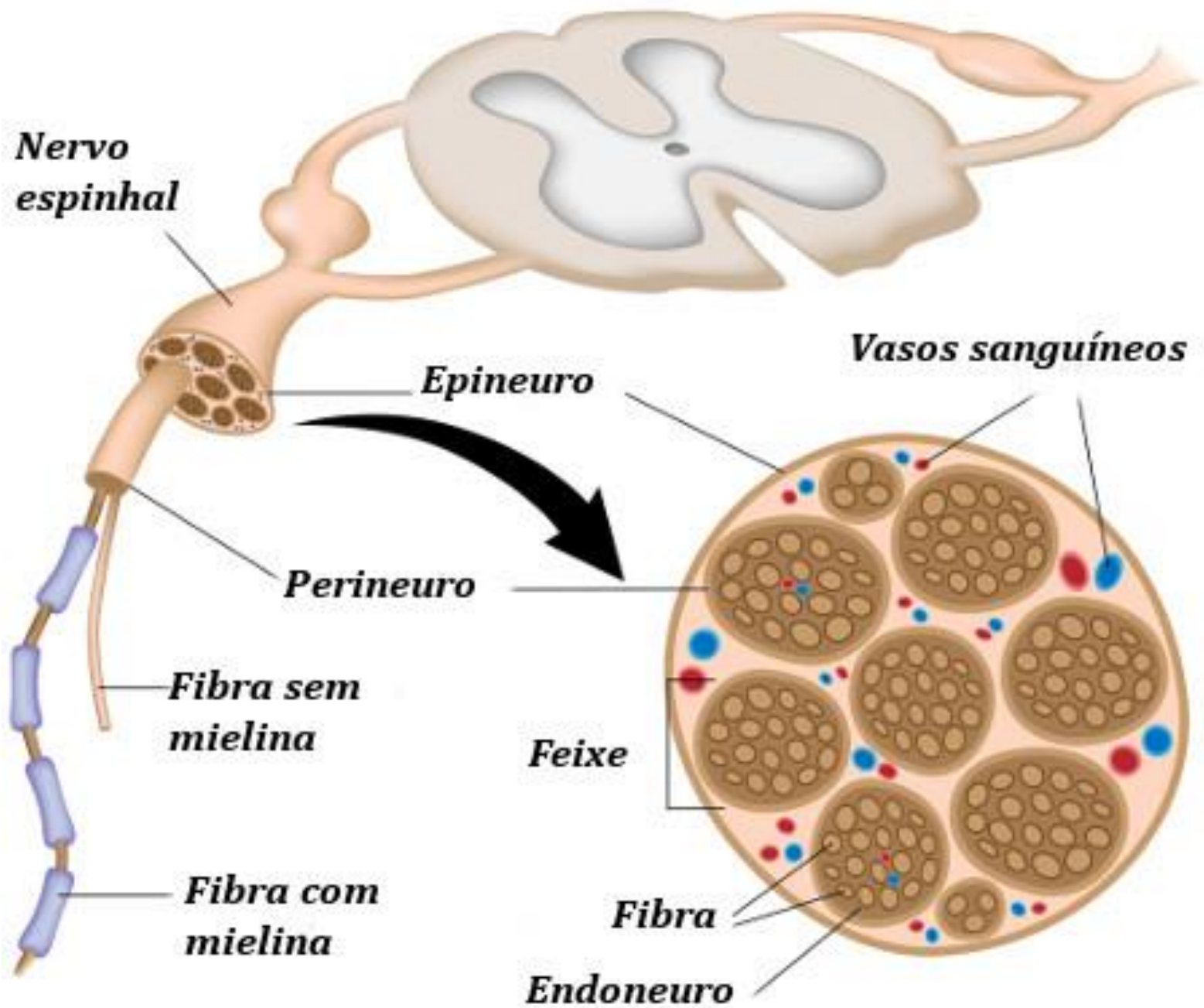
31 pares

Relacionam-se com:

- os músculos esqueléticos
- os músculos lisos
- as glândulas endócrinas

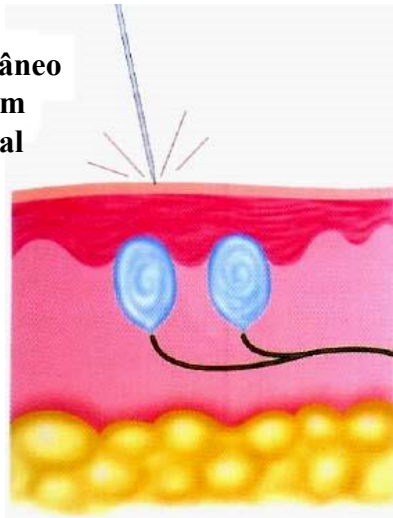






Integração sensório-motora

a. Um estímulo cutâneo é recebido por um receptor sensorial



b. O impulso percorre os neurônios sensoriais até o SNC



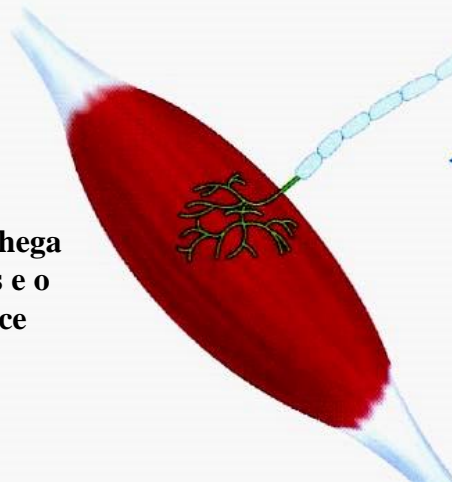
c. O SNC interpreta a informação e determina a resposta motora



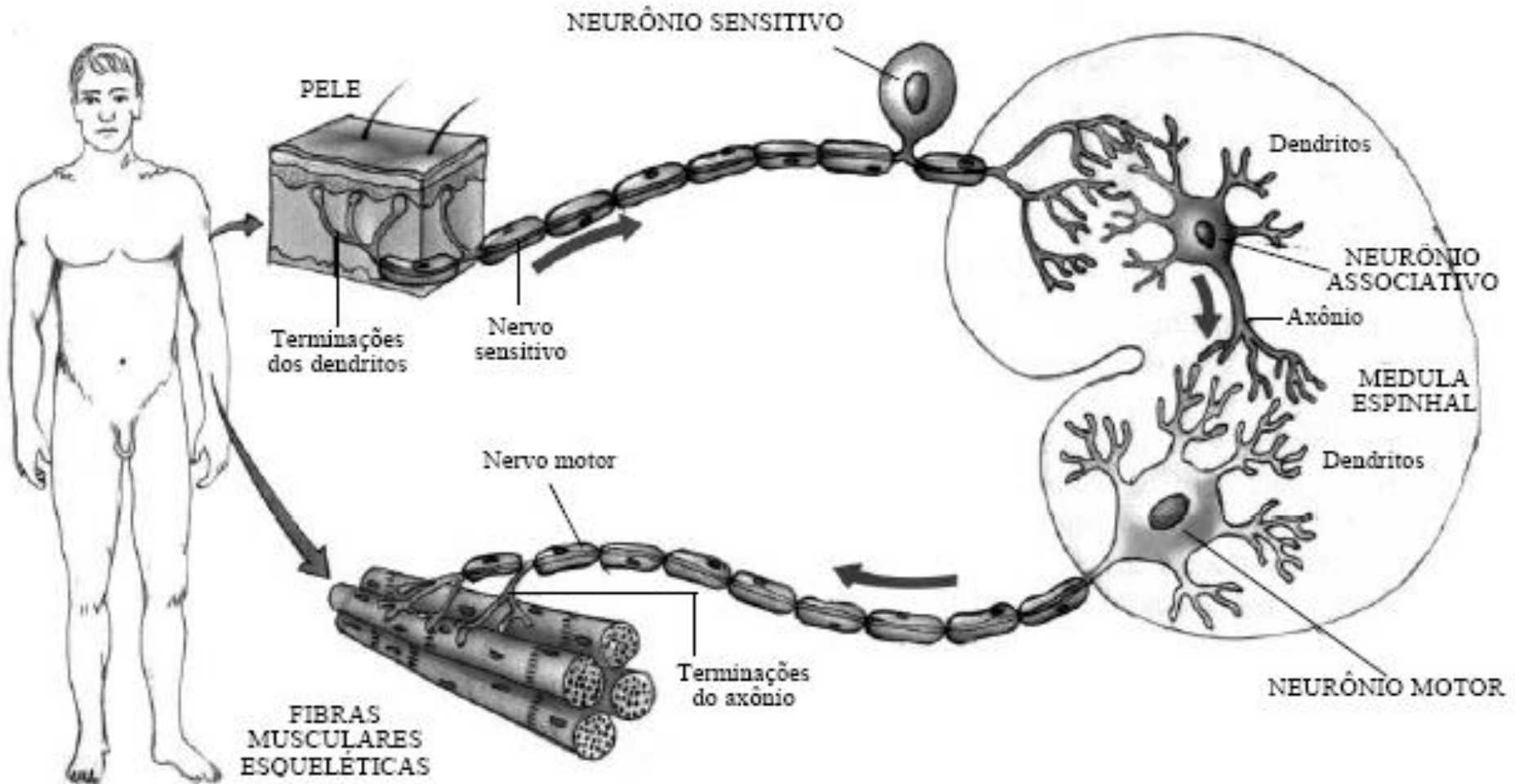
d. O impulso motor é enviado do SNC através de motoneurônios



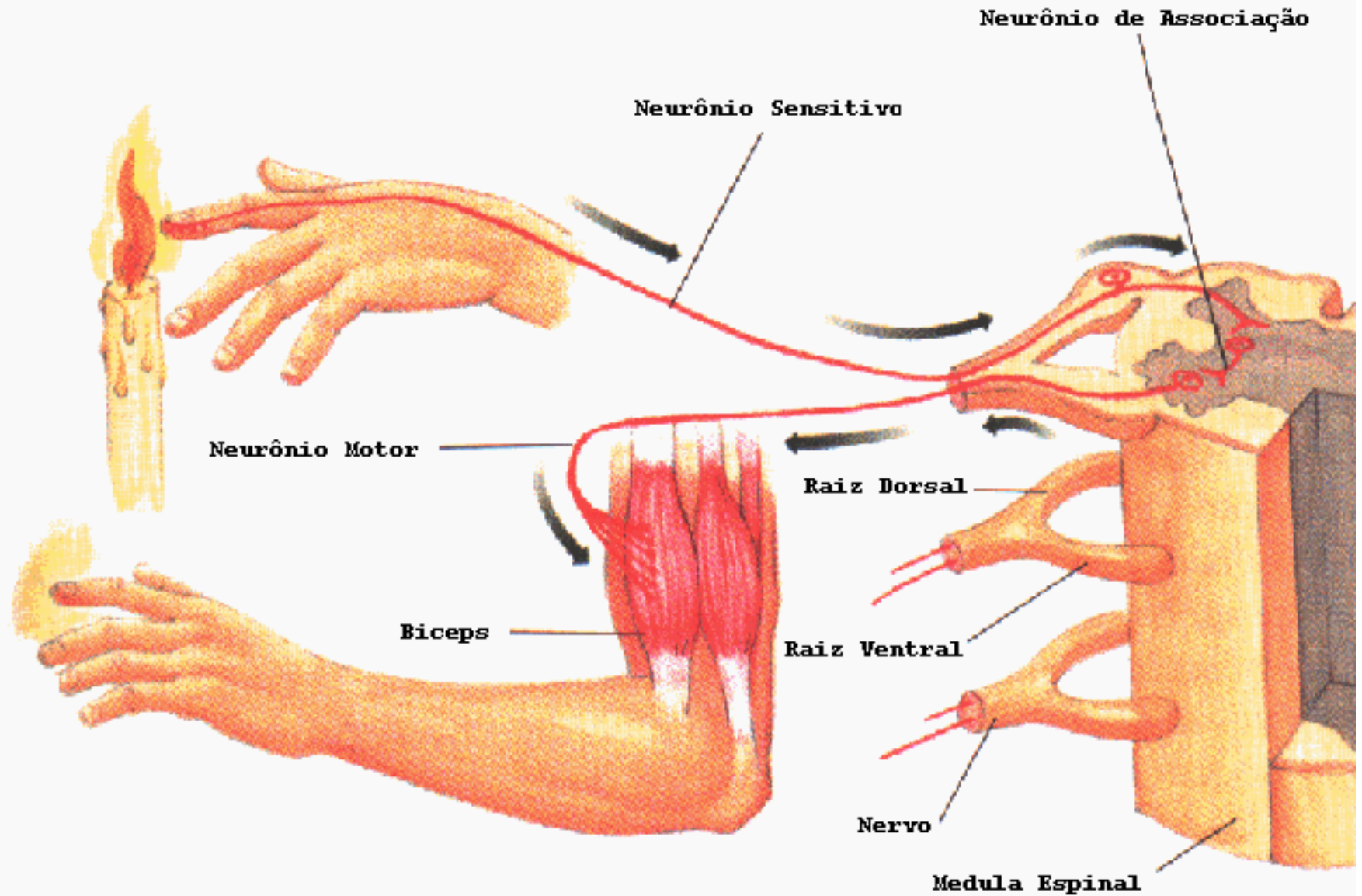
e. O impulso motor chega às fibras musculares e o movimento acontece



Ato reflexo



Ato reflexo



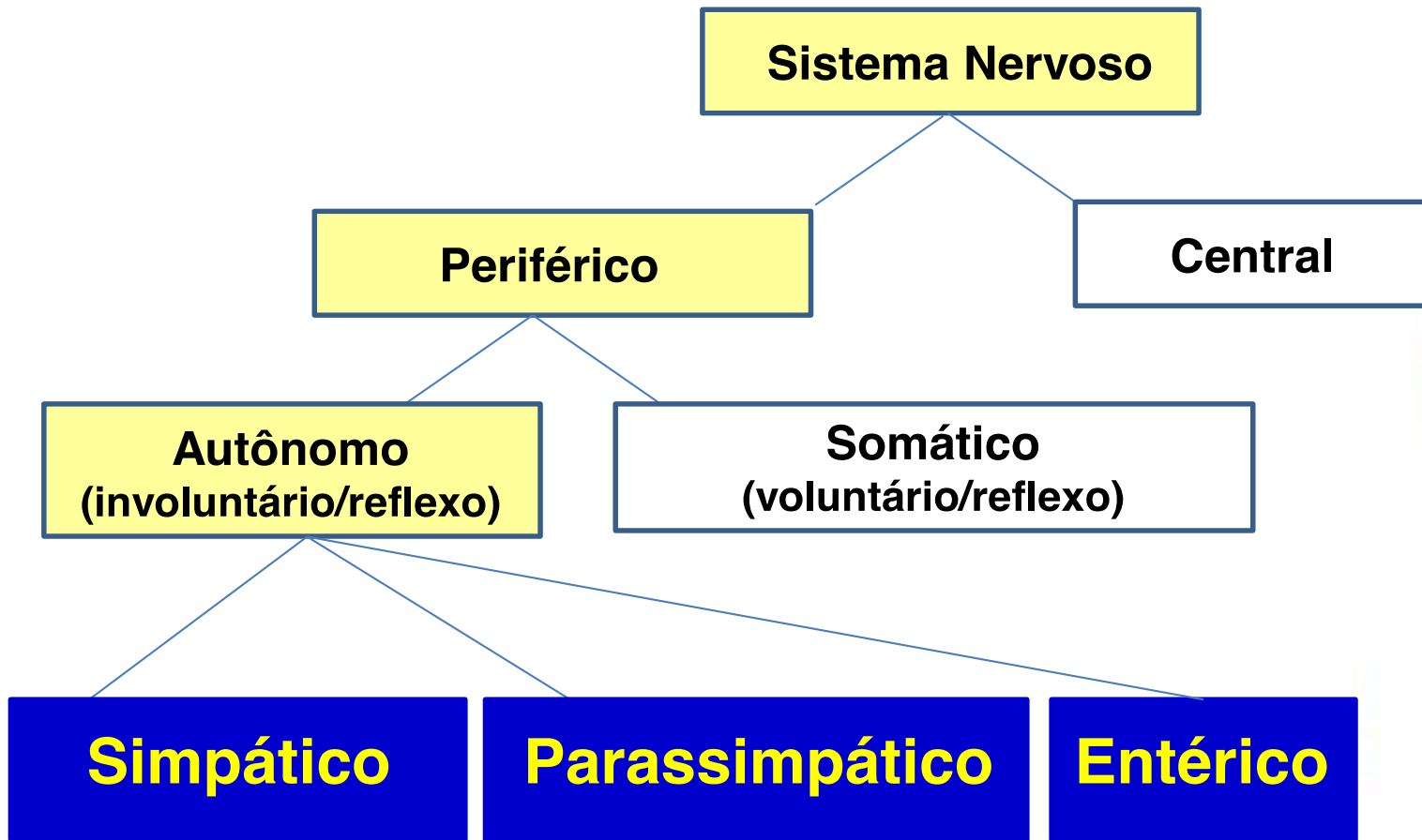
Organização fisiológica do sistema nervoso

Sistema nervoso somático

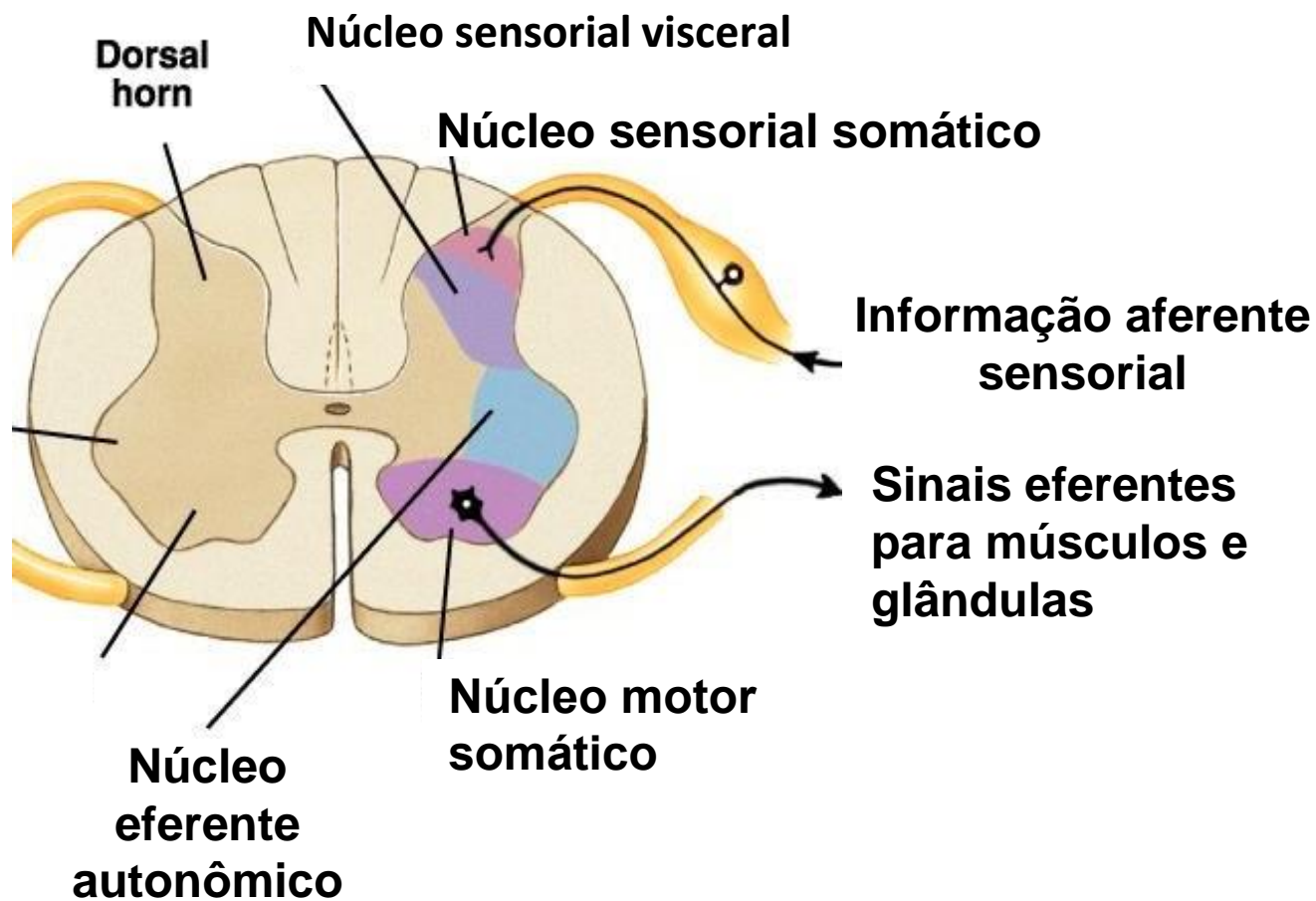
**Sistema nervoso
autônomo**

Características básicas do SNA

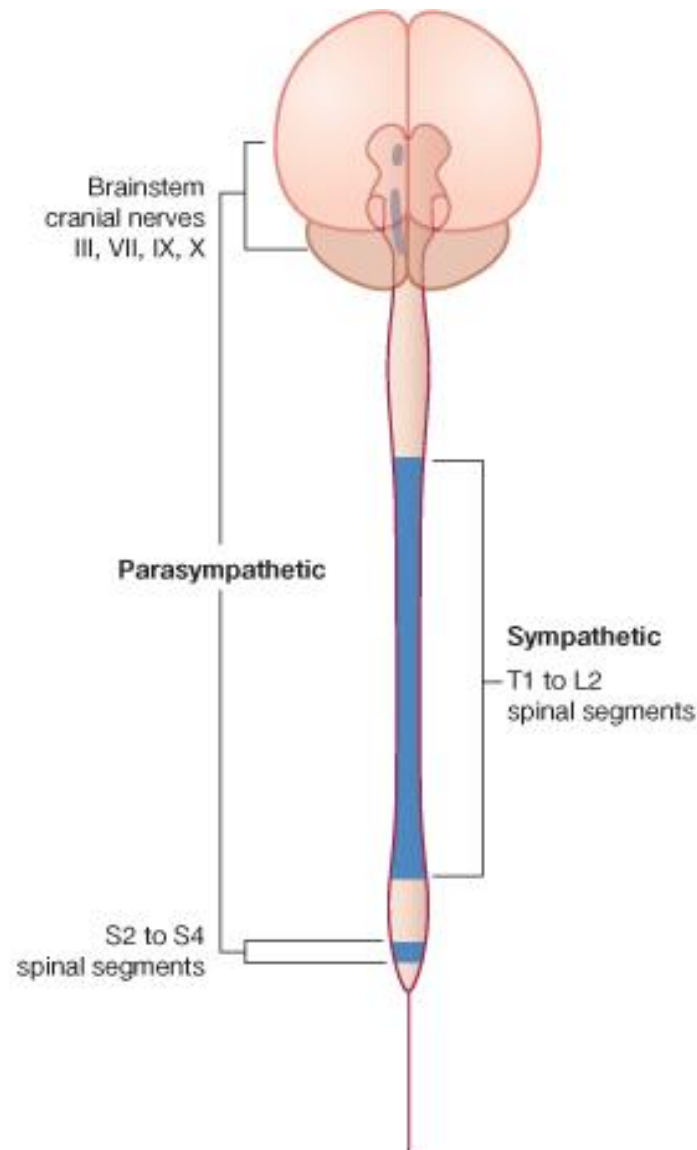
- **Responsável pela regulação das funções neurovegetativas (sistemas respiratório, cardiovascular, renal, digestório e endócrino)**
- **Manutenção da homeostase frente a diferentes situações e desafios ambientais**
- **Composto por um sistema que inerva diversos órgãos, glândulas, vasos sanguíneos, músculos liso e cardíaco**



Localização das vias na medula espinhal



Sistema Nervoso Autônomo



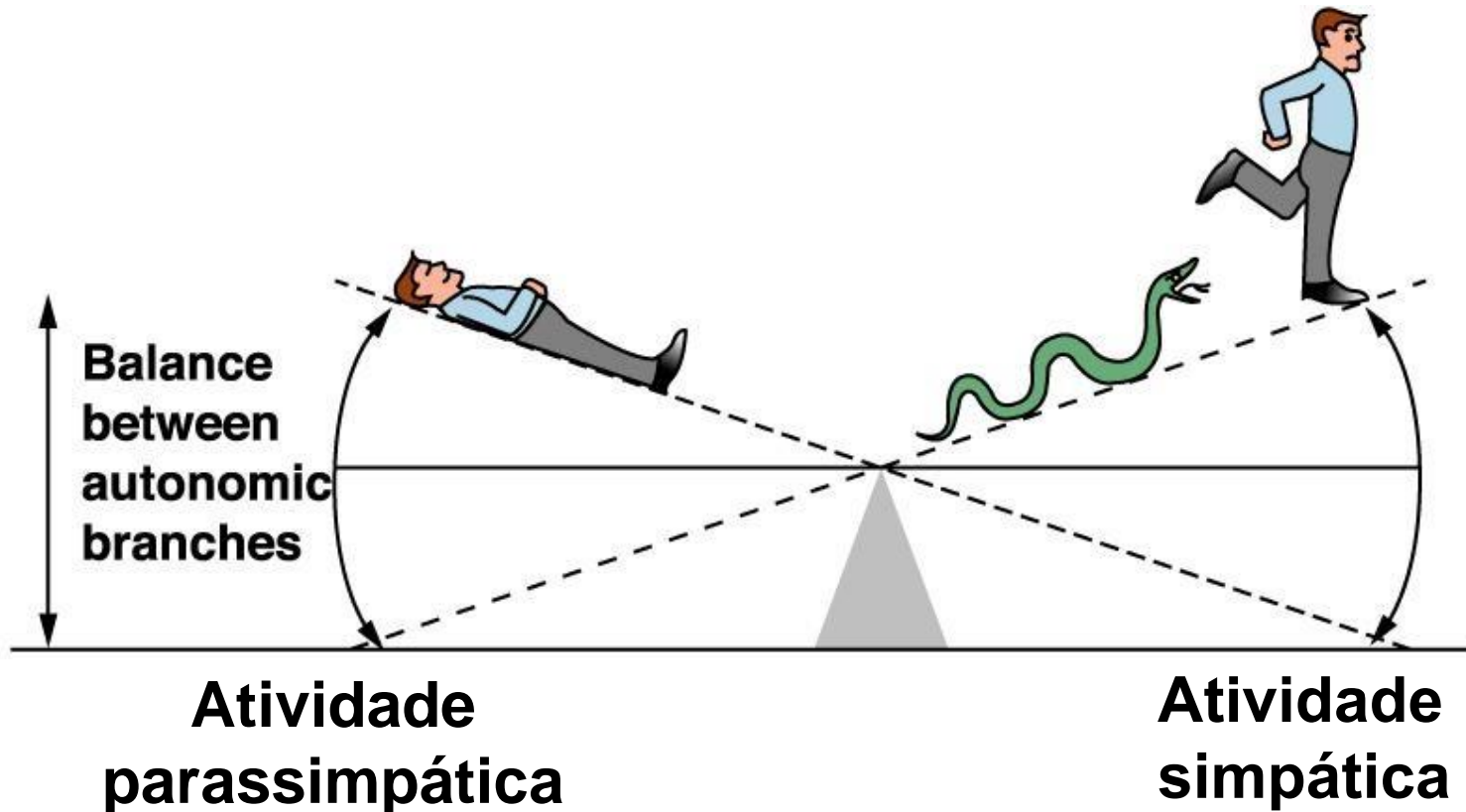
Equilíbrio Autonômico

Repouso e digestão

(prioriza o fluxo sanguíneo para o trato gastrointestinal)

Luta ou fuga

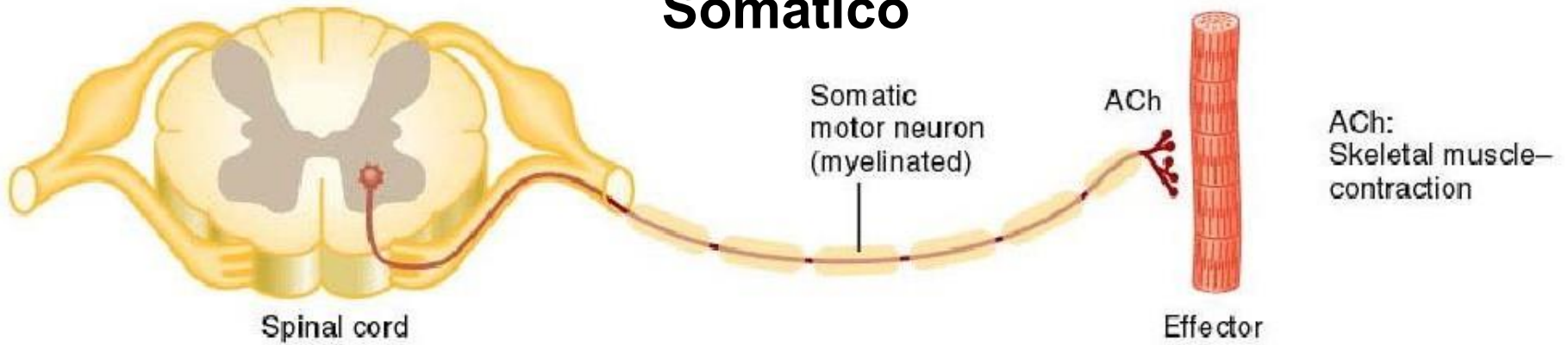
(prioriza o fluxo sanguíneo para os músculos, sistema cardiovascular e cérebro)



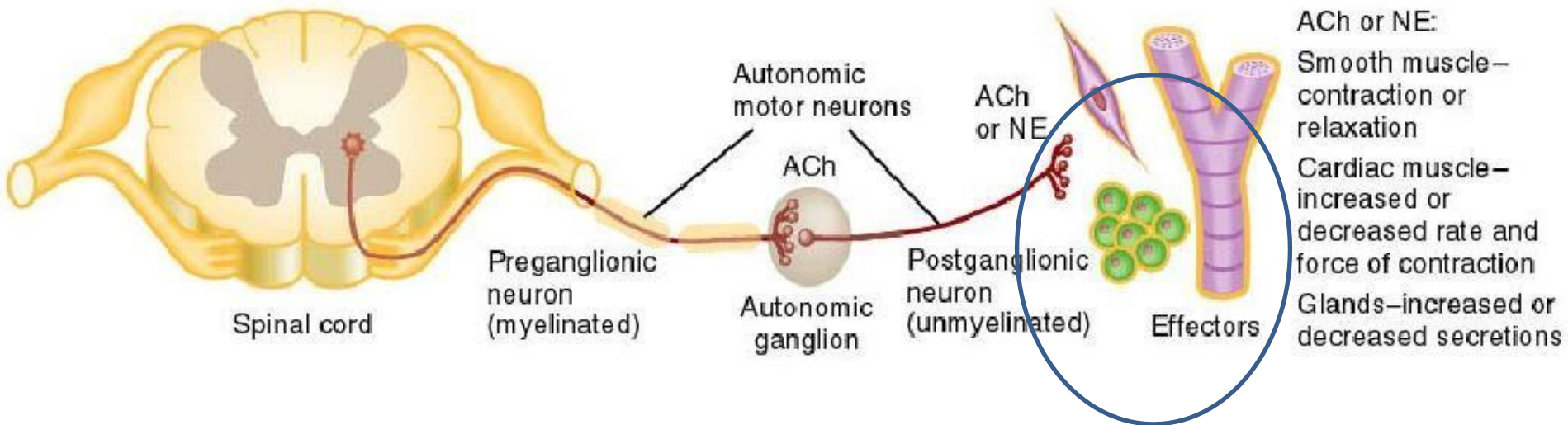
Luta ou fuga?

- Liberação de hormônios da glândula supra-renal
- **Aumento da PA e FC**
- **Broncodilatação**
- Inibição da motilidade e secreção no TGI
- Aumento do metabolismo de glicose
- Mobilização de energia
- Dilatação de vasos da musculatura esquelética
aumento do fluxo sanguíneo
- Dilatação das pupilas

Sistema Nervoso Somático



Sistema Nervoso Autônomo



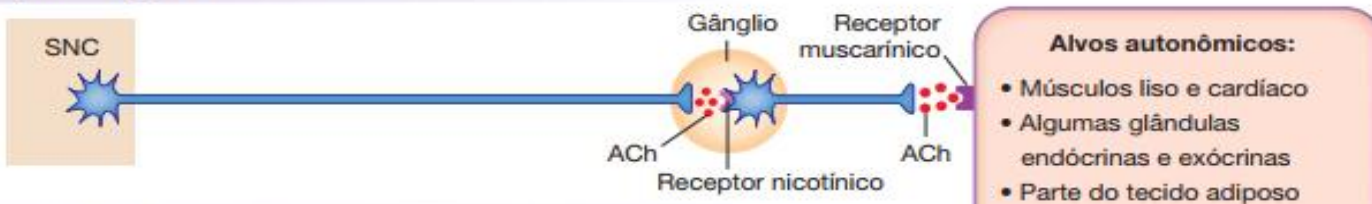
Divisões eferentes do sistema nervoso

VIA MOTORA SOMÁTICA



VIAS AUTONÔMICAS

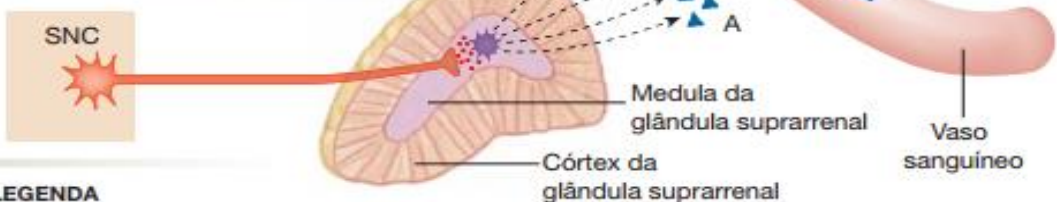
(a) Via parassimpática



(b) Via simpática



(c) Via simpático-glândula suprarrenal



LEGENDA

- ACh = acetilcolina
- ▲ A = adrenalina
- NA = noradrenalina

O simpático tem porção pré-ganglionar curta, um gânglio próximo a medula (paravertebral) e um nervo pós-ganglionar longo.

O parassimpático tem porção pré-ganglionar longa, um gânglio próximo ao órgão efetor e um nervo pós-ganglionar curto.

Principais substâncias neurócrinas

Composto químico	Receptor	Tipo	Localização do receptor	Principais agonistas, antagonistas e potenciadores**
Acetilcolina (ACh)	Colinérgico			
	Nicotínico (nAChR)	RCI [†] (Na ⁺ , K ⁺)	Músculos esqueléticos, neurônios autonômicos, SNC	Agonista: nicotina Antagonistas: curare, α-bungarotoxina
	Muscarínico (M)	RPG	Músculos liso e cardíaco, glândulas endócrinas e exócrinas, SNC	Agonista: muscarina Antagonista: atropina
Aminas				
Noradrenalina (NA) Adrenalina (A)	Adrenérgico (α, β)	RPG	Músculos lisos e cardíaco, glândulas, SNC	Antagonistas: receptores α: ergotamina, fentolamina receptores β: propranolol
Dopamina (DA)	Dopamina (D)	RPG	SNC	Agonista: bromocriptina Antagonistas: fármacos antipsicóticos
Serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT)	Serotonérgico (5-HT)	RCI (Na ⁺ , K ⁺), RPG	SNC	Agonista: sumatriptano Antagonista: LSD
Histamina	Histamina (H)	RPG	SNC	Antagonistas: riantidina (Zantac [®]) e cimetidina (Tagamet [®])
Aminoácidos				
Glutamato	Glutaminérgico ionotrópico (iGluR)			
	AMPA	RCI (Na ⁺ , K ⁺)	SNC	Agonista: quisqualato
	NMDA	RCI (Na ⁺ , K ⁺)	SNC	Potenciador: serina
	Glutaminérgico metabotrópico (mGluR)	RPG	SNC	Potenciador: glicina
GABA (ácido γ-aminobutírico)	GABA	RCI (Cl ⁻), RPG	SNC	Antagonista: picrotoxina Potenciadores: álcool, barbitúricos
Glicina	Glicina (GlyR)	RCI (Cl ⁻)	SNC	Antagonista: estriquinina
Purinas				
Adenosina	Purina (P)	RPG	SNC	
Gases				
Óxido nítrico (NO)	Nenhuma	N/A	N/A	

*Esta tabela não inclui os inúmeros peptídeos que atuam como neurócrinos.

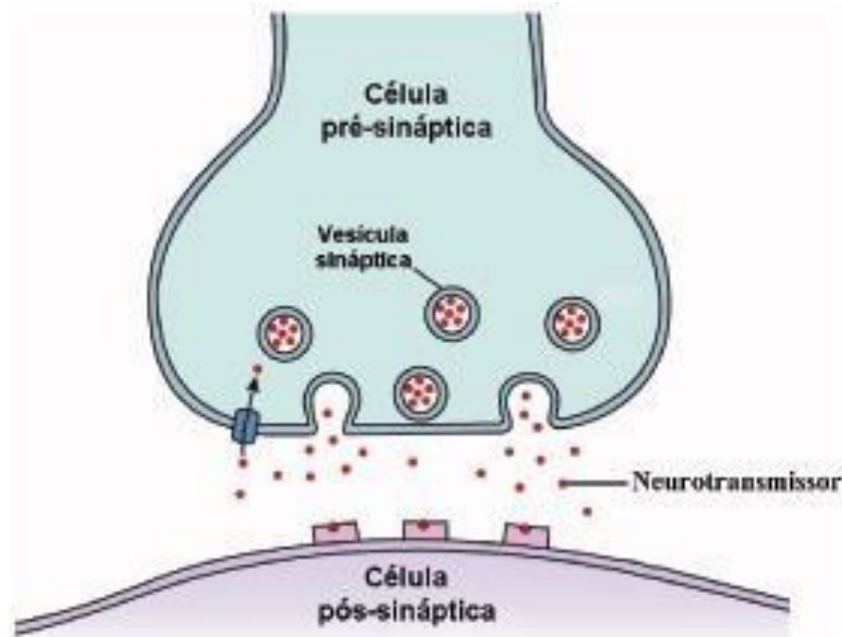
**Esta lista não inclui muitas substâncias químicas que são utilizadas como agonistas e antagonistas em pesquisas fisiológicas.

[†]RCI, receptor de canal iônico; RPG, receptor acoplado à proteína G; AMPA, ácido propiônico α-amino-3-hidroxi-5-metil-isoxazol-4;

NMDA, N-metil-D-aspartato; LSD, ácido lisérgico dietilamina; N/A = não aplicável.

Neurotransmissores atuantes no sistema nervoso autônomo

Os neurotransmissores são mediadores químicos liberados pelas terminações nervosas na fenda sináptica

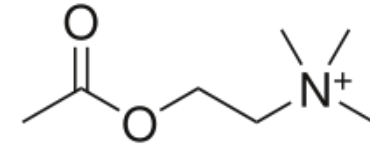
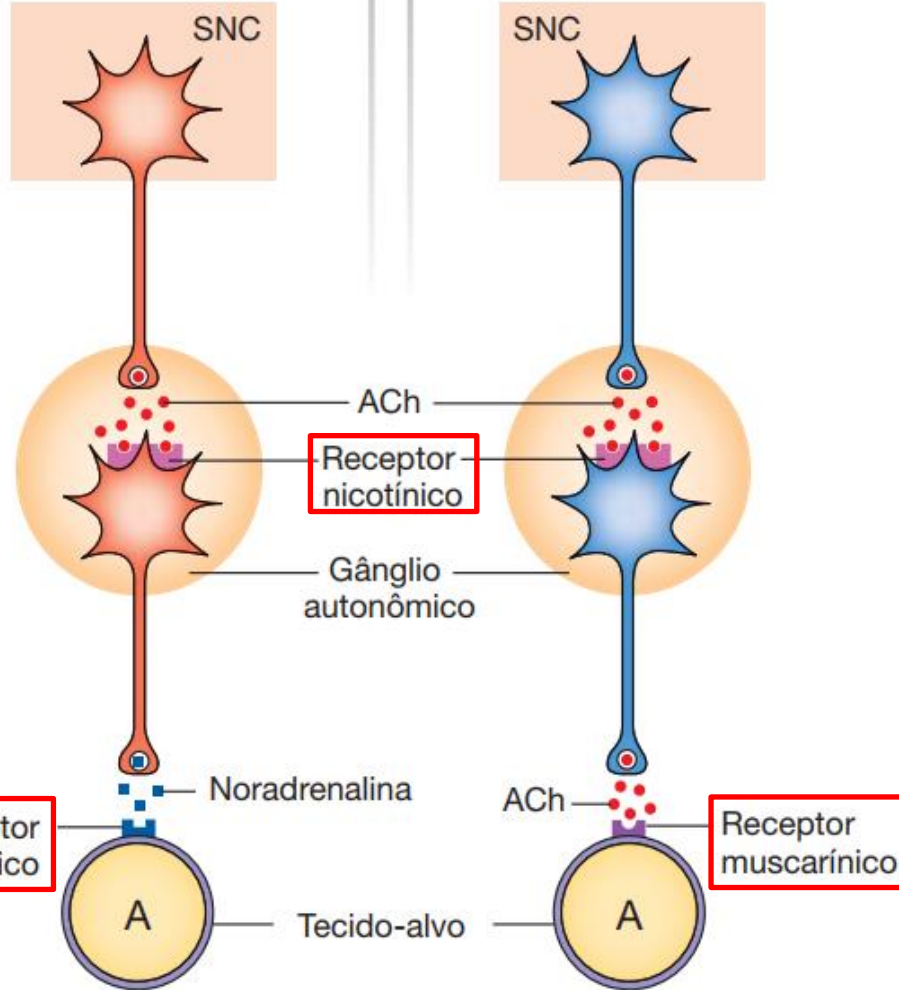


Os neurotransmissores interagem com seus receptores específicos, inibindo ou excitando a célula pós-sináptica

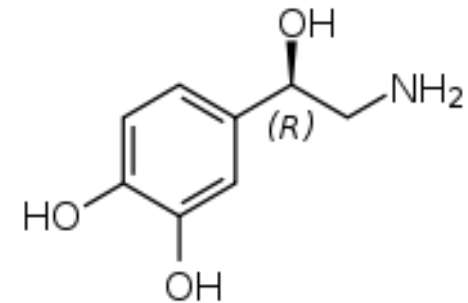
Principais neurotransmissores no SNA

As vias simpáticas utilizam acetilcolina e noradrenalina.

As vias parassimpáticas utilizam acetilcolina



Acetilcolina (ACh)



Noradrenalina (NA) ou Norepinefrina (NE)

Receptores colinérgicos

**Acetilcolina
(ACh)**



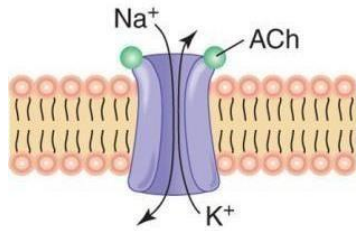
Receptores

- Nicotínicos (diversos subtipos)
- Muscarínicos
 - ✓ M1, M2, M3, M4, M5

<u>Nicotínico</u> (ionotrópico)	<u>Muscarínico</u> (metabotrópico)
$(\alpha_3)_2(\beta_4)_3$ $(\alpha_7)_5$	M ₁ SNC, gânglio autonômico neurônios enteréticos
$(\alpha_1)_2\beta_1\delta\gamma$ $(\alpha_1)_2\beta_1\delta\epsilon$	M ₂ Músculo cardíaco e liso
$(\alpha_4)_2(\beta_4)_3$ $(\alpha_7)_5$	M ₃ Músculo liso, glândulas SNC (< proporção),
$(\alpha_7)_5$	M ₄ , M ₅ SNC

Receptores Colinérgicos

Nicotínicos

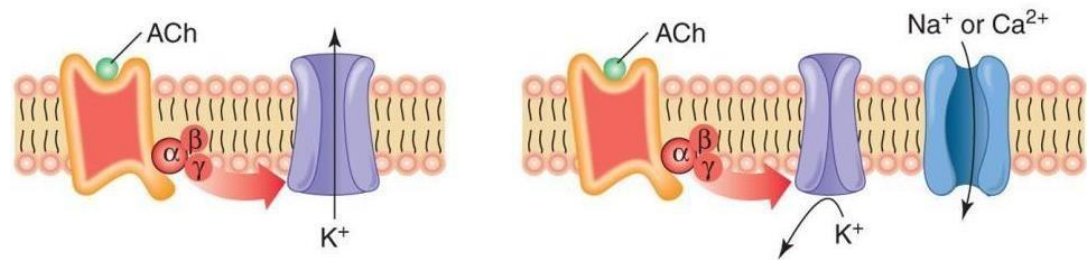


Despolarização

Excitação

- Encontrados em:
- Todos os gânglios autonômicos
 - Todas as junções neuromusculares
 - Diversas vias no sistema nervoso central

Muscarínicos



Hiperpolarização

(abertura de canais para K⁺)

Inibição M2 e M4

- Redução da frequência cardíaca
- Miose

Despolarização

(fechamento de canais para K⁺)

Excitação M1, M3 e M5

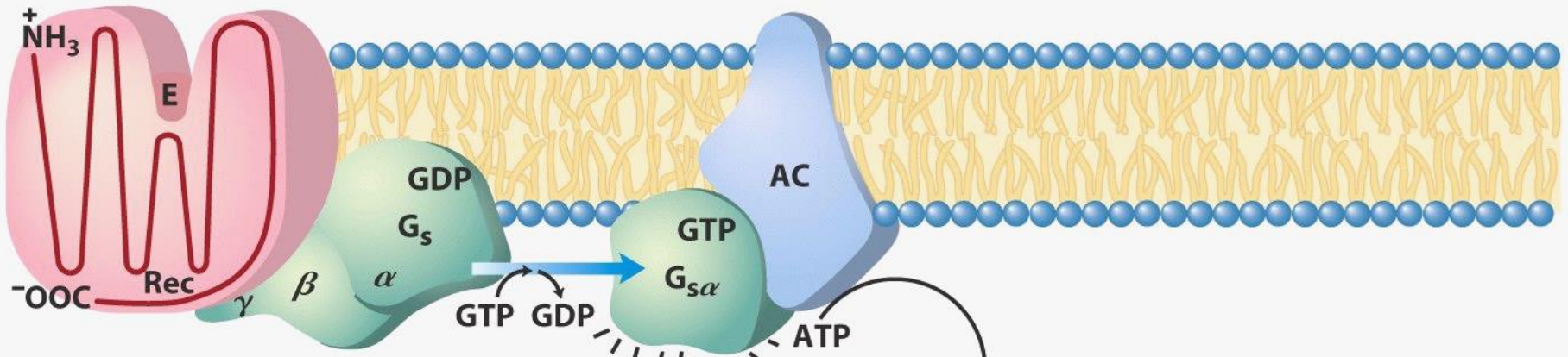
- Contração da musculatura lisa do trato gastrointestinal

- São receptores acoplados à proteína G
- Provocam efeitos parassimpáticos no coração, musculo liso e glândulas

Lembre-se: o efeito final do neurotransmissor depende do tipo de receptor!

a. Receptor de adrenalina (epinefrina) acoplado ao sistema Proteína-G e adenil ciclase-AMPC.

① A adrenalina (E) liga-se ao seu receptor específico



②

O receptor ocupado induz o deslocamento do GDP ligado a Gs pelo GTP, ativando Gs.

③

Gs (subunidade α) desloca-se para a adenilciclase (AC) e a ativa

④

A adenil ciclase catalisa a formação do AMPc.

Nucleotídeo cíclico fosfodiesterase.

⑤

PKA é ativada pelo AMPc.

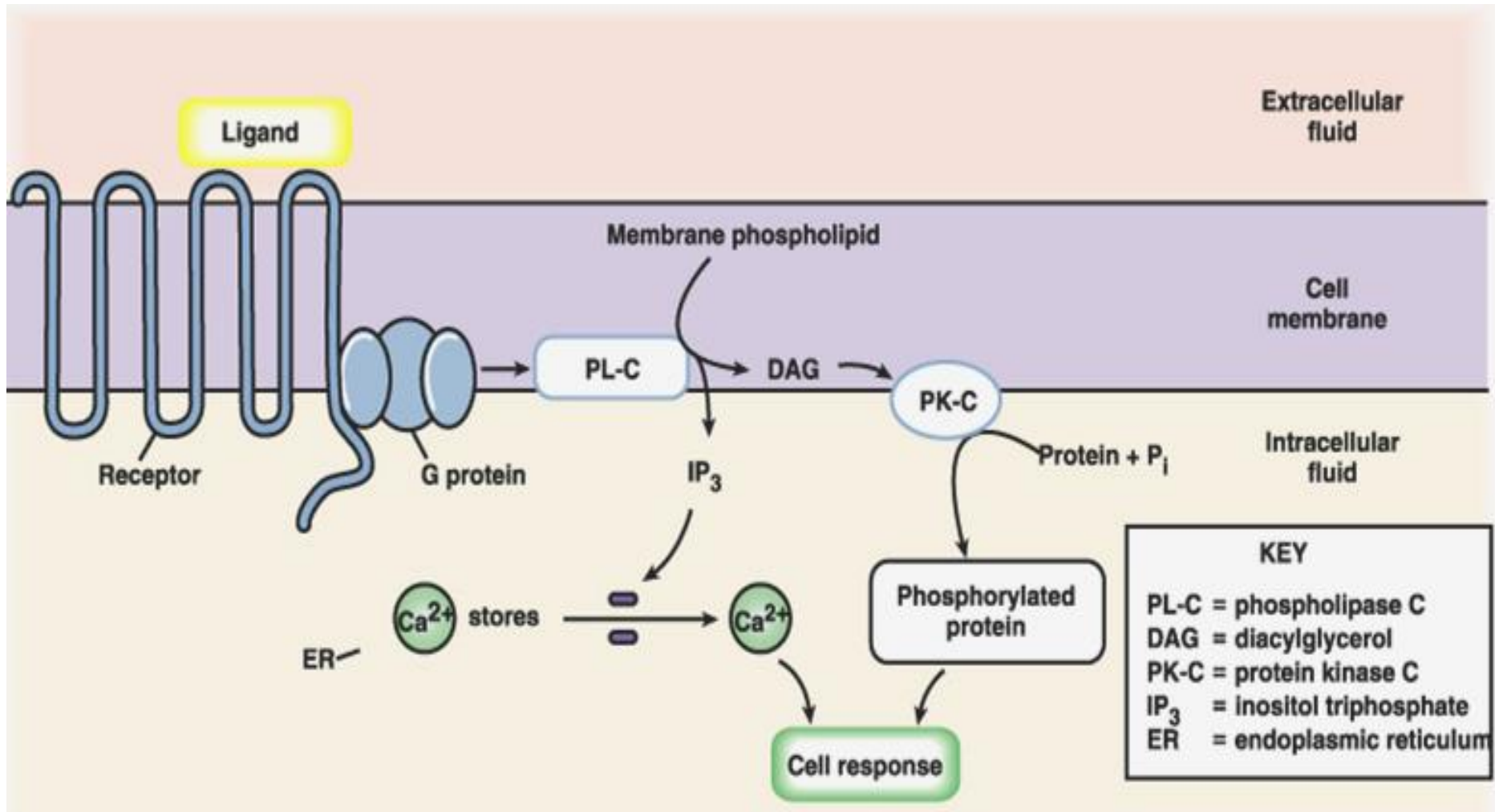
⑥

A fosforilação das proteínas celulares pela PKA induz a resposta celular à adrenalina.

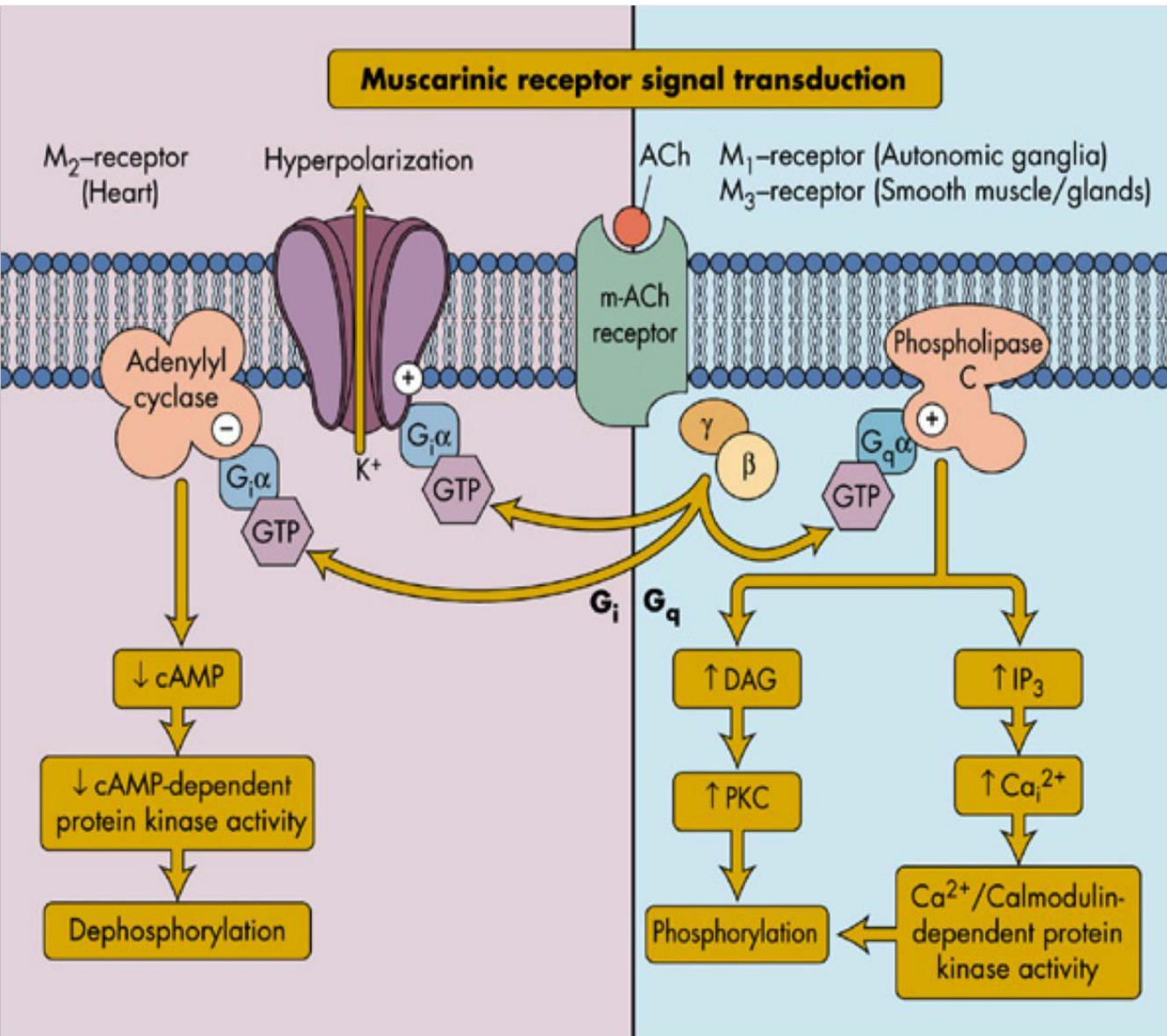
5'-AMP ⑦

O AMPc é degradado revertendo a ativação da PKA.

b. Sinalização por Proteína G acoplada a fosfolipase C e IP₃



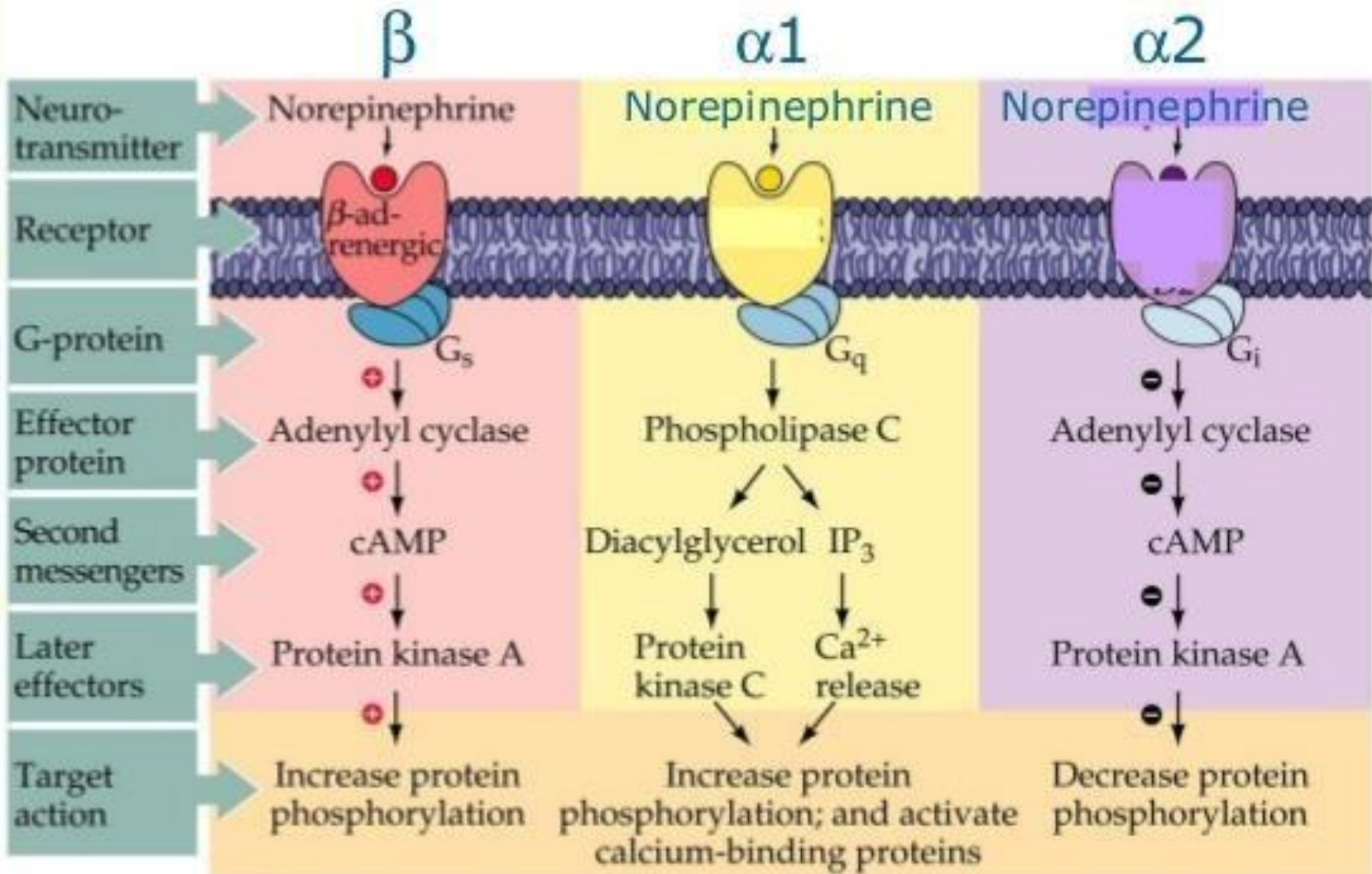
Receptores Colinérgicos Muscarínicos



M1 e M3 ativados acoplam-se à proteína G, induzem a ativação da fosfolipase C, que promove a produção de segundos mensageiros (DAG e IP3)

M2 ativado acopla-se à proteína G, que inibe a atividade da adenilciclase e reduz os níveis intracelulares de AMP cíclico

Receptores Adrenérgicos



Receptores Adrenérgicos

α

- $\alpha 1$ • **Vasoconstrição** (consequências: aumento da resistência periférica vascular e da pressão arterial)
- Contração do esfíncter interno da bexiga
- Midríase (constrição pupilar)

$\alpha 2$

- Inibição da secreção de noradrenalina
- Inibição da secreção de insulina

$\beta 1$

- **Taquicardia**
- Aumento da lipólise
- Aumento da contratilidade do miocárdio
- Broncodilatação

β

$\beta 2$

- Aumento da gliconeogênese muscular e hepática
- Aumento da liberação de glucagon
- Relaxamento do músculo liso uterino

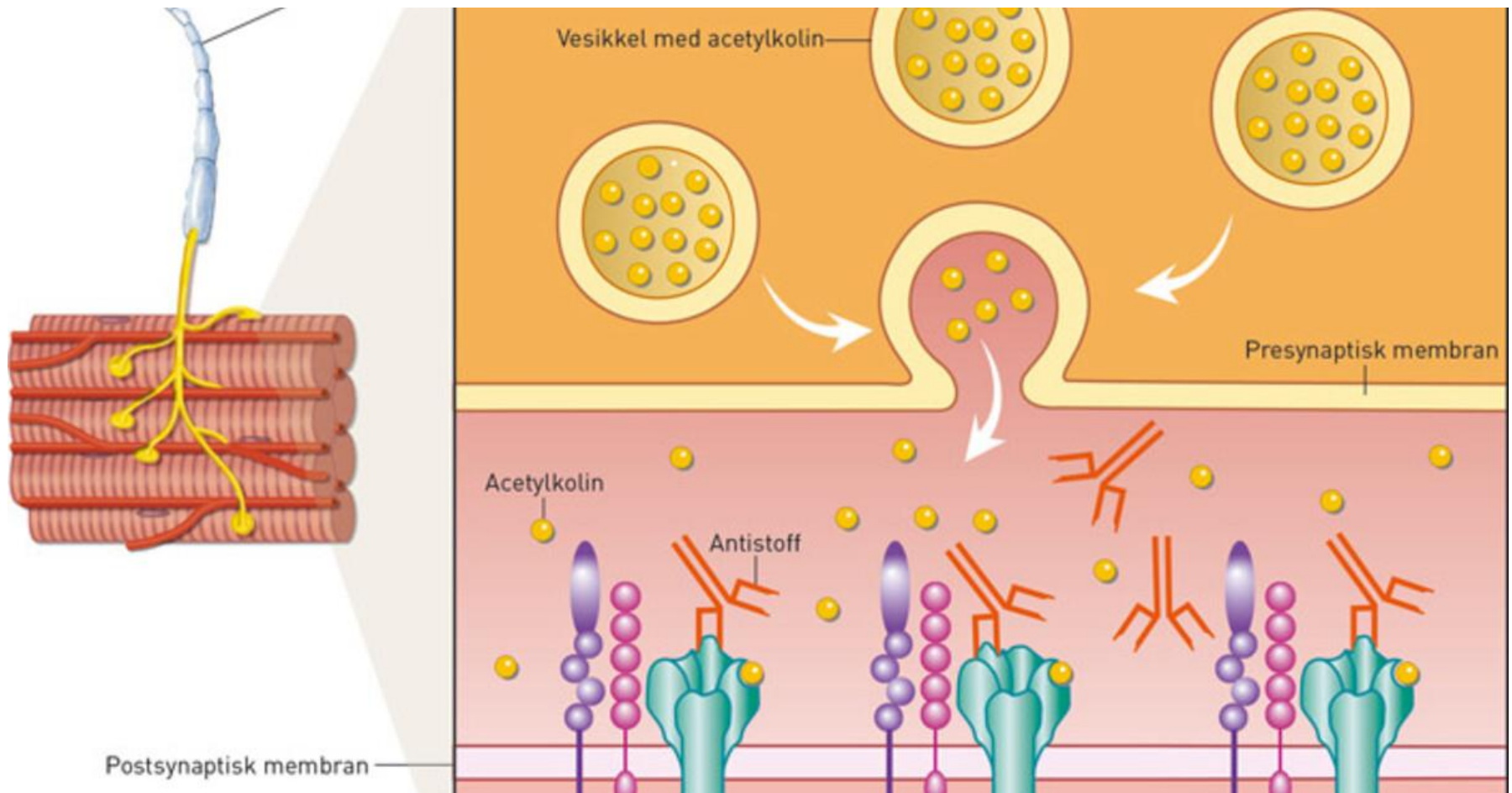
$\beta 3$

- Termogênese no tecido adiposo marrom

Miastenia grave,

Fraqueza dos músculos que ocorre quando o impulso do nervo não chega adequadamente às células do músculo devido ao bloqueio da ação dos neurotransmissores.

O número de receptores da Acetilcolina, encontram-se reduzidos. Isto deve-se a um ataque aos receptores, por anticorpos, produzidos pelo sistema imune do próprio indivíduo (**resposta auto-imune**).



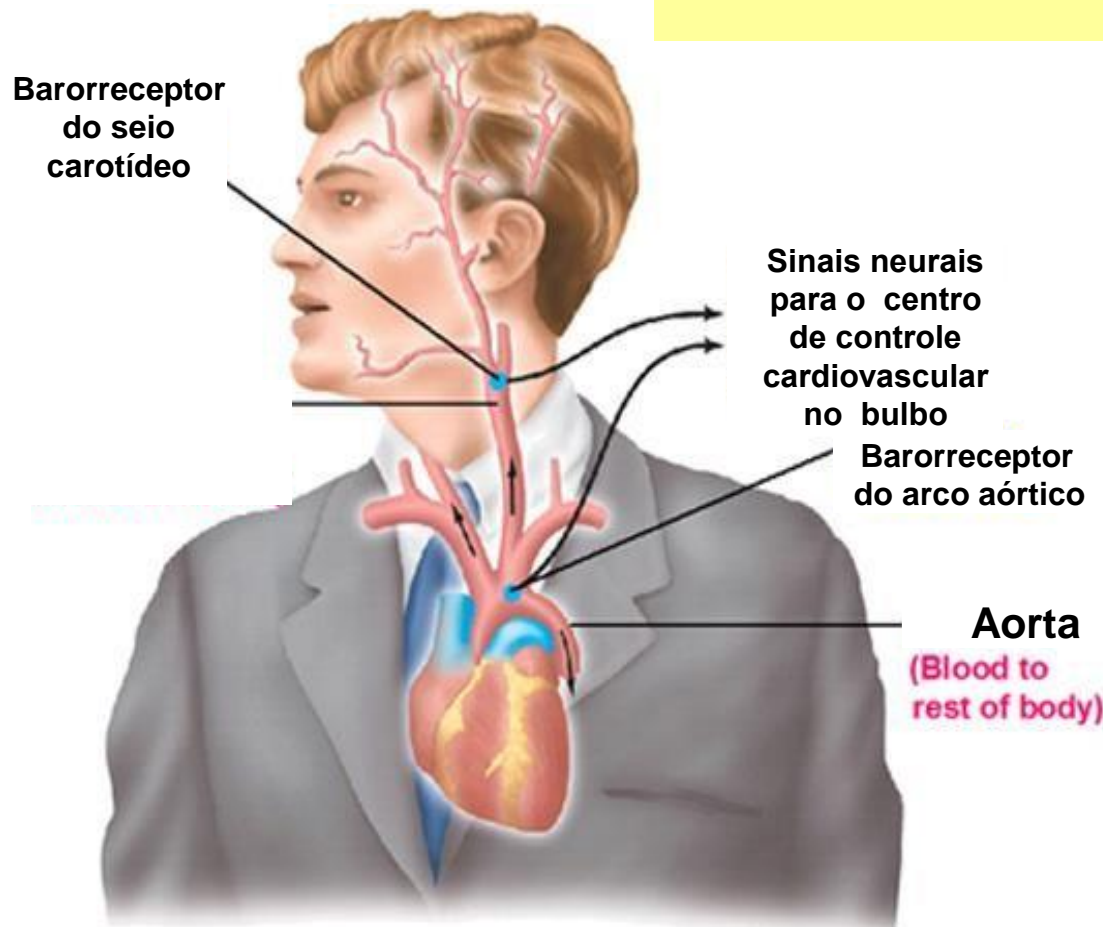
Reflexos autonômicos

- Reflexo de contração pupilar (Fotomotor)
- Controle da pressão arterial no curto prazo (barorreflexo)
- Reflexo de Esvaziamento da Bexiga (micção)



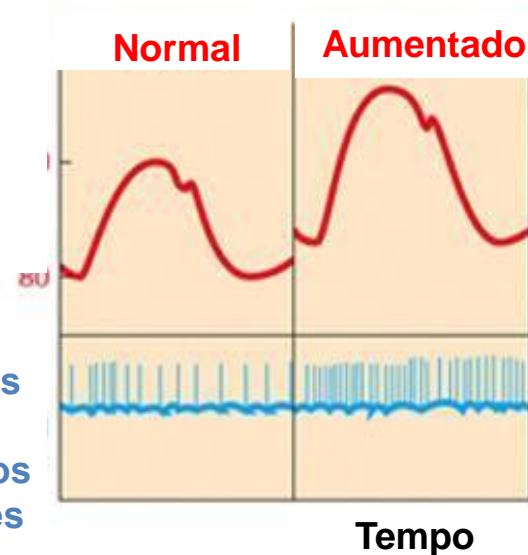
Barorreceptores: sensores da pressão arterial

Os barorreceptores estão localizados nos seios carotídeos (dilatações das artérias carótidas direita e esquerda) e no arco da artéria aorta



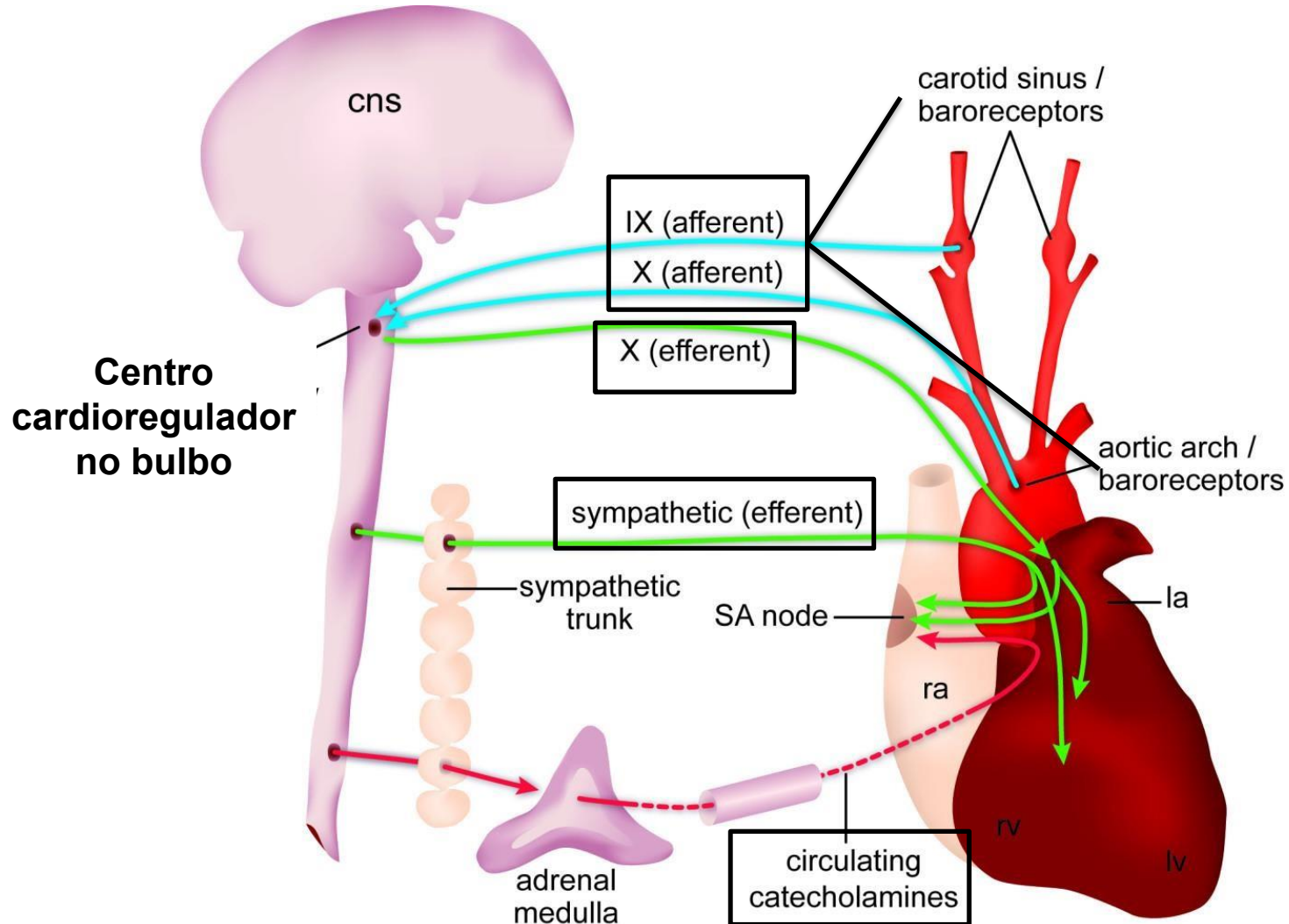
Pressão arterial (mmHg)

Disparos de neurônios aferentes



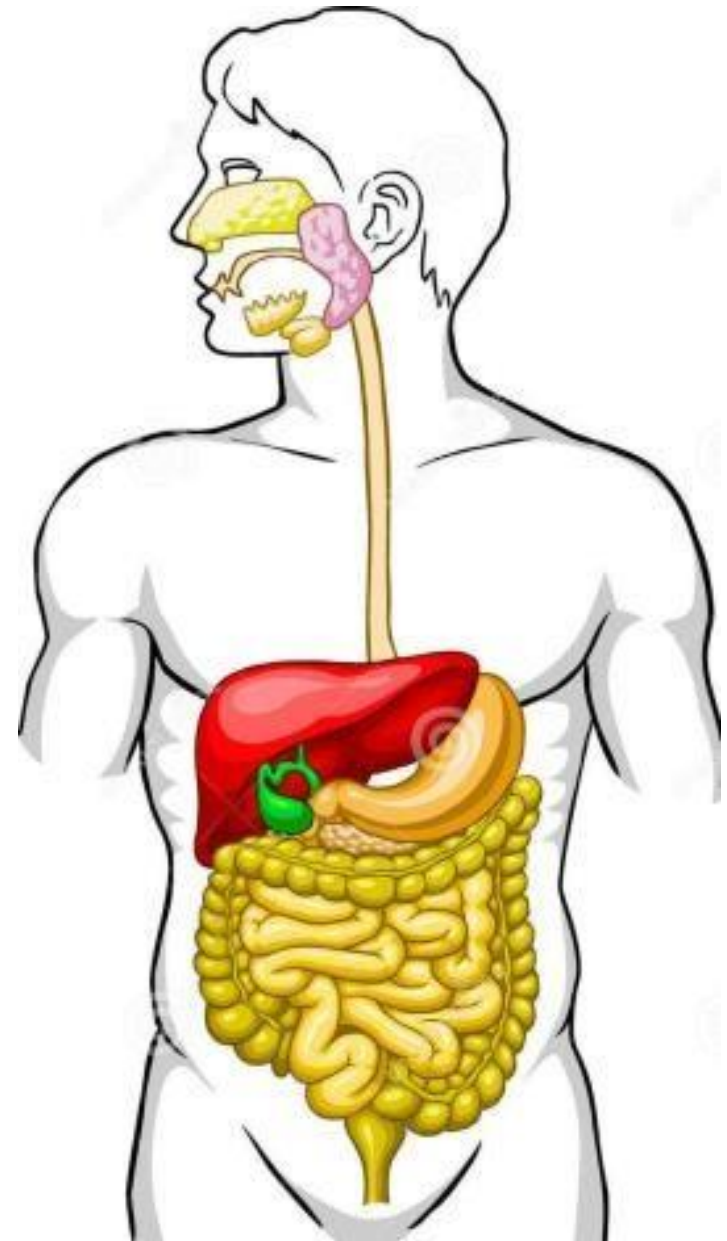
O barorreflexo

↑PA → Barorreflexo (barorreceptores) → ↓ Atividade simpática / ↑ Atividade vagal cardíaca → ↓PA e FC



Sistema Nervoso Entérico

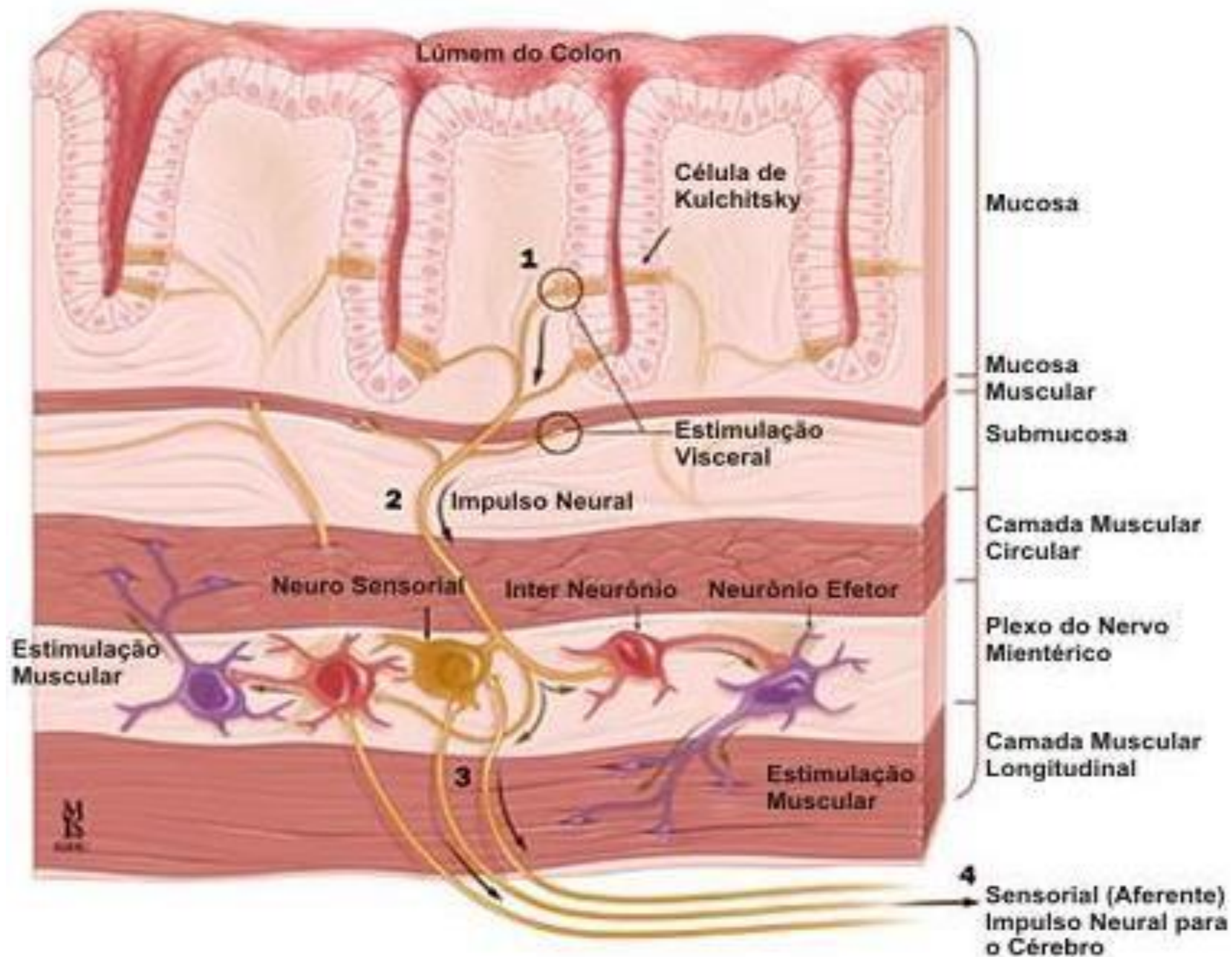
- Está localizado ao longo de todo o trato gastrointestinal, além estar presente no pâncreas e na vesícula biliar



Plexos entéricos

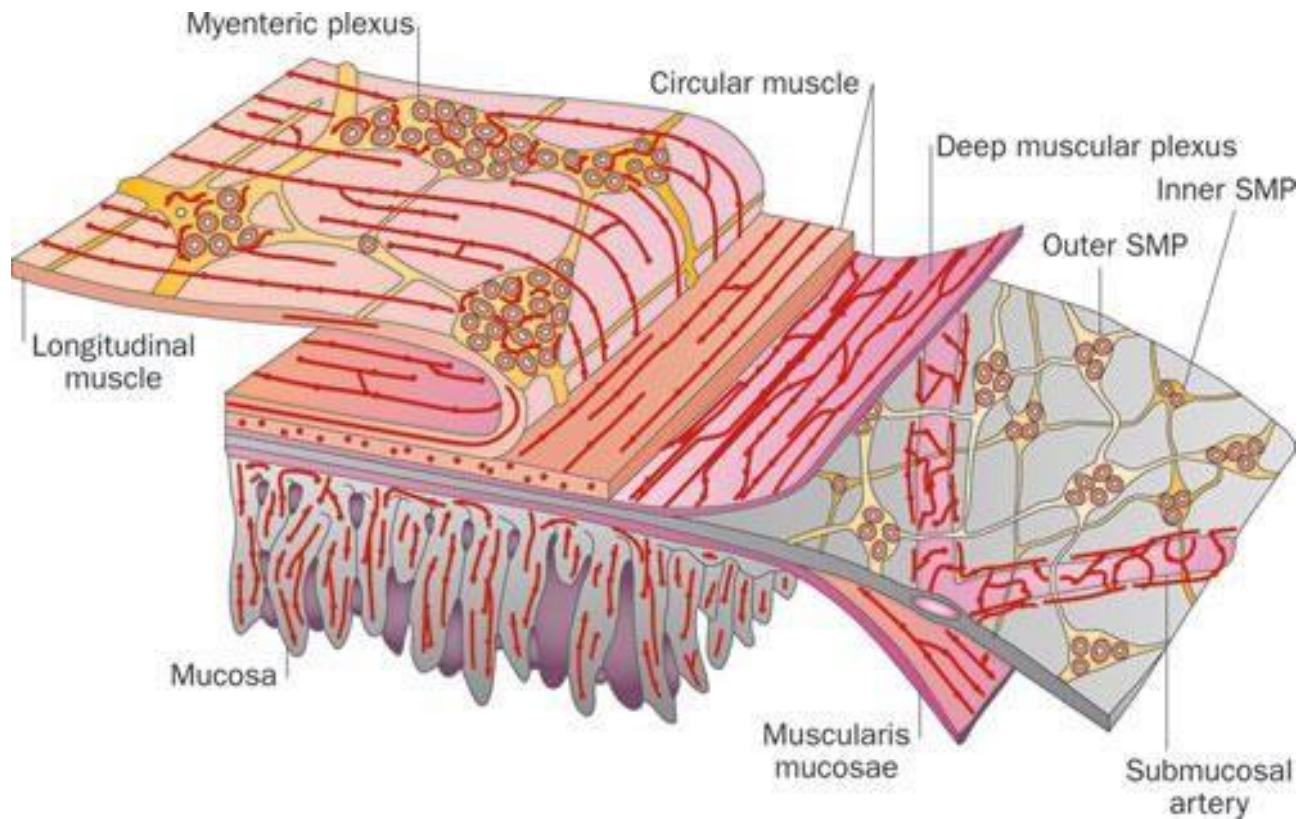
Contém vários tipos neuronais, incluindo:

- **Neurônios motores: influenciam a atividade do músculo e secreções glandulares**
- **Interneurônios: integrativos**
- **Neurônios aferentes primários intrínsecos: detectam condições mecânicas e químicas que, reflexamente, controlam as funções gastrintestinais**



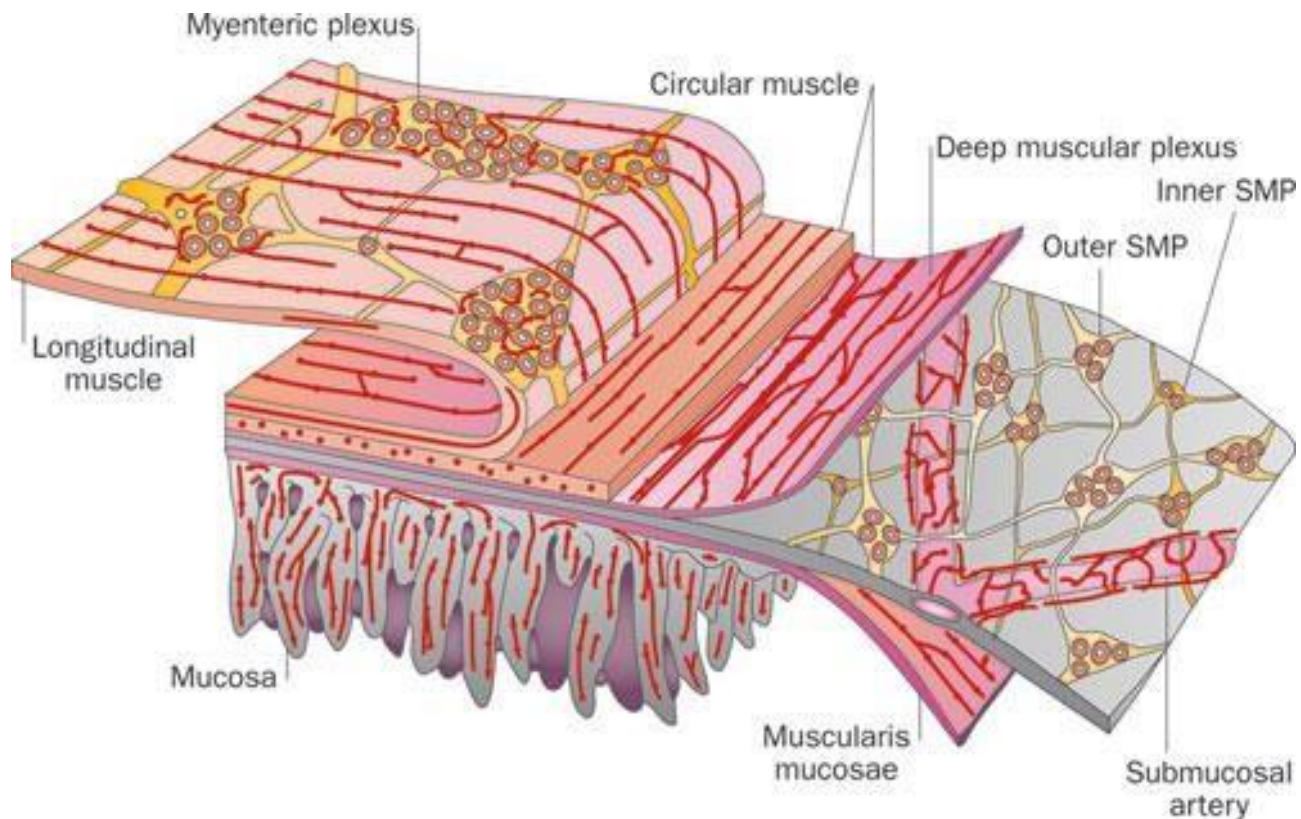
Plexos do SNE

- A rede neural do plexo mioentérico (ou de Auerbach) está predominantemente envolvida na regulação reflexa das atividades contráteis da musculatura externa
- Localiza-se entre as camadas muscular longitudinal externa e muscular circular interna



Plexos do SNE

- A rede neural do plexo submucoso (ou de Meissner) está relacionada com o controle das atividades secretomotora e vasomotora da túnica mucosa

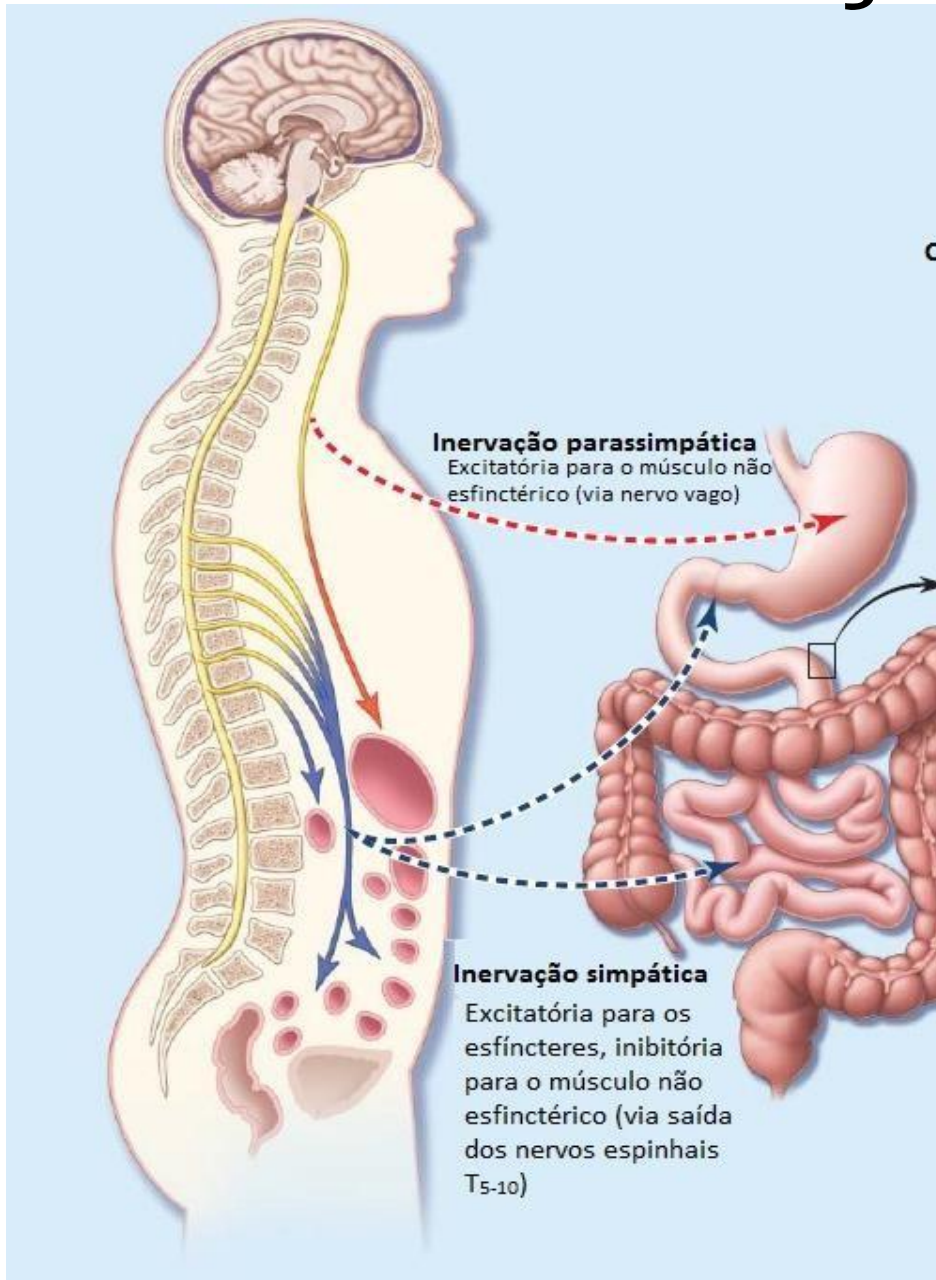


Características do SNE

Independência

- O controle neural da função gastrointestinal é, predominantemente, regido pelos neurônios intrínsecos do SNE
- O SNE controla a motilidade gastrointestinal, secreção, absorção de nutrientes e o fluxo sanguíneo
- Diversos neurotransmissores estão envolvidos no funcionamento do SNE: acetilcolina (ACh), colecistoquinina (CCK), serotonina (5-HT), neuropeptídeo Y (NPY), peptídeo intestinal vasoativo (VIP)

Inervação do SNE



Parassimpática: facilita a digestão, ativando a produção de fluidos e a motilidade

Simpática: predomina na inibição da digestão



Obrigado

fscha@usp.br