

Visión general

El sistema nervioso vegetativo o autónomo inerva los órganos internos y sus cubiertas. Casi todos los tejidos orgánicos contienen un plexo de fibras nerviosas finas, en el que se distinguen fibras aferentes (sensitivas) y eferentes (motoras o secretoras). Los cuerpos de las neuronas de las que salen las fibras eferentes se encuentran en los ganglios autónomos o vegetativos. Éstos son acúmulos neuronales rodeados por una capa conjuntiva que se encuentran dispersos por distintas partes del cuerpo. Las fibras sensitivas tienen el soma neuronal en los ganglios espinales o raquídeos.

Las funciones principales del sistema nervioso vegetativo son las de mantener constante el medio interno del organismo y regular el funcionamiento de los órganos de acuerdo con las exigencias cambiantes del medio ambiente. Esta regulación se realiza mediante el concurso de las dos partes del sistema autónomo que actúan de manera antagónica: El ortosimpático (o simplemente simpático) (1) y el parasimpático (2). La estimulación del simpático acompaña a una actividad corporal elevada, produciéndose aumento de la presión arterial, aceleración de las frecuencias cardíaca y respiratoria, dilatación pupilar, erección de los pelos y aumento de la sudoración. Al mismo tiempo, disminuye la movilidad gastrointestinal y las secreciones digestivas. Por el contrario, cuando existe un predominio parasimpático, aumenta la movilidad y secreción gastrointestinales, se activan los reflejos de la defecación y micción, se entelencen las frecuencias cardíaca y respiratoria y las pupilas se contraen. El simpático sirve para aumentar el rendimiento corporal en situaciones de estrés y emergencia; el parasimpático, por el contrario, estimula el anabolismo, la regeneración y la formación de reservas corporales.

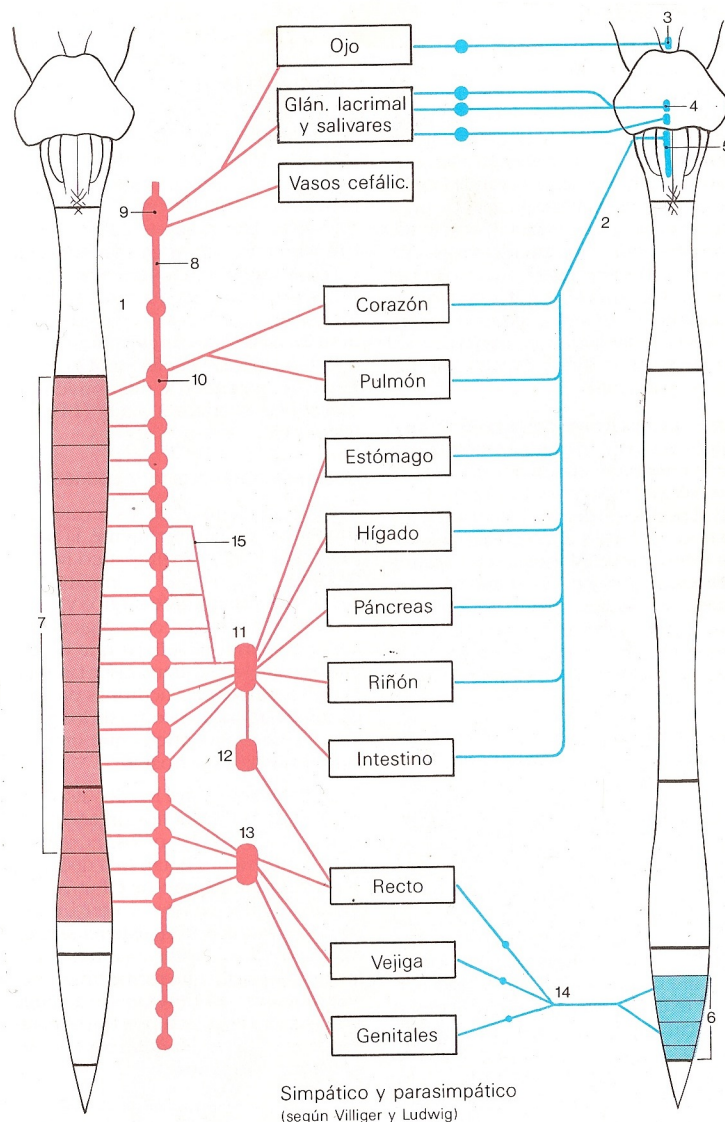
La división del sistema vegetativo en una parte simpática y otra parasimpática se refiere a sus componentes eferentes, motores y secretoras. En el caso de las aferencias tal división no es posible, hablándose, en conjunto, de sensibilidad visceral.

Sistema vegetativo central

Se distingue un sistema vegetativo central y otro periférico. Los núcleos centrales del simpático y parasimpático se encuentran en distintos niveles del sistema nervioso central. Los núcleos del parasimpático se localizan, por una parte, en el tronco del encéfalo: núcleos de Edinger-Westphal (3), salivatorios (4) y dorsal del vago (5) (v. páginas 98 y 108) y, por otra, en la medula sacra (6). Las neuronas simpáticas, por el contrario, ocupan el asta lateral de la medula torácica y lumbar alta (7). Por lo tanto, la localización de los núcleos es craneosacra para el parasimpático y toracolumbar para el simpático.

El órgano integrador superior del sistema autónomo es el hipotálamo. A través de sus relaciones con la hipófisis, el hipotálamo regula también las glándulas endocrinas y coordina la acción de los sistemas vegetativo y endocrino. En la regulación de las funciones de los órganos internos participan también grupos neuronales de la formación reticular del tronco del encéfalo (control de las frecuencias cardíaca y respiratoria, presión arterial, etc.) (v. pág. 138).

Tronco simpático (8), ganglio cervical superior (9), ganglio estrellado (10), ganglio celíaco (11), ganglio mesentérico superior (12), ganglio mesentérico inferior (13), plexo hipogástrico (14), nervio espláncnico mayor (15).



Simpático y parasimpático (según Villiger y Ludwig)

Sistema vegetativo periférico

Parasimpático. Las fibras de las neuronas parasimpáticas centrales transcurren por diversos nervios craneales a los ganglios parasimpáticos de la cabeza (v. págs. 120 y 122), donde hacen sinapsis con las neuronas postganglionares cuyos axones inervan los órganos efectores. El nervio vago (1), principal nervio parasimpático, desciende acompañando a los grandes vasos cervicales (paquete vasculonervioso del cuello) y, después de atravesar la apertura torácica superior, forma o contribuye a formar plexos en los territorios de las vísceras torácicas y abdominales (v. pág. 108).

Las neuronas localizadas en el núcleo intermedio medial e intermediolateral de la medula sacra envían sus axones a través de los nervios sacros 3.^o y 4.^o (2) al nervio pudendo. Éste manda los nervios pélvicos al plexo hipogástrico inferior el cual inerva los órganos pelvianos [vejiga, (3), recto y genitales). Las sinapsis con las neuronas postganglionares se encuentran en el plexo hipogástrico inferior y en los microganglios adscritos a los plexos de las vísceras.

Simpático. Las neuronas simpáticas, situadas en las astas laterales de la medula torácica y lumbar, envían sus axones a través de ramos comunicantes (4) al tronco simpático (5). Éste consiste en una cadena de ganglios simpáticos que se encuentra, a cada lado, por delante de las apófisis transversas de las vértebras y que se extiende desde la base del cráneo hasta el cóccix. Los ganglios están unidos entre sí por ramas interganglionares (6). A nivel cervical existen tres ganglios: el ganglio cervical superior, el ganglio cervical medio (7), variable, y el ganglio estrellado (8). El segmento torácico contiene 10 u 11 ganglios, el lumbar alrededor de 4 y el sacro también 4. El tronco simpático acaba en el pequeño ganglio impar (9), que se localiza en la línea media por delante del có-

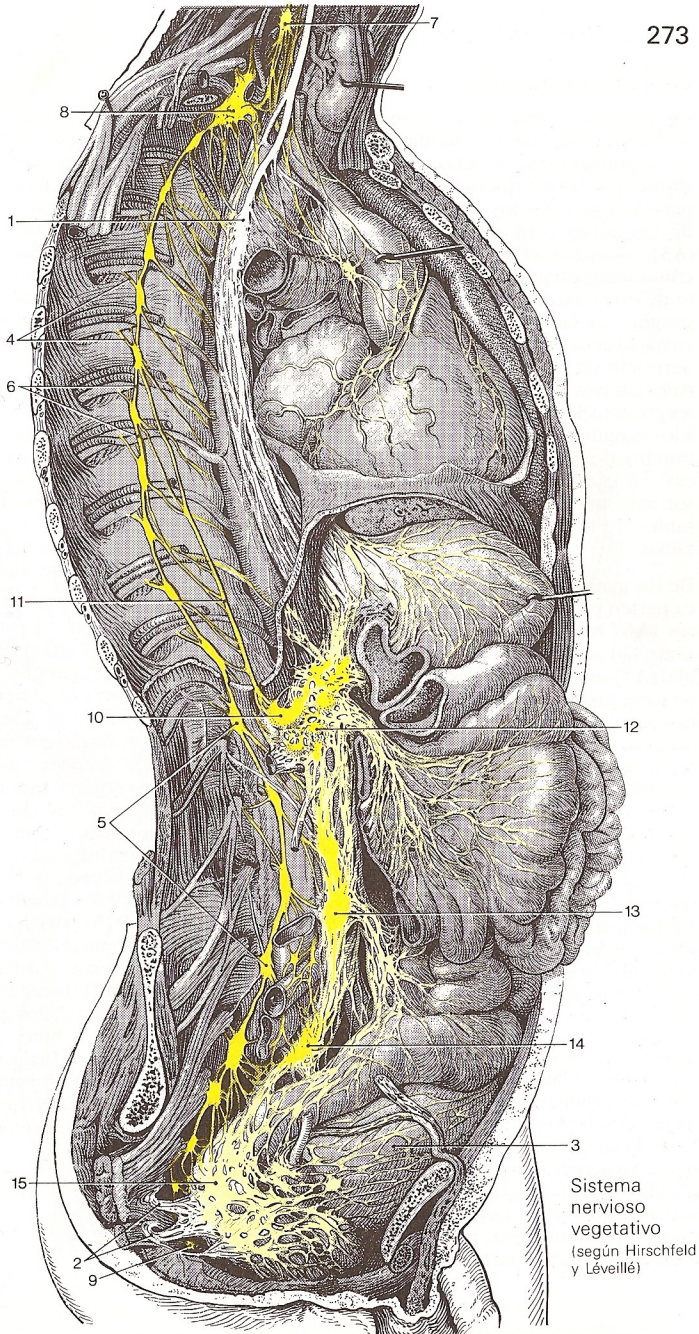
cix. Los ganglios sacros reciben sus fibras preganglionares de los segmentos medulares T12-L2 a través de las ramas interganglionares.

Desde los ganglios simpáticos torácicos y lumbares parten nervios hacia los ganglios prevertebrales que se encuentran a ambos lados de la aorta formando parte de un denso plexo nervioso. Los ganglios celíacos (10) forman el grupo ganglionar superior y a ellos van a parar los nervios espláncnicos mayores (11), que proceden de los ganglios torácicos 5-9. Caudalmente se localizan los ganglios mesentéricos superior (12) e inferior (13). En la pelvis se expanden y distribuyen los plexos hipogástricos superior (14) e inferior (15).

Sistemas adrenérgico y colinérgico

El neurotransmisor de los terminales simpáticos es, habitualmente, la noradrenalina y del parasimpático la acetilcolina. De ahí que el simpático se denomine sistema adrenérgico y el parasimpático sistema colinérgico. Sin embargo, hay que señalar que la acetilcolina es el neurotransmisor tanto de los terminales de las neuronas preganglionares simpáticas como de los postganglionares simpáticos que inervan las glándulas sudoríparas.

El antagonismo entre los dos sistemas es muy claro en muchos órganos (corazón, pulmón). En otros, la regulación se realiza aumentando o disminuyendo el tono de uno de ellos. Así, la medula suprarrenal y el útero están sólo inervados por el sistema simpático (la medula suprarrenal representa un paraganglio que recibe fibras preganglionares). La función de la vejiga urinaria está regulada por fibras parasimpáticas, discutiéndose el papel de sus fibras simpáticas.



Circuitos neuronales

Las neuronas simpáticas de los núcleos intermediomedial e intermediolateral de la medula torácica (**A1**) envían sus axones por la raíz anterior (**A2**) de los nervios espinales, los cuales, a través de las ramas comunicantes blancas (**A3**), alcanzan el tronco simpático como fibras preganglionares. Una parte de estos axones hacen sinapsis en ganglios de la cadena simpática (**A4**) cuyos axones postganglionares se reincorporan en parte a los nervios espinales a través de las ramas comunicantes grises (**A5**). Las fibras que se dirigen a los ganglios son miélicas, de ahí el nombre de ramas comunicantes blancas; en cambio las postganglionares son amielínicas y, por lo tanto, responsables de la apariencia gris de estas ramas.

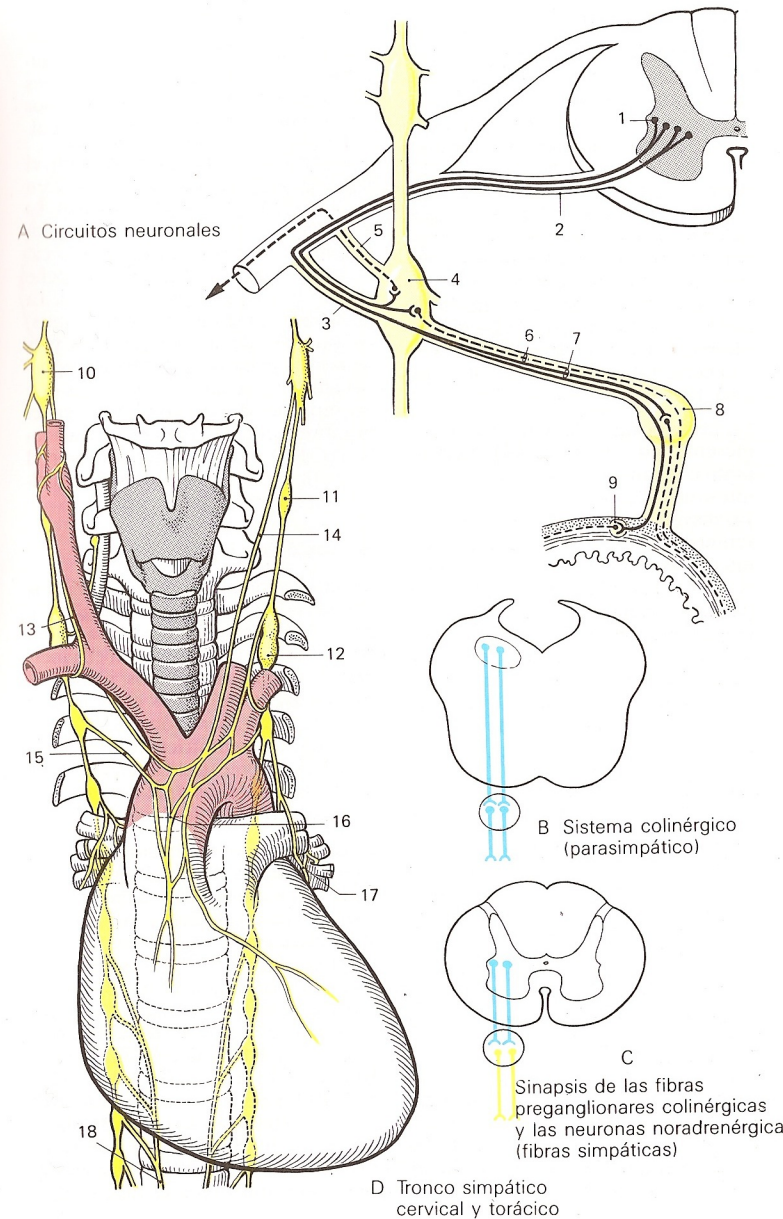
De los ganglios de la cadena simpática parten pocas fibras postganglionares (**A6**) hacia las vísceras. Muchas otras, sin embargo, atraviesan el ganglio (**A7**) sin hacer sinapsis y terminan en ganglios prevertebrales (**A8**), situados a ambos lados de la aorta. Un gran número de pequeños ganglios, incluso microscópicos, llamados terminales (**A9**), se encuentran en los órganos internos. Forman parte de los plexos nerviosos que se encuentran en las cubiertas (ganglios extramurales) o en las paredes (ganglios intramurales) de las diferentes vísceras. Mientras que en el parasimpático son colinérgicas ambas fibras, preganglionares y postganglionares (**B**), en el simpático son colinérgicas las primeras y noradrenérgicas las segundas (**C**).

Basándose en su localización, se distinguen tres clases de ganglios en los que la neurona preganglionar hace sinapsis con la postganglionar: los ganglios de las cadenas o troncos simpáticos, los ganglios prevertebrales y los ganglios terminales. Los dos primeros son ganglios simpáticos; los terminales son, en su mayoría, pero no en su totalidad, ganglios parasimpáticos.

Tronco simpático

Los ganglios cervicales se reducen a tres, de los cuales el ganglio cervical superior (**D10**) se localiza caudalmente a la base del cráneo, en la vecindad del ganglio nodoso. Recibe fibras de los segmentos medulares torácicos superiores a través de los ramos interganglionares. Las fibras postganglionares que salen de él forman plexos alrededor de las arterias carótidas externa e interna. Del plexo carotídeo interno parten ramas para las meninges, ojo y glándulas cefálicas. El músculo tarsal superior, situado en el párpado superior, y el músculo oftálmico localizado en la pared posterior de la órbita, están inervados por el simpático. Una lesión del ganglio cervical superior, o de sus fibras preganglionares, produce, por consiguiente, una caída del párpado superior (ptosis) y un hundimiento del globo ocular en la órbita (enofthalmos).

El ganglio cervical medio (**D11**) puede faltar y, a menudo, el ganglio cervical inferior se fusiona con el primero torácico para formar el ganglio estrellado (**D12**). Las fibras que salen de él forman plexos alrededor de las arterias subclavia y vertebral. Algunos nervios que conexionan los ganglios cervicales superior y medio rodean la arteria subclavia constituyendo el asa subclavia (**D13**). De la cadena simpática cervical (**D14**) y de los ganglios torácicos superiores (**D15**) parten colaterales que, junto con ramas del nervio vago, forman los plexos cardíacos (**D16**) y pulmonar (**D17**), localizados respectivamente, a la salida de los grandes vasos y a nivel de los hilios pulmonares. Las ramas de los ganglios torácicos 5 a 9 se unen para formar el nervio esplácnico mayor (**D18**) que se dirige hacia los ganglios cefálicos.



Los ganglios simpáticos torácicos y lumbares superiores dejan pasar ramas preganglionares para los ganglios prevertebrales del plexo aórtico abdominal. Se distinguen varios grupos de ganglios. Alrededor de la salida del tronco celíaco existen los ganglios celíacos (A1), donde terminan los nervios espláncnicos mayores (A2) y menores (A3) (T9-T11). Sus ramas postganglionares acompañan a las ramas de la aorta hasta el estómago, duodeno, hígado, páncreas, bazo y suprarenales (plexos gástrico, hepático, esplénico o lienal, pancreático y suprarenal). Fibras preganglionares inervan la medula suprarenal (vol. 2, página 164).

Las fibras postganglionares del ganglio mesentérico superior (A4) inervan, junto con ramas del ganglio celíaco, el intestino delgado y colon ascendente y transversal; las fibras del ganglio mesentérico inferior (A5) inervan el colon descendente, el colon sigmoide y el recto. Las fibras preganglionares (nervios espláncnicos lumbares) de ambos ganglios provienen de los segmentos T11-L2. Algunas ramas se dirigen al plexo renal que también recibe algunas fibras de los ganglios celíacos y del plexo hipogástrico superior.

El sistema parasimpático participa en los plexos viscerales. En el tracto gastrointestinal su excitación produce un aumento del peristalsis la secreción y una relajación esfinteriana; el estímulo simpático reduce peristalsis y secreción y aumenta el tono de los esfínteres.

Los órganos pelvianos son inervados por los plexos hipogástrico superior (A6) inferior, que reciben fibras preganglionares simpáticas de la medula torácica baja y lumbar alta, y fibras parasimpáticas de la medula sacra.

La vejiga urinaria está principalmente inervada por los nervios parasimpáticos del plexo vesical, que excitan las fibras musculares lisas del músculo detrusor. Las fibras simpáticas terminan

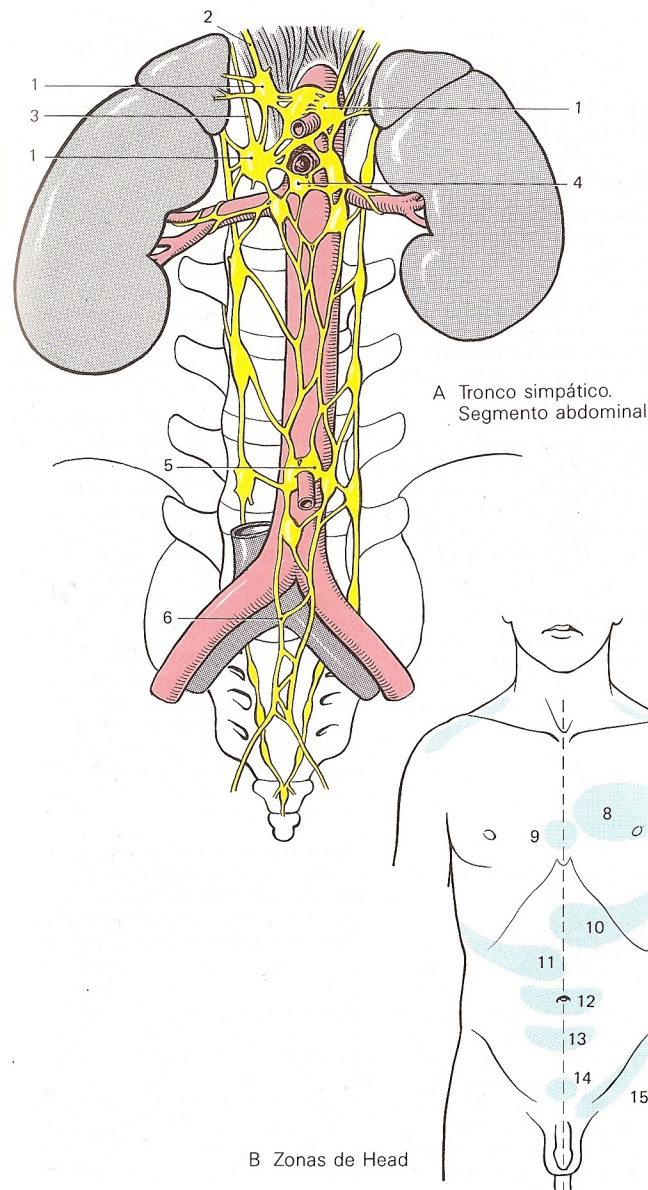
en las fibras musculares del trigono vesical (aperturas uretral interna y desembocadura de los uréteres). La regulación del tono vesical y micción es por reflejos espinales controlados por el hipotálamo y la corteza cerebral.

Los genitales están inervados en el hombre por el plexo prostático y en la mujer por el plexo uterovaginal. La excitación de las fibras parasimpáticas dilata los vasos de los cuerpos cavernosos y produce erección del pene o del clítoris (nervios erigentes). La excitación simpática contrae la musculatura lisa de las vías genitales y es responsable de la eyaculación y, probablemente, de las contracciones que acompañan al orgasmo, tanto en el hombre como en la mujer. La musculatura del útero está inervada por el simpático, pero la denervación no altera el embarazo ni el parto.

Inervación de la piel

Las fibras simpáticas que regresan a los nervios espinales desde los ganglios [v. pág. 274 (A)] transcurren hacia la piel en los nervios periféricos. En ella inervan los dermatomas, vasos, glándulas sudoríparas y músculos erectores de los pelos. Las alteraciones segmentarias de la vasomotricidad secreción sudoral y pilomotricidad en las lesiones de la medula espinal tienen valor en su diagnóstico tóxico.

En determinados territorios de la piel, llamados zonas de Head, puede aparecer dolor o hiperestesia cuando enferman órganos internos cuyas fibras aferentes terminan en los mismos segmentos medulares en los que acaban las aferencias cutáneas. Así B7 representa la zona del diafragma (C4), B8 la del corazón (T3-4), B9 la del esófago (T4-5), B10 la del estómago (T8), B11 la del hígado y vías biliares (T8-T11), B12 la del intestino delgado, B13 la del intestino grueso (T11), B14 la de la vejiga urinaria (T11-L1) y B15 la del riñón y testículo (T10-L1). Las zonas de Head son útiles para el diagnóstico.



Nervios vegetativos

Fibras eferentes. Las fibras preganglionares son miélicas y las postganglionares amielínicas. Estas últimas son envueltas por las células de Schwann, incluyendo varios axones cada una de ellas [v. pág. 34 (A8)].

Fibras sensitivas. Las fibras sensitivas viscerales son miélicas finas y no se incluyen en los conceptos de sistemas simpático y parasimpático que corresponden a la porción eferente del sistema autónomo. En general, sin embargo, acompañan a los nervios simpáticos penetrando en la medula espinal por las raíces posteriores. Los fascículos procedentes del corazón utilizan las raíces torácicas altas, los del estómago, hígado y vesícula biliar las raíces medias y los del ciego y colon las inferiores. Los dermatomas de estas raíces se corresponden aproximadamente con las zonas de Head.

Plexo intramural. Los nervios vegetativos penetran en las vísceras con los vasos y forman en ellas un plexo fino de fibras noradrenérgicas (A) o colinérgicas (B). Las fibras nerviosas terminan en las fibras musculares lisas o en las glándulas. La función de muchos órganos es influida por su vascularización y, por tanto, es regulada a través de su flujo sanguíneo. Es muy dudoso que órganos parenquimatosos como el hígado o el riñón reciban nervios secretores.

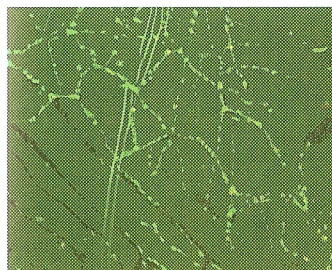
El tracto gastrointestinal está innervado por dos plexos: el submucoso o de Meissner y el mientérico o de Auerbach. El plexo submucoso (CID) forma una red tridimensional en toda la amplitud de la mucosa. Es una malla irregular (D) de fascículos nerviosos finos o de mediano calibre, que se hace más densa, y de componentes más finos, en dirección a la mucosa. En los puntos de entrecruzamiento se acumulan neuronas constituyendo pequeños ganglios intramurales.

Los ganglios intramurales (E) contienen neuronas multipolares en su mayoría y unas pocas unipolares. Su sustancia de Nissl es finamente granulosa y están rodeadas por células gliales aplanadas. Las dendritas son largas y delgadas no distinguiéndose de los axones. Estos últimos, muy delgados, amielínicos o débilmente miélicos no salen, a menudo, del pericarion sino de una dendrita. Entre los somas neuronales se descubre una densa red de fibras en la que son difíciles de distinguir las dendritas, los axones y los terminales. Las neuronas simpáticas y parasimpáticas son isomorfas y sólo se pueden distinguir histoquímicamente.

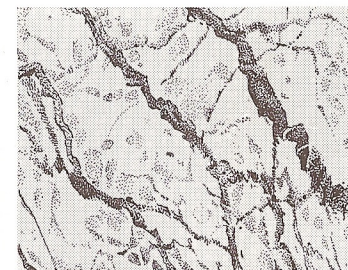
El plexo mientérico (C2) está incluido en un estrecho espacio entre las capas de fibras musculares longitudinales y transversales del intestino. Se trata de un enrejado relativamente regular de fascículos gruesos y finos. Además de los microganglios de las encrucijadas se encuentran numerosas neuronas que a menudo se ordenan a lo largo de los fascículos.

El gran número de neuronas concentradas en este tejido casi se puede considerar, en su conjunto, como un órgano nervioso autónomo, lo cual explica la independencia en el funcionamiento del tracto gastrointestinal, funcionamiento que persiste después de la denervación.

Como derivados de la cresta neural [v. pág. 56 (C2)], los paraganglios y la medula suprarrenal pueden considerarse formando parte del sistema nervioso vegetativo (v. vol. 2, pág. 164).

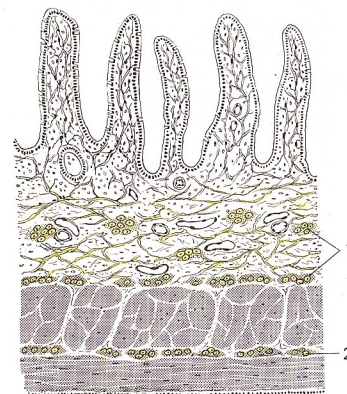


A Fibras simpáticas.
Microscopia de fluorescencia

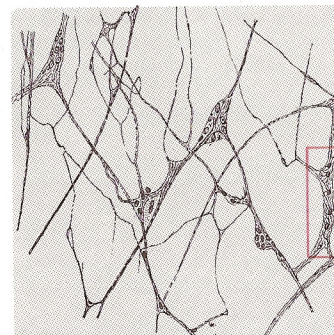


B Fibras parasimpáticas.
Acetilcolinesterasa

A B Fibras nerviosas en el músculo cardíaco de la rata (según Schiebler y Winckler)



C Esquema de la pared intestinal



D Plexo submucoso



E Ganglio intramural

Nervios vegetativos (Continuación)

Neurona vegetativa (A). El sistema nervioso vegetativo está formado por un gran número de elementos con individualidad propia, las neuronas vegetativas (teoría de la neurona). La teoría de la continuidad, que fue postulada durante largo tiempo para las arborizaciones terminales de los nervios vegetativos, ha sido rebatida por las observaciones con el microscopio electrónico; esta teoría sugería que las ramas finales de un plexo intramural formaban una red o retículo terminal, en el cual las prolongaciones de las distintas neuronas se continuaban entre sí y con los músculos y glándulas inervadas por ellas, formando un sincicio plasmático. Sin embargo, el microscopio electrónico no ha mostrado ningún tipo de continuidad. Existen, sin embargo, algunas particularidades en las neuronas postganglionares.

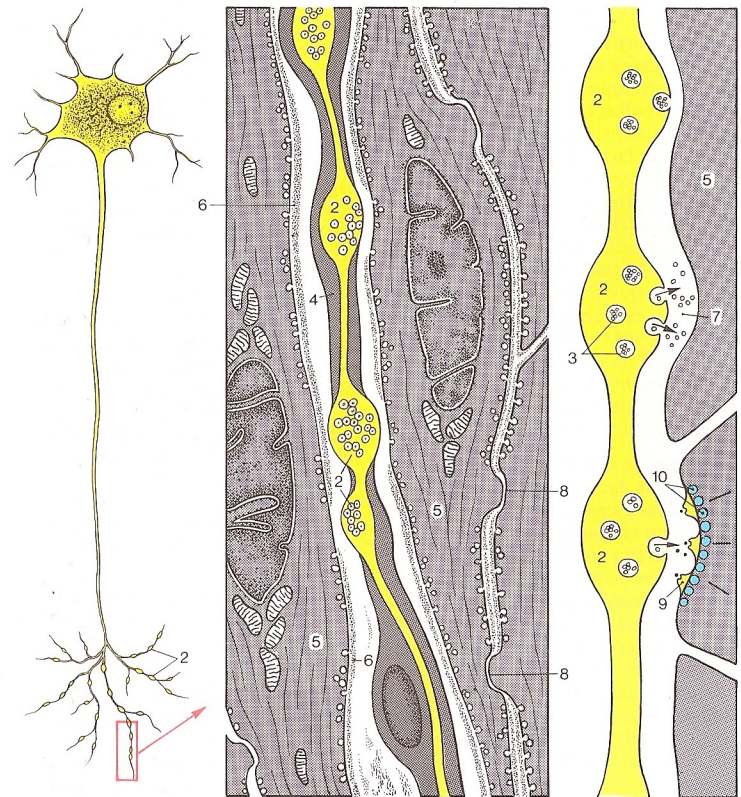
Se pueden observar numerosas sinapsis axo-axónicas (**D1**) a lo largo de los fascículos de fibras nerviosas, las cuales tienen lugar no sólo entre fibras del mismo sistema, sino también entre fibras simpáticas y parasimpáticas. Faltan estructuras especiales entre las terminaciones de los axones y los órganos efectores, comparables a las placas motoras que se encuentran entre las terminales motoras y la musculatura estriada. Llamamos, sin embargo, la atención a las dilataciones varicosas (**ABCD2**) de las ramas terminales axónicas.

Las dilataciones axónicas pueden producir indentaciones en las células musculares lisas o incluso penetrar en ellas. Sin embargo, por regla general, se sitúan entre las células musculares sin establecer contactos directos con las membranas del tipo de las sinapsis. Las dilataciones contienen vesículas claras y granulosas (**C3**) semejantes a las de los botones presinápticos. En las vesículas granulosas se ha demostrado la

presencia de noradrenalina, el neurotransmisor del sistema simpático. Las vainas celulares de Schwann (**B4**), que rodean las ramas axónicas terminales faltan a nivel de las dilataciones. De modo correspondiente, en la parte adyacente de la pared de las células musculares lisas (**BC5**) falta la membrana basal (**B6**). Esta zona corresponde al lugar de la transmisión de los estímulos de las fibras vegetativas a las células musculares.

Las vesículas contenidas en las dilataciones axónicas descargan al espacio celular (**C7**). El neurotransmisor difunde a través del tejido y transmite el estímulo a un gran número de células musculares. Es probable también que el estímulo se extienda a través de contactos entre las membranas de las propias células musculares, ya que éstas están estrechamente asociadas a través de máculas comunicantes o nexos (uniones con hendiduras) (**B8**) en los que falta la membrana basal.

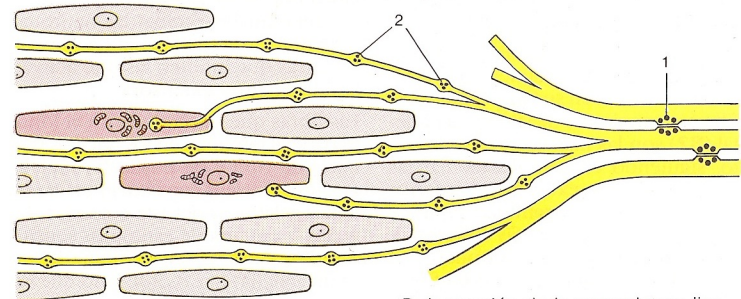
Las fibras eferentes vegetativas inervan la musculatura lisa y células glandulares (fibras secretoras). La terminación de los nervios en estas últimas es semejante al descrito para las fibras musculares. Se acepta que los receptores (**C9**) de la superficie externa de las membranas de las células inervadas reaccionan específicamente a los neurotransmisores activando la adenilato-ciclasa (**C10**), enzima localizado en el interior de la membrana; a continuación, el sistema adenilato ciclasa pondría en marcha la producción de secreción por la célula glandular.



A Neuronas vegetativas

B Representación esquemática de una fibra nerviosa vegetativa vista con el microscopio electrónico

C Transmisión del estímulo



D Innervación de la musculatura lisa