

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE MEDICINA
Laboratorio de Fisiología de la Conducta

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO **LECTURAS y TABLAS SELECCIONADAS**

FISIOLOGÍA MEDICINA
Revisado 2017

MUY IMPORTANTE

ESTE MATERIAL ES SÓLO UNA GUÍA DE AYUDA PARA EL ESTUDIO DE LA FISIOLOGÍA AUTONÓMICA, QUE DE NINGUNA MANERA SUSTITUYE EL USO Y CONSULTA DE LOS LIBROS.

Ximena Páez
Profesora Titular
Facultad de Medicina
Abril 2017.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE MEDICINA
Laboratorio de Fisiología de la Conducta

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

LECTURAS O TABLAS SELECCIONADAS

1. Resumen del SNA.
2. Componentes sensoriales.
3. Efectos que resultan de entrada de aferentes vagales a centros bulbares.
4. Componentes autonómicos integradores.
5. Comparación sistema motor somático vs sistema motor autónomo.
6. Componentes motores autonómicos, nervios motores autonómicos.
7. Divisiones simpática y parasimpática.
8. Proyección de neuronas preganglionares a postganglionares.
9. Transmisión ganglio simpático.
10. Características simpático y parasimpático.
11. Características de transmisores y receptores.
12. Características de neurotransmisores.
13. Inervación simpática de órganos y tejidos.
14. Inervación parasimpática de órganos y tejidos.
15. Distribución corporal de la inervación autonómica.

Fisiología para medicina **Sistema Nervioso Autónomo** **RESUMEN**

- El SNA está compuesto de la división simpática y la parasimpática, que trabajan de manera coordinada para regular funciones involuntarias. La simpática es tóraco-lumbar, referida a su origen en la médula espinal. La parasimpática es craneo-sacra, referida a su origen en el tallo cerebral y la médula espinal sacra.
- Las vías eferentes en el SNA consisten de una neurona preganglionar y otra postganglionar que sinapsan en el ganglio autónomo. Los axones de las neuronas postganglionares viajan a la periferia para inervar a los efectores. La médula adrenal es un ganglio especializado de la división simpática, que cuando es estimulada secreta catecolaminas a la sangre.
- Con frecuencia, la inervación simpática y parasimpática de órganos o sistemas tienen efectos recíprocos. Estos efectos son coordinados por centros autonómicos en el tallo cerebral. Por ejemplo, los centros autonómicos en el tallo controlan la frecuencia cardíaca por modular actividad simpática y parasimpática en el nodo sinusal.
- Los receptores en el SNA son adrenérgicos o colinérgicos. Los adrenorreceptores son activados por las catecolaminas, adrenalina y noradrenalina. Los colinérgicos son activados por ACh.

- Los receptores autonómicos están acoplados a proteínas G las cuales pueden ser estimuladoras o inhibitoras. Las proteínas G a su vez activan o inhiben enzimas que son responsables de las acciones fisiológicas finales.
- Los adrenorreceptores $\alpha 1$ actúan a través de la activación de la enzima fosfolipasa C (PLC) y con generación de IP₃. Los $\beta 1$ y $\beta 2$ actúan a través de activación de la enzima adenililciclase y con generación de AMPc. Los $\alpha 2$ actúan a través de inhibición de adenililciclase.
- Los receptores colinérgicos nicotínicos actúan como canales iónicos para Na⁺ y K⁺. Muchos receptores muscarínicos actúan como los adrenérgicos $\alpha 1$. Unos pocos colinérgicos implican acción directa de una proteína G sobre el mecanismo fisiológico.

Tomado traducido y adaptado de: Costanzo L.S. Chapter 2 *Autonomic Nervous System* en *Physiology*. 3er. Ed. Saunders Elsevier, 2006.

COMPONENTES SENSORIALES AUTONÓMICOS

1. La información sensorial que dirige la actividad autonómica surge de: las vísceras, superficie del cuerpo (sensorialidad somática) y del ambiente externo (sensorialidad especial).
2. Los dos tipos de fibras sensoriales son:
 - Aferentes Primarios: los cuerpos celulares que están en ganglio de la raíz dorsal y en los ganglios de pares craneales. Los axones de estas neuronas llevan información al SNC.
 - Aferentes Entéricos: los cuerpos están en el SN entérico. Los aferentes entéricos llevan información a los ganglios simpáticos prevertebrales para mediar reflejos espláncicos.
3. La gran parte de las señales sensoriales viscerales recibidas en el SNC no son percibidas conscientemente. Su papel es mediar la regulación funcional de las vísceras. Algunas señales sensoriales viscerales se perciben, Ej., dolor visceral, náusea, hambre, vejiga llena, tensión sexual. El papel de estas señales es inducir cambios conductuales con el propósito de dar respuestas de manera apropiada para mantener estable el medio interno.
4. La densidad de terminaciones sensoriales en las vísceras es muy baja (10%) comparada con la densidad en la piel (90%).
5. Los aferentes viscerales están en los nervios simpáticos y parasimpáticos, sin embargo, los parasimpáticos tienen en promedio 3 veces más aferencias que los simpáticos. La mayoría de aferencias viscerales son amielínicas.
6. Con algunas excepciones, el dolor visceral es mediado por axones aferentes de nervios simpáticos. Las sensaciones viscerales que regulan reflejos viscerales son mediadas por axones aferentes parasimpáticos.

7. Las sensaciones viscerales conscientes son difíciles de localizar o están en áreas grandes corporales. Dolor visceral es con frecuencia referido a (percibido como de) la superficie corporal. Dolor de ciertos órganos es apreciado en áreas localizadas del cuerpo.

Tomado y traducido de: Wilson-Pauwels L., Stewart P.A. Akesson E.J. *Autonomic Nerves*. B.C Decker, 1997. X. Páez/2011.

EFECTOS QUE RESULTAN DE ENTRADA SENSORIAL DE AFERENTES VAGALES A CENTROS BULBARES

Órganos	Tipo de receptores	Efectos Reflejos
Pulmones	Receptores de estiramiento	Inhibición de inhalación adicional. Aumento de frecuencia cardiaca y vasodilatación.
	Receptores tipo “J”	Estimulados por congestión pulmonar. Sensación de falta de aire y caída refleja de frecuencia cardiaca y presión arterial
Aorta	Quimiorreceptores	Estimulados por aumento de CO ₂ y disminución de O ₂ . Aumento de frecuencia cardiaca y de frecuencia respiratoria y vasoconstricción.
	Barorreceptores	Estimulados por aumento de presión arterial. Disminución refleja de frecuencia cardiaca.
Corazón	Receptores de estiramiento auriculares	Inhiben secreción de ADH y aumentan volumen de orina excretada.
	Receptores de estiramiento ventriculares	Disminución refleja de frecuencia cardiaca y vasodilatación.

Tracto GI	Receptores de estiramiento	Sensación de saciedad, molestia y dolor
------------------	----------------------------	---

Tomado y traducido de: Tabla 9-8. S.I. Fox. *Human Physiology* 10th Ed, MacGraw-Hill, 2008.

COMPONENTES AUTONÓMICOS INTEGRADORES

La entrada sensorial autonómica se integra en los siguientes niveles:

1. La corteza cerebral y partes del sistema límbico producen componentes conductuales de respuestas autonómicas a gran rango de estímulos ambientales.
2. El hipotálamo actúa para producir e integrar respuestas conductuales autonómicas y endocrinas en un gran espectro de cambios fisiológicos que concierne con la supervivencia del individuo y las especies.
3. Los centros reticulares del tallo como los centros cardiovascular y respiratorio coordinan las actividades de sistemas individuales.
4. Las neuronas motoras autonómicas preganglionares modulan la actividad refleja en grandes segmentos del cuerpo.
5. Las neuronas motoras autonómicas postganglionares integran actividad refleja en órganos específicos.
6. Las neuronas locales integran reflejos locales dentro del órgano. Ej. En intestino, neuronas entéricas sensoriales, interneuronas y motoras.

Tomado y traducido de: Wilson-Pauwels L., Stewart P.A. Akesson E.J. *Autonomic Nerves*. B.C Decker, 1997.

COMPARACIÓN DEL SISTEMA MOTOR SOMÁTICO vs. SISTEMA MOTOR AUTÓNOMO

Característica	Motor Somático	Motor Autónomo
1. Órganos efectores	Músculo esquelético	M. cardíaco, M. liso y glándulas
2. Presencia de ganglios	No hay	Cuerpos neuronales de fibras autonómicas postganglionares ubicados en ganglios terminales, prevertebrales y paravertebrales.

3. N° de neuronas de SNC a efector	Una	Dos
4. Tipo de unión NM	Placa motora	No hay especialización postsináptica, toda la célula de m. liso tiene receptores para NT.
5. Efecto de impulso nervioso sobre músculo	Excitador	Excitador o inhibidor.
6. Tipo fibras nerviosas	Conducción rápida, fibras gruesas y mielinizadas (9-13 μm)	Conducción lenta; fibras preganglionares ligeramente mielínicas pero delgadas (3 μm); fibras postganglionares amielínicas y muy delgadas (1 μm).

Tomado y traducido de: Tabla 9-1. S.I. Fox. *Human Physiology* 10th Ed, MacGraw-Hill, 2008.

COMPONENTES MOTORES AUTONÓMICOS

1. La mayoría de órganos son inervados por Nervios Simpáticos y Parasimpáticos. En la mayor parte de casos, la estimulación de estas dos divisiones es antagonista. Excepto, en las glándulas exocrinas donde actúan de manera sinérgica. Ambos aumentan secreciones, el parasimpático en mayor grado. Los nervios simpáticos aumentan flujo sanguíneo por tanto aumenta fluidos, iones y proteínas para la secreción.
2. Las vías eferentes motoras autonómicas consisten de cadena de dos neuronas: pre y postganglionar.

Ventajas:

- Una sola neurona preganglionar sinapsa sobre gran número de neuronas postganglionares, permitiendo que un número pequeño de neuronas centrales puedan influir grandes áreas del cuerpo. Este es el principio de DIVERGENCIA.
- Los axones aferentes sensoriales cursan a través de los ganglios, una cierta cantidad de integración sensorio-motora tiene lugar a nivel gangliónico por tanto dando al SNA con un grado de autonomía del SNC.
- Una sola neurona preganglionar puede sinapsar sobre neuronas postganglionares excitadoras e inhibitoras por tanto permitiendo excitación e inhibición de diversos blancos, lo que produce alto grado de coordinación funcional.

3. Los vasos sanguíneos tienen inervación única o dual. Algunos en área pélvica y cabeza son inervados dualmente:

Simpático causa vasoconstricción
Parasimpático causa vasodilatación

Pero el músculo liso de los vasos no ubicados en cabeza o pelvis sólo son inervados por el simpático que causa vasoconstricción; la vasodilatación es causada por disminución de la estimulación simpática. La vasomoción es afectada por gran número de factores locales.

4. Las glándulas sudoríparas y los músculos piloerectores son inervados sólo por nervios simpáticos. Cambios en sudación y erección del pelo son causados por aumento o disminución en estimulación simpática.

5. Los efectos de la división motora autonómica se ejercen por cambiar la actividad de efectores autonómicos:

Músculo liso, músculo cardíaco, células secretoras, endotelio microvascular.

Las células efectoras tienen su propia actividad, la cual es modificada por el SNA, no determinada por el SNA. El efecto depende de: tipo de NT liberado por los axones, receptores sobre los blancos, y mecanismos de señalización intracelular.

Tomado y traducido de: Wilson-Pauwels L., Stewart P.A. Akesson E.J. *Autonomic Nerves*. B.C Decker, 1997.

NERVIOS MOTORES AUTONÓMICOS

- Las neuronas simpáticas preganglionares están en el asta intermedio lateral de la médula espinal de T1 a L2.
- Las neuronas parasimpáticos preganglionares están el en tallo y en el asta intermedio lateral de la médula espinal sacra S2-S4.
- Todas las vísceras dentro del cuerpo están inervadas por neuronas simpáticas y parasimpáticas. El estado de acción de los órganos es el resultado de la acción intrínseca del órgano y el balance de la estimulación simpática y parasimpática.
- Los efectores autonómicos de miembros y de pared del cuerpo en contraste reciben su inervación autonómica sólo de neuronas simpáticas preganglionares. Cambios en la actividad de estos efectores son causados por aumento o disminución en la estimulación simpática.

- Las neuronas simpáticas postganglionares que inervan cabeza y vísceras torácicas están ubicadas en ganglios cervicales y superior torácico de la cadena paravertebral simpática.
- Los axones simpáticos postganglionares a la cabeza alcanzan sus blancos por escalar a lo largo de las carótidas y sus ramas.
- Los axones simpáticos preganglionares que inervan ganglios preaórticos pasan por la cadena simpática paravertebral sin sinapsar y constituyen los nervios esplácnicos (mayor y menor).
- Las neuronas simpáticas postganglionares que suplen las vísceras abdominales y pélvicas están en los ganglios preaórticos y plexos pélvicos.
- Los axones simpáticos preganglionares son cortos y los postganglionares son largos. Los axones parasimpáticos preganglionales son largos y los postganglionares son cortos.
- La cadena simpática paravertebral es más larga que la médula espinal, por tanto, la mayoría de la cadena ganglionar no está anatómicamente adyacente al segmento espinal de los cuales ellos reciben su inervación.
- La médula adrenal es la única glándula inervada por un axón simpático preganglionar: T8-L1-L2

Tomado y traducido de: Wilson-Pauwels L., Stewart P.A. Akesson E.J. *Autonomic Nerves*. B.C Decker, 1997.

DIVISIÓN SIMPÁTICA SALIDA MOTORA TORACOLUMBAR

1. **Centro superior:** Hipotálamo.
2. **Cuerpo neurona preganglionar:** Médula espinal toracolumbar T1-L3, sustancia gris asta intermediolateral.
3. **Axón preganglionar:** corto
NT: ACh
Ramo comunicante blanco: porción que entra a la cadena paravertebral de los N. espinales a nivel T1-L3.
4. **Cuerpo neurona postganglionar (ganglio):** Cadena paravertebral:
Cervicales, torácicos y lumbares, lumbares inferiores L1-L3 y todos los sacros.
Cadena prevertebral:
G. celíaco, mesentérico sup. y mesentérico inf.
Ganglio equivalente:
Médula adrenal.
Receptor N_N.
5. **Axón postganglionar:** largo
NT: NE, ACh (gl. sudoríparas y vasos sanguíneos).

Ramo comunicante gris: porción que sale de la cadena paravertebral a N. espinales a todos los niveles.

6. **Efectores:** músculo liso
músculo cardiaco
glándulas.

DIVISIÓN PARASIMPÁTICA SALIDA MOTORA CRÁNEO-SACRA

1. **Centro superior:** Hipotálamo.

2. **Cuerpo neurona preganglionar:** Tallo:

Mesencéfalo: N. Edinger-Westphal (III par)

Puente: N. lagrimal y salival superior (VII par)

Bulbo: N. salival inferior (IX par)

N. motor dorsal del vago (X par)

Médula espinal: S2-S4, sustancia gris, asta intermediolateral.

3. **Axón preganglionar:** largo; NT: ACh

4. **Cuerpo neurona postganglionar (ganglio):** Ganglios craneales:

G. ciliar (III par)

G. esfenopalatino (VII par)

G. submandibular (VII par)

G. ótico (IX par)

G. terminales cerca o en efectores

G. torácico abdominales

G. pélvicos en plexos hipogástricos
sup e inf. (plexo pélvico).

Receptores: N_N

5. **Axón postganglionar:** corto; NT: ACh

6. **Efectores:** músculo liso
músculo cardiaco
glándulas.

Tomado y traducido de: H. Shen. *The autonomic nervous system*. Memocharts Pharmacology. An integrated minireview. Minireview LLC, Stow, 2004.

PROYECCIONES DE NEURONAS PREGANGLIONARES A NEURONAS POSTGANGLIONARES

Nervios Simpáticos

N. PREGANGLIONARES

N. POSTGANGLIONARES

Médula espinal C8-L2-L3

Asta intermedio lateral

C8-T5

Ganglio Paravertebral

G. Cervical Superior

T1-T6	G. Cervical Medio
T1-T7	G. Cervical Inferior
T1-T12	G. Torácicos
L1 o L2 o L3	G. Lumbar
	<u>G. Prevertebral</u>
T5-T9	G. Celíaco
T7-L1	G. Mesentérico Superior
T12	G. Renal
T9-T10	G. Mesentérico Inferior
	<u>Glándula Adrenal</u>
T8-L1	Médula Adrenal

Nervios Parasimpáticos

N. PREGANGLIONARES

- Núcleos Craneales y de tallo
N. Oculomotor (Edinger Westphal)
N. Salival Superior
N. Salival Inferior
N. Dorsal del Vago
N. Ambiguo ventral

- Núcleos Sacros
Médula Espinal S2-S4
Asta intermediolateral

N. POSTGANGLIONARES

- Ganglios
G. Ciliar
G. Submaxilar y Pterigopalatino
G. Ótico
G. Abdominales y Torácicos
G. Cardíaco

- G. Pélvicos

Tomado y traducido de: Wilson-Pauwels L., Stewart P.A. Akesson E.J. *Autonomic Nerves*. B.C Decker, 1997.

TRANSMISIÓN EN GANGLIOS SIMPÁTICOS. RESPUESTAS RÁPIDAS Y LENTAS DE LAS NEURONAS POSTGANGLIONARES

Al estimular las neuronas preganglionares se registran 4 tipos de respuestas en las neuronas postganglionares

POTENCIAL	DURACIÓN	MEDIADOR	RECEPTOR
PPSE rápidos	30 ms	ACh	Nicotínico
PPSI lentos	2 s	DA	D2
PPSE lentos	30 s	ACh	M1
PPSE lento tardío	4 min	GnRH	GnRH

Tomado: Tabla 13-1 Chapter 13. *The autonomic nervous system*. Review of Medical Physiology. W. Ganong. 21st Ed. 2005.

RECEPTORES COLINÉRGICOS Y RESPUESTA A LA ACh

Receptor	Tejido	Respuesta	Mecanismo
NICOTÍNICO	Músculo esquelético	Despolarización, producción PA, contracción muscular	ACh abre canal iónico, entra Na^+ y sale K^+ , carga neta de entrada: cargas positivas
NICOTÍNICO	Ganglios autonómicos	Despolarización, activación neuronas postganglionares	ACh abre canal iónico entran cargas positivas
MUSCARÍNICO (M3, M5)	Músculo liso, glándulas	Despolarización y contracción músculo liso, secreción glandular	ACh activa receptor metabotrópico, abre canales de Ca^{++} y aumenta Ca^{++} citosólico
MUSCARÍNICO (M2)	Corazón	Hiperpolarización, disminuye FC, endentece tasa de despolarización espontánea	ACh activa receptor metabotrópico, abre canales K^+

Tomado de: Tabla 9-6 S.I. Fox. *Human Physiology*. 10th edition McGraw-Hill. 2008.

** CARACTERÍSTICAS PROMINENTES DE LOS SISTEMAS SIMPÁTICO Y PARASIMPÁTICO

Sistema Simpático	Sistema Parasimpático
Se origina en las regiones tóraco-lumbar de la médula espinal (T1-L2)	Se origina en el tallo cerebral (nervios craneales III, IX y X) y región sacra de la médula espinal
Ganglios localizados en cadena ganglionar paravertebral simpática	Ganglios terminales localizados cerca o embebidos dentro del órgano blanco
Fibras preganglionares colinérgicas cortas; fibras postganglionares adrenérgicas largas	Fibras preganglionares colinérgicas largas; fibras postganglionares colinérgicas cortas
Razón fibras preganglionares a postganglionares es 1:20	Razón fibras preganglionares a postganglionares es 1:3
Divergencia coordina actividad de neuronas	Divergencia limitada

a múltiples niveles de médula espinal	
Actividad a menudo implica descarga en masa de todo el sistema	Actividad dirigida a órganos discretos
Neurotransmisor primario de neuronas postganglionares es NE	Neurotransmisor primario de neuronas postganglionares es ACh
Predomina durante reacciones de emergencia “pelear o correr” y ejercicio	Predomina durante condiciones de reposo y tranquilidad

Tomado de: Laurie Nelly McCorry. *Physiology of the autonomic nervous system*. Am J Pharm Edu 2007; 71:1-11.

TRANSMISORES Y RECEPTORES EN SISTEMA NERVIOS AUTÓNOMO

DIVISIÓN SIMPÁTICA toraco-lumbar

Transmisor preganglionar: ACh.

Transmisor postganglionar: NE; excepto en glándulas sudoríparas y algunos vasos.

Receptores Adrenérgicos

Alfa: generalmente excitadores; excepto en TGI donde son relajantes indirectos.

Beta: generalmente inhibidores; excepto en corazón donde son excitadores

Beta 1: principalmente en corazón

Beta 2: en bronquios, vejiga urinaria, útero, TGI.

Ganglios cervicales superiores a cabeza, cuello: ojo receptores alfa y beta; glándulas receptores alfa.

Ganglios cervicales a corazón, pulmones: receptores beta

Ganglios toracoabdominales: a vasos y músculo liso, receptores alfa y beta.

Ganglios T1-L3 fibras colinérgicas a piel, receptores M3

Ganglios lumbares a genitales, vejiga

NE actúa sobre receptores alfa 1, alfa 2 beta 1, y **muy poco sobre beta 2**

E actúa sobre receptores alfa 1 y alfa 2, beta 1 y beta 2.

Drogas simpaticomiméticas:

Alfa 1: Fenilefrina (+)

Prazosin (-)

Alfa 2: Clonidina (+)

Yohimbina (-)

Beta 1: Isoproterenol (+)

Atenolol (-)

Beta 2: Isoproterenol (+)

Salbutamol (+)

DIVISIÓN PARASIMPÁTICA cráneo-sacra

Transmisor preganglionar: ACh.

Transmisor postganglionar: ACh.

Receptores Colinérgicos:

Receptores Nicotínicos: todas las células postganglionares autonómicas y dendritas

Médula adrenal

Receptores Muscarínicos:

Todos los órganos blanco inervados por fibras parasimpáticos postganglionares y glándulas sudoríparas y algunos vasos inervados por fibras simpáticas pero colinérgicas.

III par al ojo

VII y IX pares a glándulas salivales

X par a corazón, pulmones, TGI, uréter

S2-S4 a colon distal, vejiga y genitales

Tomado de: Despopoulos A. Silbernagl S. *Autonomic nervous system*. Color Atlas of Physiology. 5th Ed. Thieme. 2003.

** CARACTERÍSTICAS PROMINENTES DE LOS NEUROTRANSMISORES DEL SISTEMA NERVIOS AUTÓNOMO

Característica	Acetilcolina	Norepinefrina	Epinefrina
Sitio de liberación	Todas las neuronas preganglionares del SNA; todas las neuronas postganglionares del parasimpático; algunas neuronas postganglionares simpáticas a las glándulas sudoríparas	La mayoría de las neuronas postsinápticas simpáticas; médula adrenal (20% secreción)	Médula adrenal (80% de secreción)
Receptor	Nicotínico, muscarínico (colinérgico)	$\alpha 1$, $\alpha 2$, $\beta 1$ (adrenérgico)	$\alpha 1$, $\alpha 2$, $\beta 1$, $\beta 2$ (adrenérgico)

Terminación de actividad	Degradación enzimática por colinoesterasa	Recaptación dentro de terminales nerviosos; difusión fuera del espacio sináptico, transformación metabólica por monoaminoxidasa (MAO) (dentro del terminal nervioso) o catecol-O-metiltransferasa (COMT) dentro del hígado	Transformación metabólica por COMT dentro del hígado
--------------------------	---	--	--

Tomado de: Laurie Nelly McCorry. *Physiology of the autonomic nervous system*. Am J Pharm Edu 2007; 71:1-11.

*** INERVACIÓN SIMPÁTICA DE ÓRGANOS Y TEJIDOS

	Receptor	Acción	Efectos
OJO M. radial iris M. esfínter iris M. ciliar iris M. Millar párpado Gl. lagrimal	$\alpha 1$ - $\beta 2$ $\alpha 1$ $\alpha 1$	Contracción - Relajación Contracción Excitación	Midriasis - Cicloplejia Elevación párpado Aumento sec. limitada
GL. SALIVALES	$\alpha 1$	Excitación	Aumento sec. Espesa
CORAZÓN Nodo SA Nodo AV Cardiomiocito	$\beta 2$ $\beta 2$ $\beta 2$	Excitación Excitación	Aumento FC Aumento conducción Aumento contractilidad
ARTERIOLAS/VENAS	$\alpha 1$ $\beta 2, M3^*$	Contracción Relajación	Vasoconstricción Vasodilatación
PULMONES M. liso bronquial Gl. bronquiales	$\beta 2$ $\alpha 1$	Relajación Inhibición	Broncodilatación Disminución sec. mucosa
TRACTO GI Pared m. liso Esfínteres Secreción	$\alpha 2, \beta 2$ $\alpha 1$ $\alpha 2$	Relajación Excitación Inhibición	Disminución motilidad/tono Constricción Disminución secreción
TRACTO BILIAR			

Pared m. liso	$\beta 2$	Relajación	Disminución motilidad/flujo biliar
Esfínter	$\alpha 1$	Constricción	Disminución flujo biliar salida
PÁNCREAS			
Acinos	$\alpha 1$	Inhibición	Disminución sec. Exocrina
Islotes β	$\alpha 2$	Inhibición	Disminución sec. Insulina
CÁPSULA BAZO	$\alpha 1$	Excitación	Contracción
MÉDULA ADRENAL	N_N	Excitación	Aumento liberación E/NE
TRACTO URINARIO			
Riñón	$\beta 1$	Excitación	Aumento liberación renina
M. liso ureter	$\alpha 1$	Contracción	Aumento motilidad/tono
VEJIGA			
M. detrusor	$\beta 2$	Relajación	Disminución micción
Trígono	$\alpha 1$	Contracción	Disminución micción
Esfínter interno	$\alpha 1$	Contracción	Disminución micción
	Receptor	Acción	Efectos
GENITALES			
Conducto deferente	$\alpha 1$	Contracción	Aumento eyaculación
Cuerpos cavernosos	-	-	-
Útero	$\beta 2$	Inhibición	Relajación
	$\alpha 1$	Excitación	Contracción
PIEL			
M. piloerectores	$\alpha 1$	Contracción	Erección pelo
Gl. sudoríparas	$M3^*$	Excitación	Sudación generalizada
	$\alpha 1$	Excitación	Sudación localizada (palmas)
METABOLISMO			
ADIPOCITO			
Lipólisis	$\beta 3$	Activación	Aumento termogénesis
HÍGADO			
Gluconeogénesis	$\alpha 1, \beta 2$	Activación	Aumento glicemia
Glucogenólisis	$\beta 2$	Activación	Aumento glicemia
M. ESQUELÉTICO			
Glucogenólisis	$\beta 2$	Activación	Aumento glicemia

* Inervadas por fibras simpáticas postganglionares colinérgicas.

Tomado y traducido de: H. Shen. *The autonomic nervous system*. Memocharts Pharmacology. An integrated minireview. Minireview LLC, Stow, 2004.

*** INERVACIÓN PARASIMPÁTICA DE ÓRGANOS Y TEJIDOS

	Receptor	Acción	Efectos
--	----------	--------	---------

OJO M. radial iris M. esfínter iris M. ciliar iris M. Millar párpado Gl. lagrimal	- M3 M3 - M3	- Constricción Constricción - Excitación	- Miosis Espasmo M. ciliar - Aumento sec. Copiosa
GL. SALIVALES	M3	Excitación	Aumento sec. acuosa
CORAZÓN Nodo SA Nodo AV Cardiomiocito	M2 M2 M2	Inhibición Inhibición Inhibición	Disminución FC Disminución conducción Disminución contractilidad
ARTERIOLAS/VENAS	M3	Relajación	Vasodilatación
PULMONES M. liso bronquial Gl. bronquiales	M3 M3	Contracción Excitación	Broncoconstricción Aumento sec. mucosa
TRACTO GI Pared m. liso Esfínteres Secreción	M3 M3 M3	Contracción Inhibición Excitación	Aumento motilidad/espasmo Relajación Aumento secreción
TRACTO BILIAR Pared m. liso Esfínter	M3 M3	Constricción Relajación	Aumento motilidad/flujo Aumento salida flujo biliar
PÁNCREAS Acinos Islotes β	M3 M3	Excitación Excitación	Aumento sec. Exocrina Aumento sec. Insulina
CÁPSULA BAZO	-	-	-
MÉDULA ADRENAL	-	-	-
TRACTO URINARIO Riñón M. liso ureter VEJIGA M. detrusor Trígono Esfínter interno	- - M3 M3 M3	- - Contracción Relajación Relajación	- - Aumento micción Aumento micción Aumento micción
	Receptor	Acción	Efectos
GENITALES Conducto deferente Cuerpos cavernosos	- M3	- Relajación	- Aumento erección

Útero	M3	Excitación	Contracción
PIEL M. piloerectores Gl. sudoríparas	- -	- -	- -
METABOLISMO ADIPOCITO Lipólisis HÍGADO Gluconeogénesis Glucogenólisis M. ESQUELÉTICO Glucogenólisis	- - - -	- - - -	- - - -

Tomado y traducido de: H. Shen. *The autonomic nervous system*. Memocharts Pharmacology. An integrated minireview. Minireview LLC, Stow, 2004.

DISTRIBUCIÓN CORPORAL DE LA INERVACIÓN AUTONÓMICA

CABEZA

1. N. simpáticas preganglionares T1-T5 van al G. cervical superior

2. N. simpáticas postganglionares del G. cervical superior van a efectores:

Párpado (M. Muller) $\alpha 1 +$

M. radial iris $\alpha 1 +$

Cuerpo ciliar $\beta 2-$

Gl. Lagrimal $\alpha 1 +$

Gl. Submaxilar, sublingual $\alpha 1 +$

Gl. Parótida $\alpha 1 +$

1. N. parasimpáticas preganglionares

Tallo: mesencéfalo: III par al G. ciliar

bulbo: VII par al G. esfenopalatino y al G. submaxilar

IX par al G. ótico

2. N. parasimpáticas postganglionares de los ganglios respectivos van a efectores:

M. circular iris M3+

Cuerpo ciliar M3+

Gl. Lagrimal M3+

Gl. Submaxilar, sublingual M3+

Gl. Parótida M3+

TÓRAX

1. N. simpáticas preganglionares T1-T5 van al G. cervical medio.

2. N. simpáticas postganglionares del G. cervical medio van a efectores:

- Adiposito (lipólisis) $\beta 3 +$
- Glicogenólisis (m. esquelético) $\beta 2 +$
- Arteriola m. esquelético $\beta 2 -$
- Árbol bronquial $\beta 2 -$
- Corazón $\beta 1 +$

1. N. parasimpáticas preganglionares

Tallo: bulbo: X par a G. locales

2. N. parasimpáticas postganglionares de los ganglios respectivos van a efectores:

- Pulmones M3 +
- Corazón M2 -

ABDOMEN

1. N. simpáticas preganglionares de:

- T5-T9 van a Médula adrenal $N_N +$
- T5-T9 a G. celíaco N. esplácnico mayor
- T10-T11 a G. celíaco N. esplácnico menor
- T12 a G. celíaco N. esplácnico menor menor
- T12-L3 a G. mesentérico sup.
- T12-L3 a G. mesentérico inf.

2. N. simpáticas postganglionares de:

- G. celíaco a efectores:
 - Hígado gluconeogénesis $\alpha 1 +$
 - glucogenólisis $\beta 2 +$
 - Vesícula $\beta 2 -$
 - Páncreas $\alpha 2 -$
 - TGI estómago, i. delgado, colon ascendente $\alpha 2 -$
 - Esfínteres $\alpha 1 +$
 - Bazo $\alpha 1 +$
 - Riñón $\beta 1 +$ aumento de renina
 - Ureter $\alpha 1 +$
- G. mesentérico superior a efectores:
 - Colon descendente $\alpha 2 +$

1. N. parasimpáticas preganglionares

Tallo: bulbo: X par a ganglios locales en órganos

2. N. parasimpáticas postganglionares de los ganglios locales van a efectores:

- Vesícula M3+
- Estómago a colon ascendente M3+
- Páncreas M3+
- Esfínteres M3-

PELVIS

1. N. simpáticas preganglionares T12-L3 van al G. mesentérico inferior.

2. N. simpáticas postganglionares del G. mesentérico inferior van a efectores:

- Útero β_2 -
- Conducto deferente α_1 +
- Vejiga
 - Detrusor β_2 -
 - Trígono α_1 +
 - Esfínter uretral α_1 +

1. N. parasimpáticas preganglionares

Médula espinal S2-S4 forma N. esplácnico pélvico (fibras preganglionares) que va a ganglios locales

2. N. parasimpáticas postganglionares de los ganglios locales van a efectores:

- Colon, recto M3+
- Vejiga
 - Detrusor M3+
 - Trígono M3+
 - Esfínter uretral M3+
- Cuerpos cavernosos M3-

PIEL

1. N. simpáticas preganglionares Médula espinal T1-L3 a cadena paravertebral simpática.

2. N. simpáticas postganglionares de ganglios paravertebrales a efectores:

- fibras segmentales adrenérgicas a vasos sanguíneos α_1 +
- fibras segmentales adrenérgicas a folículos pilosos α_1 +

- fibras segmentales colinérgicas a gl. sudoríparas M3+
- fibras segmentales adrenérgicas a algunos vasos M3-

Adaptado de: H. Shen. *The autonomic nervous system*. Memocharts Pharmacology. An integrated minireview. Minireview LLC, Stow, 2004.

Ximena Páez
Prof. Titular
Facultad de Medicina
Abril 2017.