



9. SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

Apuntes de Clase

Conocimiento Corporal II


Por:

Gustavo Ramón S.*

* Doctor en *Nuevas Perspectivas en la Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*
(Universidad de Granada).

Docente - Investigador del Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de
Antioquia (Colombia).

Correo: gusramon2000@yahoo.es



9. SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

Apuntes de la asignatura Conocimiento Corporal II.
Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia.
Medellín, Colombia.
Actualización: mayo de 2008

Por

Gustavo Ramón Suárez
gusramon2000@yahoo.es

Anatomía

El sistema nervioso autónomo (SNA) comprende, al igual que el sistema nervioso central, un componente sensitivo y otro motor. Los estímulos que llegan al SNA provienen principalmente de neuronas sensoriales autónomas, que en su mayor parte guardan relación con *interoceptores* tales como los quimiorreceptores del cayado de la aorta o de las carótidas que detectan las concentraciones de oxígeno y gas carbónico, o los mecanorreceptores de los pulmones que captan el grado de estiramiento de los tejidos pulmonares. La característica fundamental de este tipo de sensibilidad es que es inconsciente.

Por su parte, las motoneuronas autonómicas regulan la actividad de las vísceras al aumentar o disminuir las funciones de sus tejidos efectores, como lo pueden ser las glándulas, el músculo liso o el cardíaco. Unos ejemplos son el control del diámetro de la pupila del ojo, la contracción y dilatación de los músculos que poseen las arterias (vasoconstricción o Vasodilatación). A semejanza de la parte sensitiva, la parte motora es involuntaria y asociada a reflejos automáticos. A diferencia del sistema motor voluntario, las motoneuronas somáticas no son únicas. Son un par de neuronas que se denominan preganglionares y posganglionares. Existen una serie de conglomerados de núcleos y pericariones neuronales agrupados en unas estructuras conocidas como **ganglios autonómicos**. La neurona preganglionar tiene su núcleo en la médula espinal y sus telodendrones en el ganglio autónomo y la posganglionar tiene su núcleo en el ganglio autonómico y sus telodendrones en las estructuras musculares lisas de los órganos secretores u órganos blanco.

Las motoneuronas del SNA, dependiendo del origen se subdividen en dos (Gráfico 1):

- a) **el sistema nervioso simpático (SNS)**, que tienen origen en la primera vértebra torácica (T1) y la segunda vértebra lumbar (L2), por lo que también se le conoce como *toraco lumbar* y
- b) **el sistema nervioso parasimpático (SNP)**, el cual abarca nervios craneanos del tallo cerebral y de los segmentos sacros 2 a 4 de la médula espinal, lo que le permite la denominación de *cráneo sacro*.

Muchos de los llamados órganos blanco reciben inervación de los dos sistemas, la cual se denomina *dual*. Este dos sistemas realizan acciones opuestas sobre los diferentes órganos. Así, el SNS dilata la pupila del ojo y el SNP, la contrae.

Neurotransmisores y receptores del SNA.

Las neuronas del SNA se clasifican según el neurotransmisor que posean o segreguen en sus botones terminales. Solo existen dos neurotransmisores: a) la acetilcolina b) la noradrenalina. Por lo tanto, las que liberan acetilcolina se denominan colinérgicas y las que liberan noradrenalina, adrenérgicas.

En el SNA, las neuronas colinérgicas comprenden:

- a) todas las neuronas preganglionares, simpáticas y parasimpáticos

- b) neuronas postganglionares simpáticas que inervan las glándulas sudoríparas
- c) todas las neuronas posganglionares parasimpáticas.

La acetilcolina (ACo) se almacena en vesículas sinápticas y se libera por exocitosis. En la membrana postsináptica posee receptores específicos que se conocen como receptores colinérgicos, que pueden ser de dos subclases: nicotínicos (porque la nicotina simula los efectos de la ACo) y muscarínicos (porque la muscarina, veneno de los hongos, semeja la acción de la ACo). Los receptores nicotínicos se encuentran en las neuronas postganglionares simpáticas y parasimpáticas así como en la placa neuromuscular, mientras que los muscarínicos se encuentran en todos los efectores (glándulas y músculos liso y cardíaco) de sistema postganglionar parasimpático.

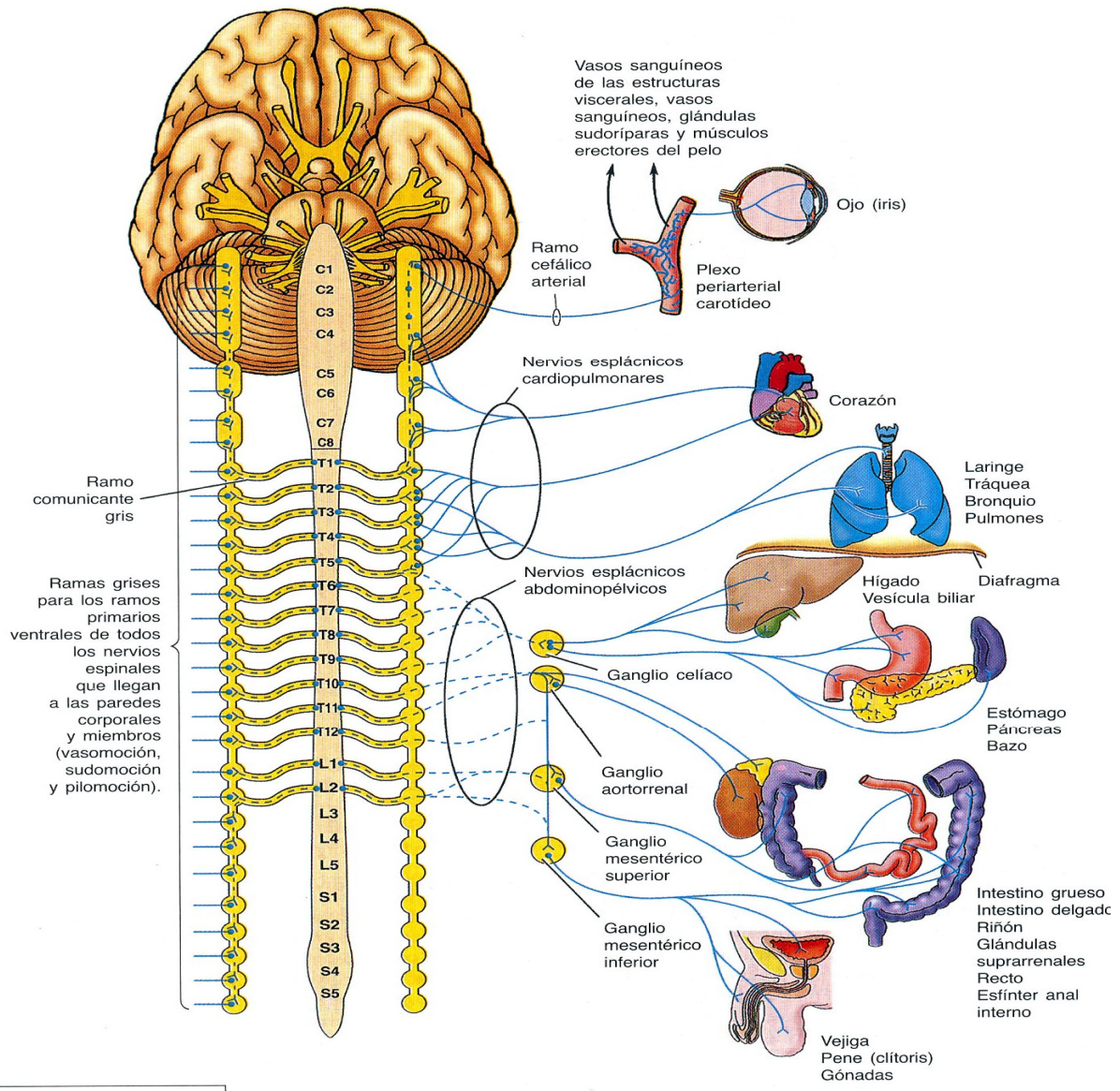
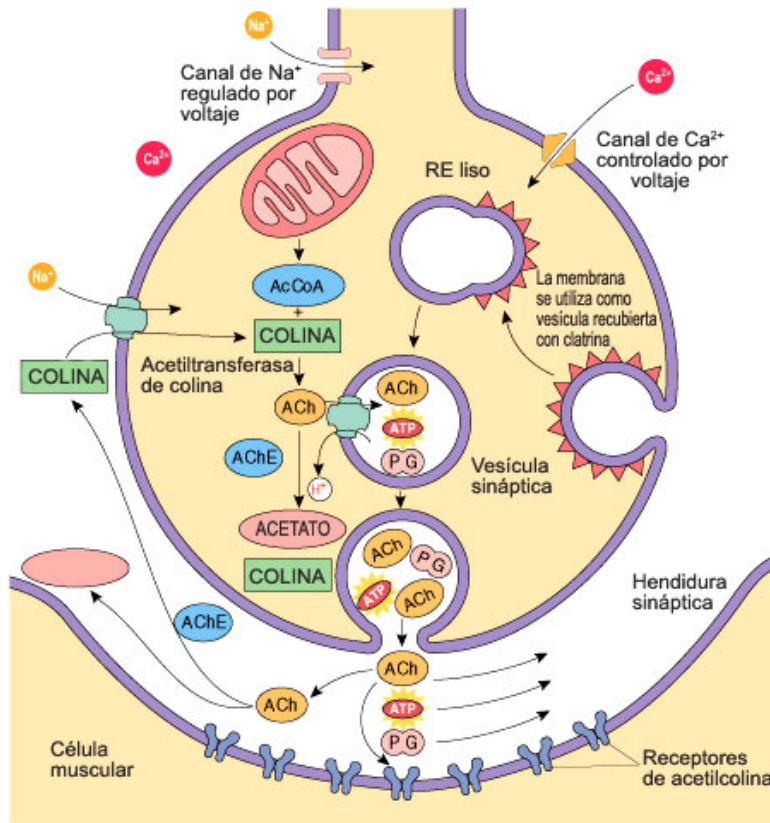


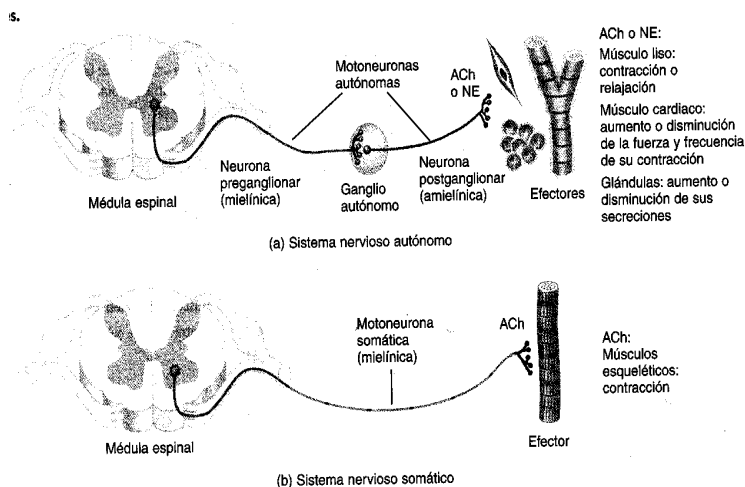
Gráfico 1. Distribución del sistema nervioso autónomo

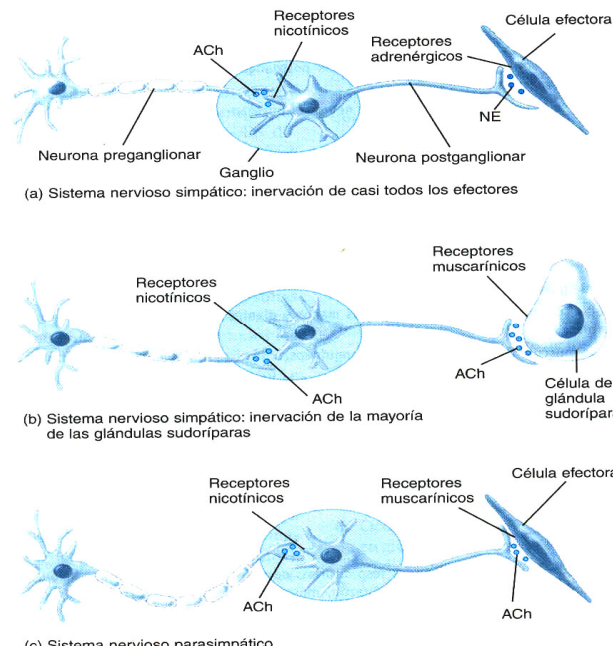
La activación de los receptores nicotínicos por la ACo causa despolarización y excitación de la célula postsináptica, ya sea una neurona postganglionar, un efector autónomo o fibras del músculo esquelético. La activación de los muscarínicos por ACo a veces causa excitación y a veces inhibición. Así, en el tubo digestivo causa relajación de los esfínteres, mientras que en el músculo liso de la pupila produce excitación.

La acetilcolina es producida por la acetil transferasa a partir del acetato y de la colina. Para su inactivación existe la enzima acetilcolinesterasa.

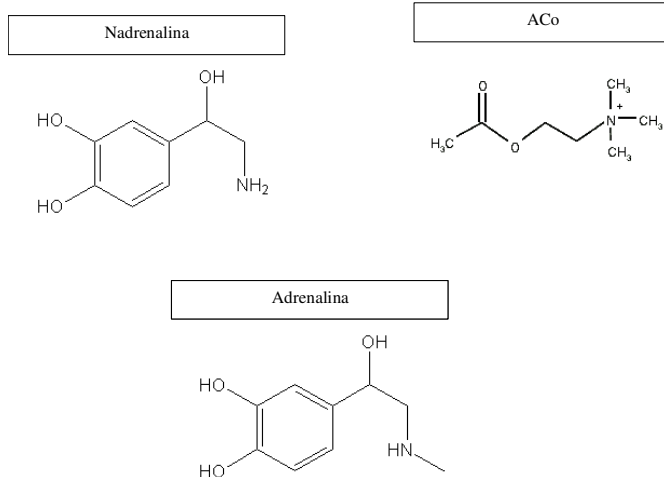


Acetil colina: Producción y metabolismo





Las neuronas adrenérgicas liberan noradrenalina o norepinefrina. Este neurotransmisor se almacena en vesículas y se excreta por exocitosis. Poseen receptores en la membrana postsináptica denominados receptores adrenérgicos, que son específicos.



Los receptores adrenérgicos pueden ser activados por la adrenalina (adrenérgicos) o por la noradrenalina (noradrenérgicos). Los receptores adrenérgicos son de dos tipos: los alfa (α) y los beta (β). Estos receptores a su vez se subdividen en subtipos: α_1 , α_2 , β_1 y β_2 , de acuerdo a la respuesta que producen y a la activación de diferentes medicamentos. Salvo contadas excepciones, los receptores α_1 y β_1 producen excitación; α_2 y β_2 , inhibición. La noradrenalina estimula mas intensamente los alfa que los beta, mientras que la adrenalina los estimula ambos de una manera potente. Las neuronas adrenérgicas producen acciones más persistentes en la hendidura sináptica que las colinérgicas.

Las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) son metabolizadas por la catecol-O-metil-transferasa (CPMT) o por la monoamino-oxidasa (MAO).

En el cuadro 1 se resumen las acciones de los diferentes receptores del SNA.

Cuadro 1. Localización y respuestas de los receptores adrenérgicos y colinérgicos.

Tipo de receptor	Sitios principales	Efectos
<u>Colinérgico</u>	Proteínas de la membrana postsináptica. Los activa la acetilcolina	
Nicotínico	Dendritas de las neuronas postganglionares simpáticas y parasimpáticas Células de la médula suprarrenal Membrana de músculos esqueléticos (placa motora)	Excitación → Impulsos en neuronas postganglionares Secreción de adrenalina y noradrenalina Excitación → contracción
Muscarínico	Efectores postganglionares parasimpáticos	Excitación o inhibición
	Glándulas sudoríparas con inervación postganglionar simpática de tipo colinérgico	Aumento de la sudoración
<u>Adrenérgico</u>	Proteínas de membrana postsináptica. Activadas por adrenalina o noradrenalina.	
$\alpha 1$	Músculo liso de los vasos sanguíneos de glándulas salivales, piel, mucosas, riñones y vísceras abdominales, músculo	Excitación → contracción
$\alpha 2$	Fibras de músculo liso de los vasos sanguíneos	Inhibición → relajación, vasodilatación.
	Islotes de Langerhans (páncreas)	Inhibición producción de insulina
	Plaquetas	Agregación → coagulación
$\beta 1$	Fibras del miocardio	Excitación → aumento de la frecuencia y fuerza de contracción del corazón
	Células yustaglomerulares del riñón	Secreción de renina
	Lóbulo posterior de la hipófisis	Secreción hormona antidiurética
	Células adiposas	Desdoblamiento de triglicéridos y liberación de ácidos grasos libres
$\beta 1$	Músculo liso de vías respiratorias; vasos sanguíneos que van al corazón, músculo esquelético, tejido adiposo, hígado y vísceras	Inhibición → relajación → broncodilatación, vasodilatación.
	Musculatura circular del iris	Inhibición → dilatación de la pupila
	Hepatocitos (Hígado)	Desdobra glucógeno → glucosa (glucogenólisis)
	Tejido adiposo pardo	Desdoblamiento de grasas → lipólisis → aumento de Temperatura.

Efectos fisiológicos del sistema nervioso autónomo.

La gran mayoría de los órganos del cuerpo humano poseen una doble innervación: la del SNS y la del SNP. El equilibrio entre estos dos sistemas está a cargo del hipotálamo. Para ello, cuando activa un sistema, desactiva el otro, debido a los efectos opuestos que tienen cada uno de estos sistemas sobre los diferentes órganos. En el caso de las glándulas sudoríparas, los músculos erectores del pelo en la piel, riñones, muchos vasos sanguíneos y el riñón solo tienen una activación del SNS.

➤ Acciones del Sistema Nervioso Simpático.

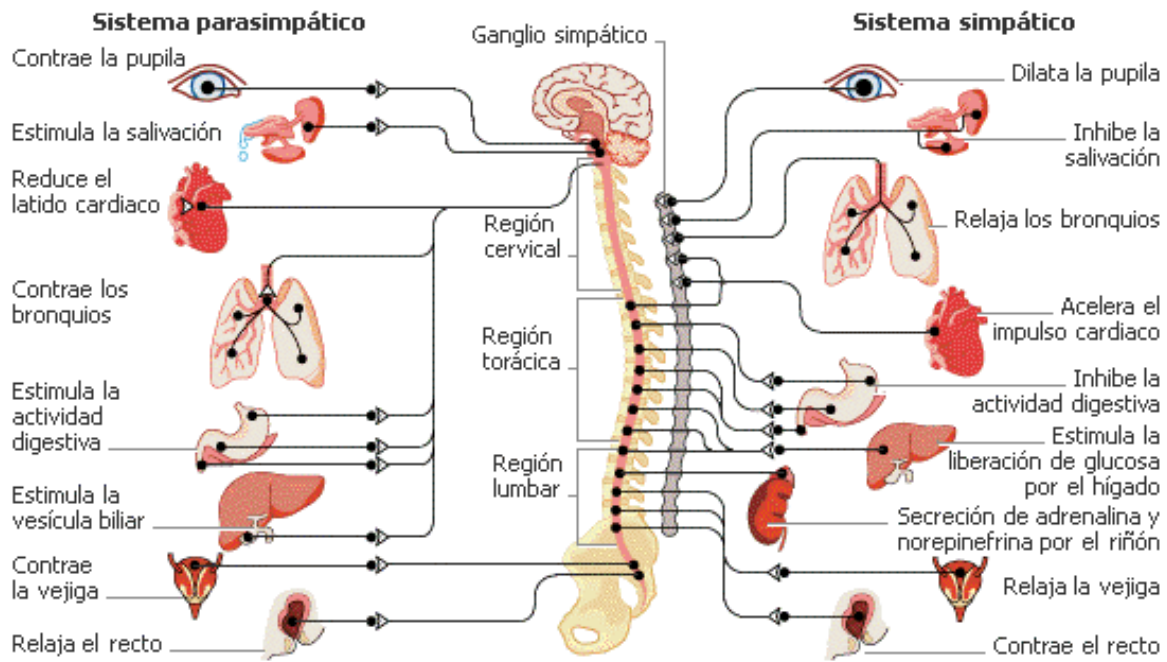
Durante el esfuerzo físico o estrés emocional, el SNS predomina sobre el SNP. El tono simpático favorece la actividad física intensa por la producción de energía en forma rápida y prolongada. El miedo, la confusión, la ira también estimulan el SNS.

La reacción de huida o de lucha es la activación del SNS sobre la médula suprarrenal produce liberación de adrenalina y noradrenalina, las cuales a su vez producen los siguientes efectos:

- ✓ Dilatación de las pupilas
- ✓ Aumento de la frecuencia cardíaca (cronotropismo) y de la fuerza de contracción del corazón (inotropismo), así como de la presión arterial.

- ✓ Broncodilatación para facilitar la entrada de aire
- ✓ Vasoconstricción en órganos que no se necesitan, como las vísceras abdominales y el riñón
- ✓ Vasodilatación de los músculos, corazón, hígado y tejido graso
- ✓ Glucogenolisis hepática y lipólisis del tejido adiposo
- ✓ Aumento de la glucosa sanguínea
- **Acciones del sistema parasimpático:**
- ✓ Constricción de las pupilas
- ✓ Disminución de la frecuencia cardiaca y de la fuerza de contracción del corazón, así como de la presión arterial
- ✓ Broncoconstricción que disminuye la entrada de aire
- ✓ Vasodilatación en órganos como las vísceras abdominales y el riñón
- ✓ Vasoconstricción de los músculos, corazón, hígado y tejido graso

Órgano	Parasimpático	Simpático
Pupila	Contracción	Dilatación
Corazón	Bradycardia	Taquicardia
Bronquios	Bronquioconstricción	Broncodilatación
Esfínteres intestinales	Relajación	Contracción
Vasos coronarios	No definido	Dilatación
Vasos de la piel y mucosas	No definido	Constricción
Vasos músculo esquelético	Dilatación	Constricción
Glándulas sudoríparas	Secreción generalizada	Secreción local
Glándulas salivales	Secreción acuosa	Secreción viscosa
Vejiga	Contracción del detrusor	Contracción incompleta
Tubo digestivo	Aumento del peristaltismo	Disminución del peristaltismo



Organo visceral	Acción simpática	Acción parasimpática
Médula suprarrenal	Secreción de Ad y NAcl	Sin efecto conocido
Glándulas lagrimales	Lagrимación leve	Lagrимación
Hipófisis posterior	Hormona antidiurética	Sin efecto conocido
Glándulas sudoríparas	Sudoración	Sin efecto conocido
Tejido adiposo	Lipólisis (beta 1); ácidos grasos libres (b2,b3)	Sin efecto conocido
Hígado	Glucogenólisis, neoglucogénesis, menor secreción de bilis (alfa y beta2)	Glucogénesis; secreción de bilis
Células yustagomerales	Secreción de renina (beta1)	Sin efecto conocido
Mocardo	Aumento de la fuerza y de la frecuencia	Disminución de la fuerza y de la frecuencia
Músculo liso		
Dilatador de la pupila	Dilatación pupilar (alfa 1)	Contracción de pupila
Esfínter de la pupila	Sin efecto conocido	Contracción para visión cercana
Músculo bronquial	Relajación, broncodilatación (beta 2)	Contracción, broncoconstricción (beta 2)
Vesícula biliar	Relajación (beta 2)	Contracción
Estómago e intestinos	Disminución de motilidad y tono (alfa 1, 2 y beta 2), contracción de esfínteres	Aumento de motilidad y tono, relajación de esfínteres.
Bazo	Vasoconstricción	Sin efecto conocido
Uréter	Aumento de motilidad	¿?
Vejiga	Relajación de la pared muscular, contracción del esfínter	Contracción de la pared muscular, Relajación del esfínter
Útero	En no embarazadas: relajación; en embarazadas: contracción.	Efecto mínimo
Órganos genitales	Varones: Eyaculación	Vasodilatación; → hombres: erección del pene; mujeres → erección del clítoris
Músculo liso vascular		
Arteridas glándulas salivales	Menor secreción	Aumenta secreción de saliva, agua, K ⁺
Glándulas gástricas	Vasoconstricción que inhibe la secreción	Secreción de jugos gástricos
Glándulas intestinales	Vasoconstricción que inhibe secreción	Secreción jugos intestinales
Arteridas del corazón	Vasodilatación	Vasoconstricción
Arteridas de músculo	Vasoconstricción y vasodilatación	Sin efecto conocido
Venas circulación general	Vasoconstricción por alfa 1 y venodilatación por beta 2	Sin efecto conocido