

## Sistema Nervioso Vegetativo

Katia Puente de la Vega, David Vinyes, Irene Díaz  
Médicos, Barcelona

Si definimos al Sistema Nervioso como al que regula el yo y su mundo, dentro de la existencia de la persona hemos de considerar el componente yo, el cual para realizar sus adquisiciones, sus elucubraciones, sus actos, todo aquello que lo jerarquiza, necesita imprescindiblemente el equilibrio de su soma. En otros términos, conservar la homeostasis.

Todo dinamismo, sea intelectual o somático, presupone la concatenación de simultáneos fenómenos circulatorios, respiratorios, digestivos, hormonales, musculo-esqueléticos, emocionales, de memoria, etc. De ahí que también todos los estados emocionales, pánico, miedo, placer, deseo, ilusión, dolor y comportamiento individual, se acompañan de reacciones concomitantes imposibles de suprimir, separar u obviar.

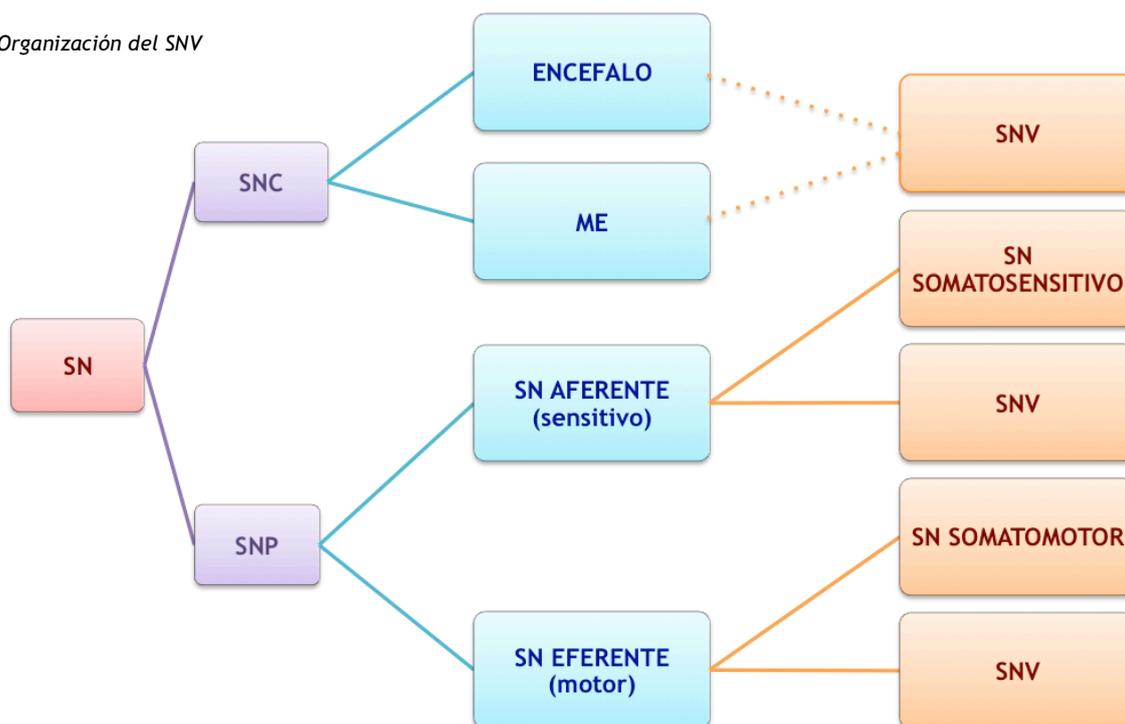
Todo ello se realiza por intermedio del SN Vegetativo, el cual, evidentemente no es independiente sino más bien todo lo contrario, mantiene infinitas anastomosis con el SN Periférico, forma multitud de plexos, se relaciona repetidamente con el SN Central y llega a todos los órganos, tejidos y células, con sistemas intraviscerales.

Desde hace tiempo se sabe que la activación de diversas regiones de la corteza cerebral, incluidas el Sistema Límbico, puede desencadenar respuestas del SNV. Se considera que esta respuesta se produce a través de la activación del Hipotálamo, como publicaron ya en 1970 Miler y colaboradores en *Circulation Research* (27:3).

Parece que cualquier órgano y toda célula puede conectar con la emoción, el recuerdo y la realización del yo espiritual, de un modo más o menos especializado.

Las neuronas vegetativas son muy variables en su aspecto, de acuerdo con su distinto estado funcional. Algunas se comportan como típicas células endocrinas. De modo general, es multipolar, con un número muy variable de dendritas y un axón, en ocasiones difícil de identificar.

Organización del SNV



## 1. SN VEGETATIVO / GENERALIDADES

El SN vegetativo (SNV) o autónomo forma el soporte visceral para el comportamiento somático ajustando el organismo para responder al estrés, y se cree que su actividad ocurre independiente de la voluntad.

Inerva la musculatura lisa, el miocardio, los órganos, los vasos sanguíneos y las glándulas (exocrinas y endocrinas) de todo el organismo, por lo que tiene un control REGULADOR sobre la tensión arterial, la motilidad y secreciones gastrointestinales, el vaciamiento de la vejiga, la sudoración, la temperatura corporal, el músculo cardíaco, el músculo liso y muchas otras funciones viscerales del organismo.

Una de las características más llamativas es la rapidez y la intensidad con las que puede modificar las funciones vitales, como duplicar la frecuencia cardíaca en 3 a 5 segundos o la tensión arterial en 10 a 15 segundos. Siempre según la necesidad del organismo, buscando homeostasis.

A pesar de que académicamente se le subdivide en **Simpático (S)** y **Parasimpático (PS)**, éste conforma una **UNIDAD FUNCIONAL**:

- La vertiente **S** ocasiona una respuesta rápida y efectiva a los estímulos exteriores, movilizandando la energía y aumentando la actividad corporal (= **stress**); posee un componente generalizador y de gasto energético.
- La rama **PS** domina la mayoría de las funciones de reposo y digestión (= **regeneración**), con un componente focalizador y de ahorro.

La mayoría de los órganos internos se encuentran bajo una regulación funcional integrada por una acción antagonista, en el que una de las ramas autónomas es excitatoria y la otra inhibitoria. P.e., la inervación simpática en el corazón provoca un aumento de la frecuencia cardíaca y de la fuerza de contracción, todo esto con el objetivo de aumentar la actividad cardíaca. El PS conlleva la disminución de la actividad cardíaca. Lo contrario ocurre en el tracto gastrointestinal, donde el PS con el objetivo del restablecimiento de las energías corporales provoca un aumento de la actividad: aumento del peristaltismo, aumento de la secreción de las glándulas exocrinas como la vesícula biliar y el páncreas. Una activación del S comporta lo contrario: disminución del peristaltismo y de la actividad de las glándulas.

Las excepciones a la inervación antagonista dual incluyen a las glándulas sudoríparas y al músculo liso de la mayoría de los vasos sanguíneos. Estos tejidos son inervados por el S y dependen sólo de su control tónico (alza o baja). [4, 5]

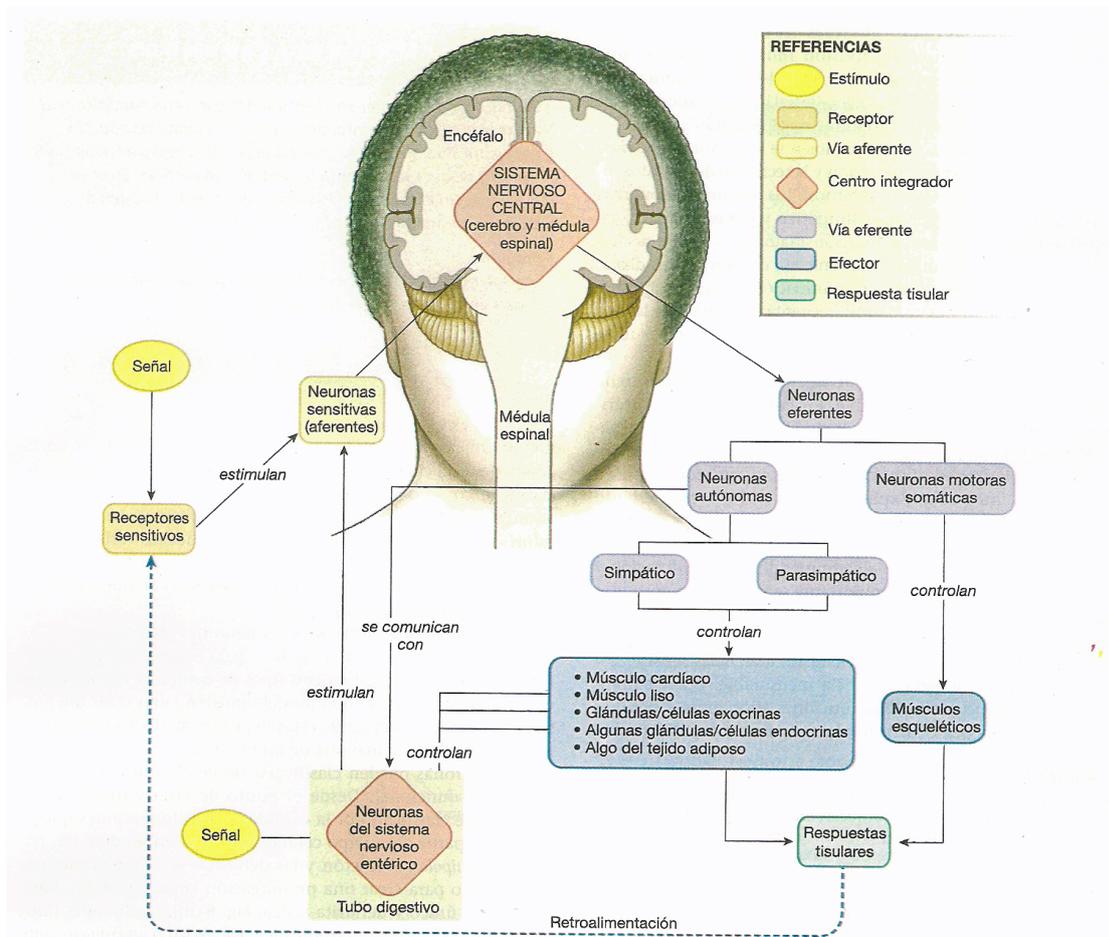
## 2. ORGANIZACIÓN SNV

### ESTRUCTURAS del SNV

El SNV forma la parte visceral del sistema nervioso y está localizado anatómicamente tanto en el SNC como en el SNP, aunque no existe un centro puramente central bien definido. La integración de la actividad eferente puede ser iniciada a nivel de la médula espinal (ME), tronco encefálico (TE) e hipotálamo (H).

El principal centro está localizado en el H. Las funciones **S** están controladas por el núcleo posterolateral del H. La estimulación de este núcleo provoca una descarga masiva del **S**.

Las funciones del **PS** están controladas por los núcleos medios y parte del anterior del H. La regulación de la temperatura depende del núcleo anterior del H. El núcleo supraóptico del H está relacionado con la regulación del metabolismo del agua y está anatómicamente y funcionalmente unido a la hipófisis posterior. Esta conexión entre la neurohipófisis, el H y el centro del SNV repercuten en el riñón a través de la hormona antidiurética y el control a largo plazo de la presión arterial, y en las reacciones físicas a las emociones y al estrés, el sueño y los reflejos sexuales.



**Organización del sistema nervioso**

El sistema nervioso periférico (SNP) envía información al sistema nervioso central (SNC) a través de neuronas aferentes (sensitivas) y lleva la información del SNC hacia las células diana a través de neuronas eferentes. El sistema nervioso entérico puede actuar de forma autónoma o puede estar controlado por el SNC a través de la división autónoma del SNP.

Figura 1. Fisiología humana. Silverthorn [4]

En el TE y en las amígdalas cerebrales están localizados los centros de respuesta aguda del SNV. En conjunto integran los ajustes hemodinámicos momentáneos y mantienen la automaticidad de la ventilación. La integración de los impulsos aferentes y eferentes a este nivel es responsable de la actividad tónica del SNV, la cual tiene como resultado la resistencia vascular periférica y por tanto la presión arterial. Esta actividad basal del SNV mantiene los órganos viscerales en un estado de actividad intermedio que puede aumentar o disminuir.

El núcleo del tracto solitario situado en la ME, es la zona donde llega la información de los quimio y barorreceptores a través de los nervios glossofaríngeo y vago.

Además, comprende parte del SNC, dónde se encuentran localizadas estructuras corticales y diencefálicas que regulan su función, núcleos de origen y terminación de las fibras vegetativas y pares craneales que dan soporte anatómico fundamentalmente al PS.

1. Centros situados en el SNC

- ⊗ Encéfalo
- ⊗ Tronco encefálico
- ⊗ Médula Espinal
- ⊕ Centros corticales (región frontal)
- ⊕ Centros diencefálicos (hipotálamo)
- ⊕ Núcleos de los pares craneales III, VII, IX y X
- ⊕ Sustancia reticular
- ⊕ Núcleos intermediolaterales del asta lateral (S)
- ⊕ Núcleos sacros de la columna intermedia (PS)

2. Nervios y ganglios periféricos
  - ⊙ Tronco Simpático (ganglios paravertebrales)
  - ⊙ Ganglios viscerales
    - ⊕ Simpáticos (prevertebrales)
    - ⊕ Parasimpáticos (craneales y sacros)
  - ⊙ Ramos del tronco simpático (ramos comunicantes, nervios espláncnicos,...)
  - ⊙ Nervios parasimpáticos (craneales y sacros)
3. Plexos vegetativos (viscerales)
4. Sistema entérico (plexo entérico)

### EFERENCIAS VEGETATIVAS

La eferencia vegetativa o visceral es bineuronal, a diferencia de la eferencia somática que es mononeuronal. La primera neurona, preganglionar se sitúa en el SNC y envía su axón hacia la periferia. En el trayecto periférico de las eferencias vegetativas hay intercalados ganglios, en los que ocurre la transmisión sináptica hacia la segunda neurona, postganglionar, la cual envía su prolongación hacia los órganos efectores. (Figura 2)

Las preganglionares son mielinizadas con velocidad de conducción del impulso de  $3-15 \text{ m.s}^{-1}$   
 Las postganglionares son no mielinizadas de conducción lenta de  $<2 \text{ m.s}^{-1}$

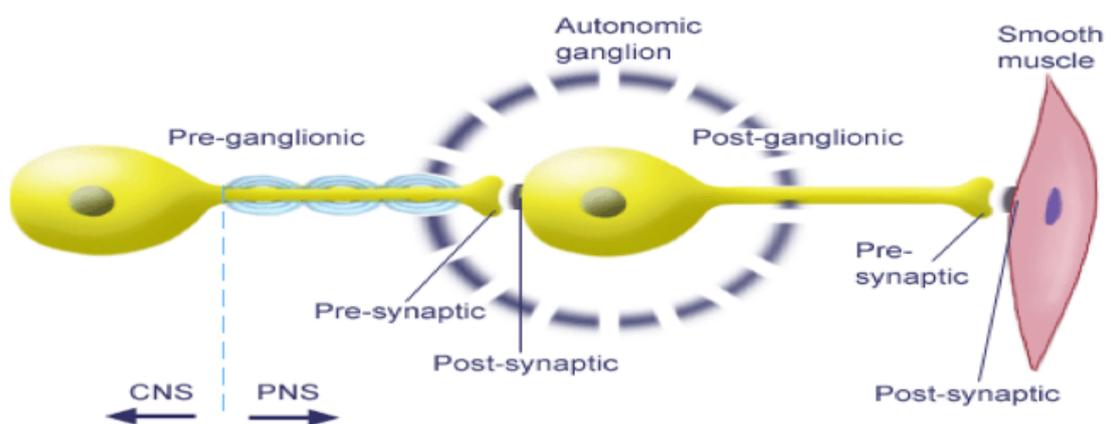


Figura 2. Esquema básico de la eferencia vegetativa

Los **ganglios** son acúmulos de células nerviosas que pueden contener fibras eferentes, aferentes, simpáticas y parasimpáticas. Entre los ganglios vegetativos y los órganos se forman los **plexos viscerales** que acompañan a los vasos arteriales. Estos plexos y ganglios viscerales son el punto de encuentro entre el sistema S y el PS.

### AFERENCIAS VEGETATIVAS

Los reflejos vegetativos, como todo arco reflejo, disponen de información sensorial, de entrada, procedente de órganos o tejidos diversos a los que inerva. Las aferencias viscerales son similares a las somáticas e indistinguibles de ellas. De hecho, la misma vía aferente sirve a reflejos somáticos y autónomos.

Las neuronas aferentes vegetativas tienen su soma ubicado en los ganglios espinales (raíz posterior de los nervios espinales) y en los ganglios craneales de los nervios facial (VII), glossofaríngeo (IX) y vago (X). Sus axones cursan con las fibras eferentes vegetativas cruzando los ganglios vegetativos sin hacer relevo en ellos.

Las fibras aferentes procedentes de la región craneal alcanzan el SNC a través de los pares craneales correspondientes, facial (VII), glossofaríngeo (IX) y vago (X) y proyectan fundamentalmente al núcleo del tracto solitario en el bulbo.

Las fibras aferentes procedentes del tórax y del abdomen alcanzan el SNC a través del nervio vago (X), así como de los nervios pélvico, espláncnico y nervios espinales.

## CENTROS VEGETATIVOS REGULADORES SUPERIORES NIVELES DE INTEGRACIÓN VEGETATIVA

El SNV posee varios **niveles de integración**, relacionados entre sí (retroalimentación):

- ⊗ Periferia Autónoma (Sistema Básico según Pischinger)
- ⊗ Nivel Espinal Periférico (Segmento Reflejo) → cualquier esfuerzo somático requiere una participación vegetativa. P.e., el ejercicio muscular, para ser eficaz, debe acompañarse de vasodilatación en esos territorios, vasoconstricción visceral, taquicardia, polipnea... Las conexiones suprasegmentarias permiten que el pensamiento y la emoción interfieran positiva o negativamente en ello.
- ⊗ Nivel Rombo-Mesencefálico (Formación Reticular → funciones vitales cardio-circulatorias, vigilia, ritmo, etc.) (De Mesencéfalo a Médula Espinal: centros segmentarios)
- ⊗ Nivel Diencefálico (Tálamo, Hipotálamo). Son centros suprasegmentarios
- ⊗ Nivel Cortical (Neocórtex y Sistema Límbico → fenómenos psicológicos y emocionales en patologías somáticas...) [1] (Córtex orbitario, Amígdala, Hipocampo y parte del Lóbulo temporal → centros más individualizados)

Las acciones del SNV en la periferia están reguladas a distintos niveles. En un nivel superior de esta regulación encontramos el Sistema Límbico (SL). Éste ejerce su influencia, a través de centros en el Hipotálamo, en el Bulbo Raquídeo y en la Médula Espinal (ME), de forma eferente en los órganos diana. Inversamente, existen mecanismos de regulación aferentes desde éstos órganos hasta el SL [3].

El **S** y **PS** poseen sus propios centros, los cuáles son regulados de forma selectiva por el Hipotálamo (en parte también por la Formación Reticular).

Los centros **PS** se localizan únicamente en el tronco del encéfalo y la ME sacra, mientras que los **S** se localizan en el asta lateral de la ME toraco-lumbar [3].

Ante un estímulo periférico, el primer nivel de regulación (el Sistema Básico) es el primero en responder a dicho estímulo. En caso de aumento de la duración o intensidad del estímulo, se ve involucrado el siguiente nivel de integración. La separación en diferentes niveles sólo se hace por razones didácticas. A la hora de la verdad, cada parte del organismo está informada de todo (punto de vista holográfico) [1].

### 3. ESTRUCTURA DE LAS VIAS AUTÓNOMAS

Todas las vías autónomas constan de 2 neuronas eferentes en serie:

- ⊗ **Preganglionar**, corta en el S, larga en el PS
- ⊗ **Postganglionar**, larga en el S, corta en el PS (= ganglios más periféricos)

La 1ª neurona (preganglionar) se origina en el SNC y se proyecta hacia el ganglio autónomo localizado fuera del SNC. Ahí hace sinapsis con la 2ª neurona de la vía (postganglionar), la cual tiene su cuerpo dentro del ganglio y proyecta su axón hacia el tejido diana [4].

#### VIA SIMPÁTICA

**Neuronas preganglionares:**

- ⊗ Se originan en la ME (T1-L2). Los cuerpos celulares se localizan en la columna celular del núcleo intermediolateral.
- ⊗ Las fibras que salen, entran en el tronco simpático y terminan en los ganglios paravertebrales y prevertebrales.

**Neuronas postganglionares:**

- ⊕ Los cuerpos celulares se sitúan en ganglios del tronco simpático (paravertebrales) y/o ganglios prevertebrales (por delante de la aorta).

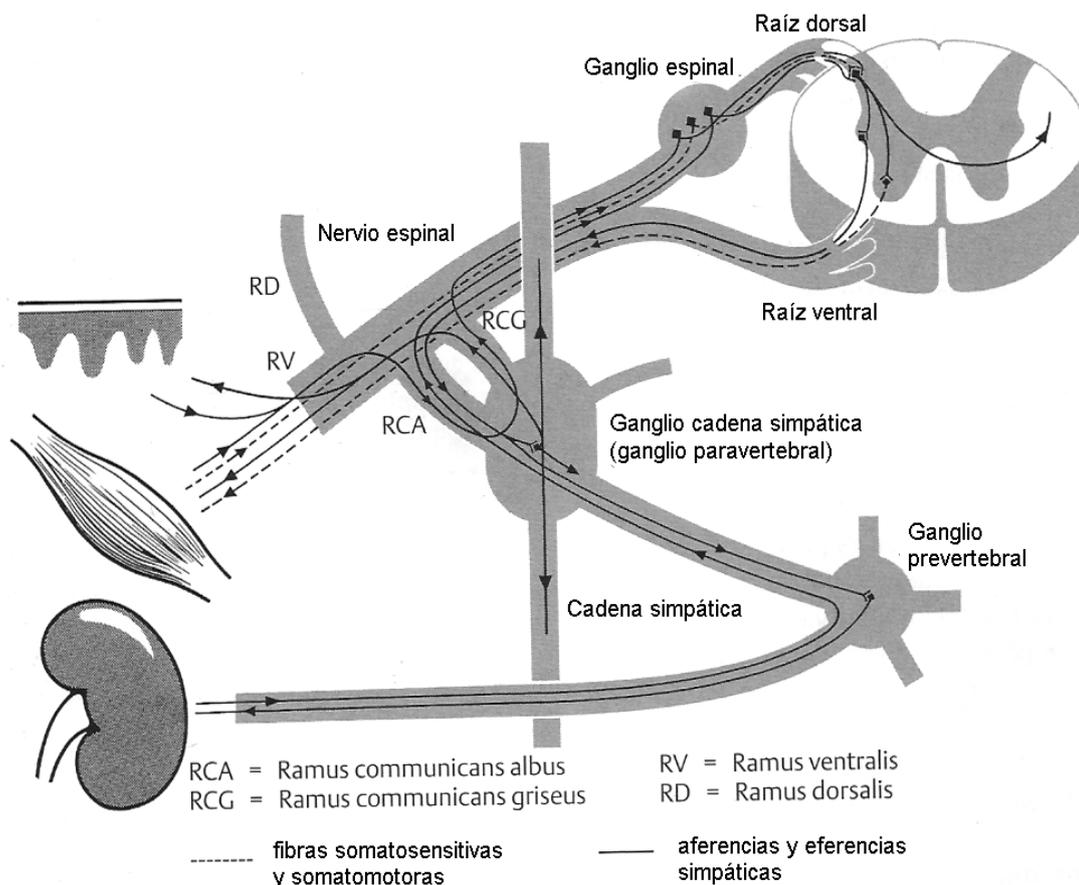


Figura 3. Neuraltherapie nach Huneke. L. Fischer [1]

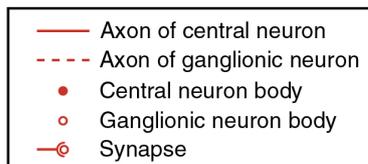
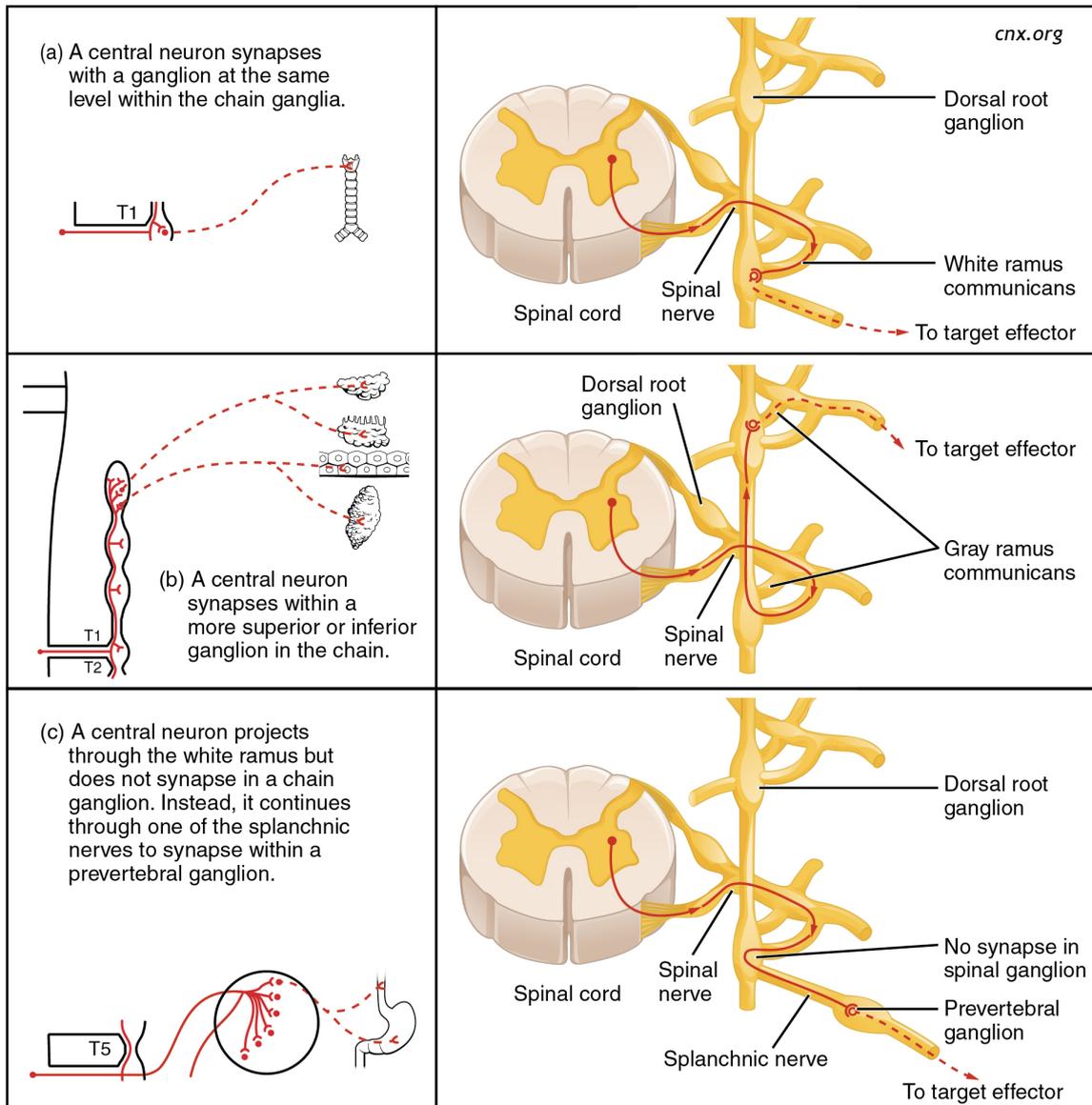
Los cuerpos de las neuronas preganglionares del **S** están situadas en el asta lateral de la ME y sus axones salen de la misma con las fibras motoras a través de la raíz anterior (raíz ventral) para separarse de ellas poco después para dirigirse por el R. comunicante blanco (mielinizado) hacia el ganglio del tronco simpático (una cadena paravertebral de ganglios a cada lado).

La sinapsis con la neurona postganglionar puede tener lugar en:

- ⊙ Las fibras **S** para las vísceras se extienden a través de los ganglios del tronco simpático para hacer sinapsis en los ganglios prevertebrales o próximos a los órganos. Desde aquí, los axones alcanzan los órganos efectores.
- ⊙ Pero algunas fibras postganglionares regresan a los nervios espinales a través del R. comunicante gris, son fibras no mielinizadas de tipo C que se transportan dentro de los nervios somáticos (aproximadamente un 8% de sus fibras son **S**) para distribuirse por los vasos sanguíneos de las extremidades y de la pared del tronco, la piel, las glándulas sudoríparas y los músculos piloerectores.
- ⊙ Las fibras **S** para la médula suprarrenal son una excepción ya que las fibras preganglionares pasan directamente a la glándula sin realizar sinapsis en ningún ganglio; las células de la médula de la suprarrenal derivan de tejido neuronal y son análogas a las neuronas postganglionares. [3]

Cuando entran en la cadena ganglionar, las fibras preganglionares pueden seguir tres caminos:

1. Formar una sinapsis con las fibras postganglionares en el ganglio en el mismo nivel de la salida de la médula.
2. Subir o bajar en la cadena ganglionar formando sinapsis a otros niveles de la cadena.
3. Pasar por la cadena sin formar sinapsis y terminar en un ganglio colateral impar del **S** como el ganglio celíaco y el ganglio mesentérico inferior, que están formados por la convergencia de fibras preganglionares con los cuerpos neuronales de las postganglionares.



VÍA PARASIMPÁTICA

Neuronas PS preganglionares:

- ⊕ Se originan en el tronco del encéfalo (nervios craneales III, VII, IX y X) y la ME (S2-4) (craneo-sacras)
- ⊕ La fuente más grande de fibras PS preganglionares es el nervio vago (NC X)

Neuronas PS posganglionares:

- ⊕ Los cuerpos celulares se sitúan en ganglios próximos al órgano inervado o en el mismo órgano (intramural) y en los ganglios de la cabeza.

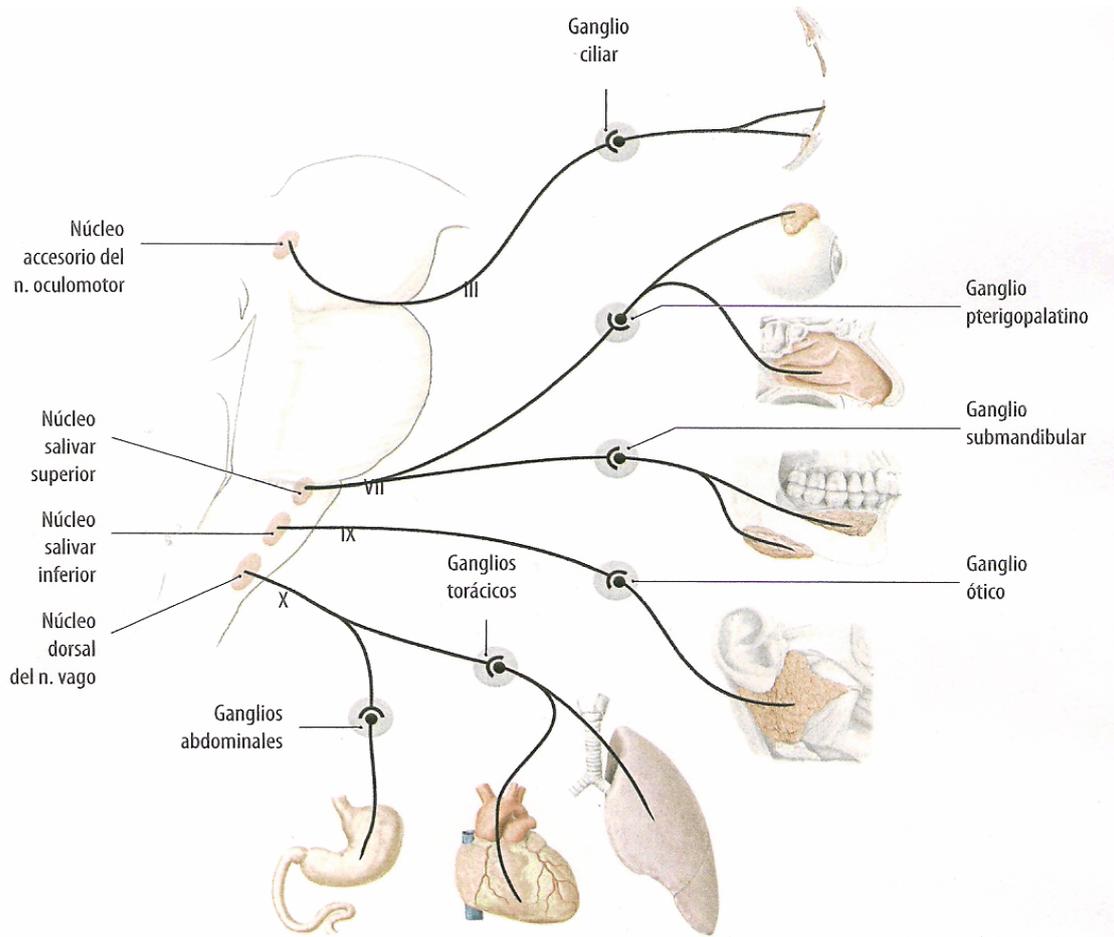


Figura 4. Parte Craneal del Parasimpático. Prometheus. Texto y atlas de anatomía [3]

Parte craneal del PS:

En el tronco del encéfalo encontramos 4 núcleos PS:

- ⊗ Núcleo accesorio del N. oculomotor (núcleo de Edinger-Westphal)
- ⊗ Núcleo salivatorio superior
- ⊗ Núcleo salivatorio inferior
- ⊗ Núcleo dorsal del N. vago

Las fibras visceroeferentes de estos núcleos discurren con los siguientes nervios craneales:

- ⊗ N. oculomotor (III)
- ⊗ N. facial (VII)
- ⊗ N. glosofaríngeo (IX)
- ⊗ N. vago (X)

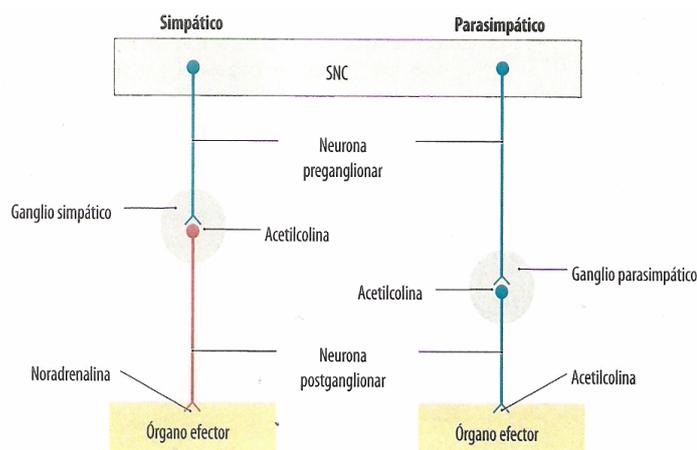
Las fibras PS preganglionares discurren conjuntamente con diversos nervios craneales en la zona de la cabeza, para llegar así al órgano efector.

El **N. Vago** es la principal vía PS, contiene alrededor del 75% de las fibras PS. Este nervio transporta tanto información sensitiva desde los órganos internos hasta el cerebro como eferencias PS desde el cerebro hasta los órganos. Inerva todos los órganos del tórax y el abdomen hasta el punto de Cannon-Böhm en la flexura cólica izquierda.

**DIFERENCIAS ENTRE SIMPÁTICO Y PARASIMPÁTICO**

Establecemos dichas diferencias en base a varios aspectos:

- ⊗ Localización anatómica de la neurona preganglionar:
  - ⊕ La porción **S** se localiza a nivel toracolumbar (C8-L3).
  - ⊕ En el **PS** se distinguen una porción craneal (tronco encefálico) y otra sacra (S2-S4).
- ⊗ Situación de los ganglios vegetativos:
  - ⊕ Los ganglios **S** se encuentran alejados del órgano diana, próximos a la columna vertebral (paravertebrales o prevertebrales) por lo que la transmisión sináptica de preganglionar a postganglionar ocurre lejos del órgano efector y las fibras postganglionares resultantes serán largas.
  - ⊕ Los ganglios **PS** se encuentran próximos al órgano efector, por lo que la transmisión de preganglionar a postganglionar ocurre cerca del órgano efector o en el órgano efector mismo.
- ⊗ El neurotransmisor:
  - ⊕ En la transmisión sináptica de preganglionar a postganglionar ambos sistemas utilizan la acetilcolina como neurotransmisor.
  - ⊕ En la transmisión sináptica postganglionar hacia el órgano efector en el **S** se realiza mediante noradrenalina, a excepción de las glándulas sudoríparas, y en el **PS** mediante acetilcolina.
- ⊗ Respuesta fisiológica:
  - ⊕ La activación del **S** produce una respuesta fisiológica difusa (reflejo masivo) y no una respuesta discreta, debido a que las fibras postganglionares son mucho más abundantes que las preganglionares (20:1 o 30:1). Una neurona preganglionar influencia un gran número de neuronas postganglionares, que se distribuyen por diversos órganos. Esta respuesta está aumentada por la liberación de Adrenalina por la médula suprarrenal.
  - ⊕ La activación del **PS** produce una respuesta discreta y limitada debido a que los ganglios **PS** se encuentran próximos al órgano efector (la transmisión de preganglionar a postganglionar ocurre cerca del órgano efector o en el órgano efector mismo), y también debido a que la distribución de fibras pre y postganglionares es de 1:1 o 3:1 (una neurona preganglionar forma sinapsis con muy pocas neuronas postganglionares). Por ejemplo, una bradicardia por estímulo vagal PUEDE ocurrir sin otras alteraciones concomitantes como alteración de la salivación o de la motilidad intestinal.



**A Esquema de las sinapsis del sistema nervioso vegetativo**  
 La 1ª neurona central (neurona preganglionar) contiene el neurotransmisor acetilcolina en el simpático y en el parasimpático (neurona colinérgica, representada en azul); en el simpático hace sinapsis con una neurona noradrenérgica (representada en rojo) en los ganglios, en el parasimpático el neurotransmisor acetilcolina también se encuentra en la 2ª neurona (neurona postganglionar).

*Observe:* Para la acetilcolina y para la noradrenalina existen diferentes tipos de receptores (= sensores para los transmisores) que están localizados en la membrana celular de la célula receptora. En función del tipo de receptor, la misma sustancia puede provocar efectos bien distintos.

Figura 5. Prometheus. Texto y atlas de anatomía [3]

#### 4. PORCIÓN SIMPÁTICA DEL SNV

Es la porción toracolumbar del SNV.

Los cuerpos de las neuronas preganglionares están situados en el **núcleo intermediolateral de las astas laterales** de la ME desde C8-T1 a L2-L3.

Las fibras preganglionares S abandonan la ME por la raíz anterior del nervio espinal en forma de fibras nerviosas mielínicas y lo abandonan por los ramos comunicantes blancos (contienen fibras mielínicas) y se dirigen a los ganglios para-vertebrales o prevertebrales donde hacen sinapsis con la neurona postganglionar.

Algunas fibras preganglionares S se dirigen hacia los **ganglios paravertebrales** situados a ambos lados de la columna vertebral, donde hacen sinapsis con la neurona postganglionar, al mismo nivel o pueden ascender y descender a otros niveles. Las fibras postganglionares regresan al nervio espinal en forma de fibras nerviosas amielínicas por los ramos comunicantes grises y se dirigen a los órganos efectores.

Los ganglios paravertebrales están comunicados entre sí por los ramos interganglionares y forman una cadena ganglionar a cada lado de la columna vertebral que recibe el nombre de **Tronco Simpático**.

El tronco simpático está formado por:

- ⊙ 3 ganglios cervicales
- ⊙ 12 torácicos
- ⊙ 4 lumbares
- ⊙ 4 sacros
- ⊙ 1 coccígeo

A partir del 5º segmento torácico una parte de las fibras S preganglionares mielínicas, responsables de la inervación de las vísceras abdominales y pélvicas, atraviesan los ganglios paravertebrales sin hacer sinapsis en ellos. Estas fibras forman los **nervios espláncnicos** y hacen el contacto sináptico en los **ganglios prevertebrales o viscerales**. (Figura 8)

Las fibras postganglionares simpáticas alcanzan los órganos internos formando **plexos vegetativos o viscerales**, a lo largo de los vasos sanguíneos arteriales. En algunos de estos plexos, incluso formando parte de su estructura, nos encontramos con acúmulos de células ganglionares que constituyen formaciones que también reciben el nombre de **ganglios**. Los plexos constituyen el punto de unión entre S y PS, aunque se producen conexiones entre ambos a diferentes niveles.

En la base del cráneo, la porción S continúa cefálicamente como una red de fibras S alrededor de la arteria carótida interna y sus ramas, formando el **plexo carotídeo**, haciendo conexiones con los pares craneales (plexo carotídeo interno, nervio caroticotimpánico, nervio petroso profundo).

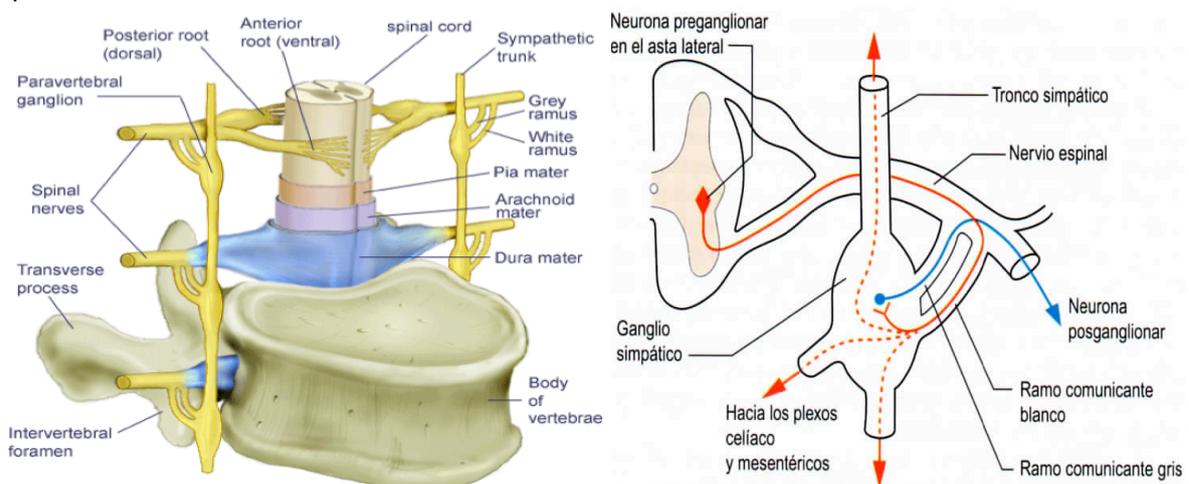


Figura 8. Relación entre nervio espinal y ganglio paravertebral (nivel torácico).

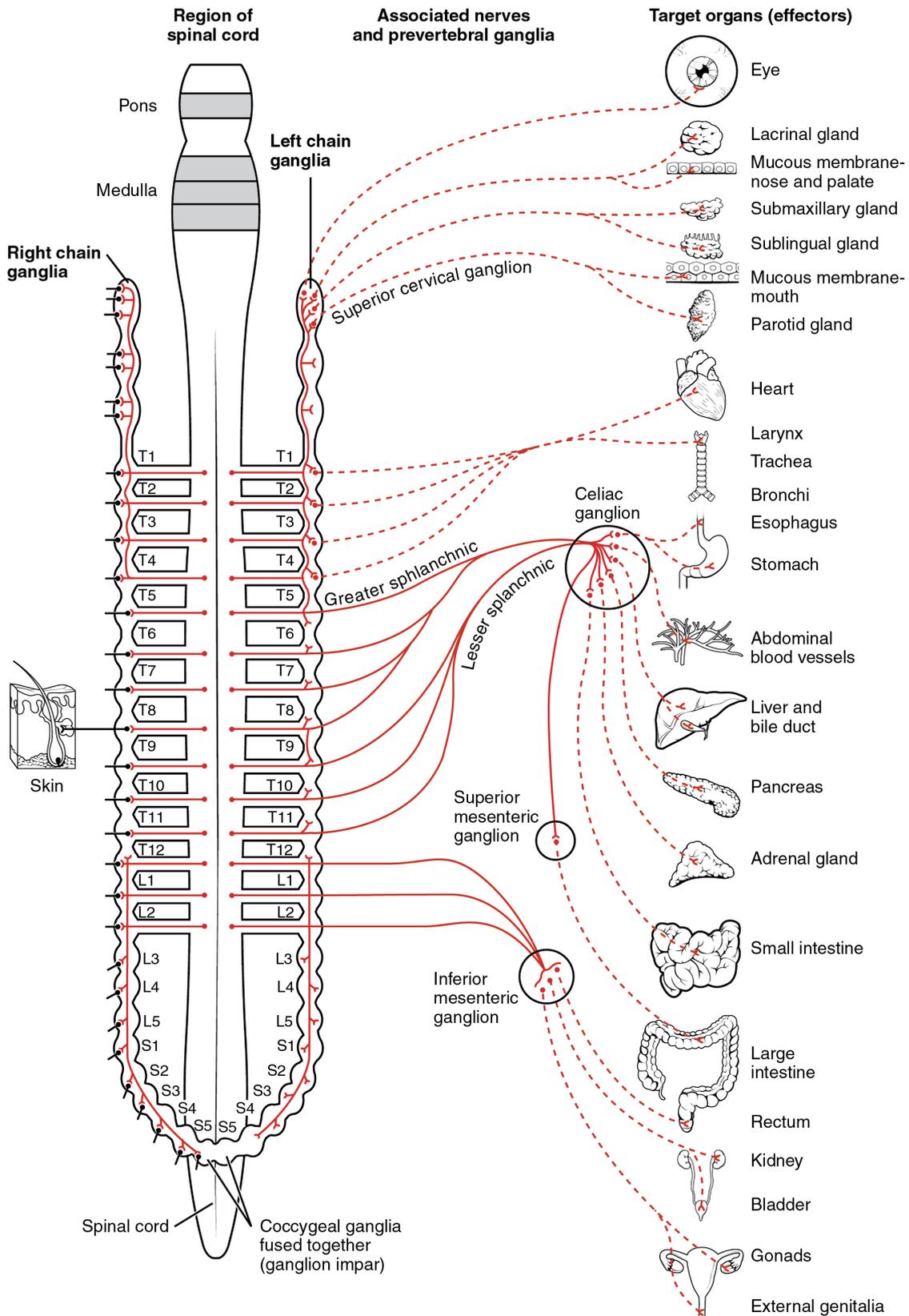


Figura 7. Conexiones Simpáticas del SNV.

## GANGLIOS DEL TRONCO SIMPÁTICO

### REGIÓN CERVICAL

Las fibras preganglionares de los primeros 4 o 5 segmentos torácicos (T1-T5), ascienden a nivel cervical y dan origen a 3 ganglios pares especiales:

1. El **GANGLIO CERVICAL SUPERIOR** (Fig. 9)(10) es el ganglio más superior del tronco S, está situado próximo a la base del cráneo, a la altura de los cuerpos vertebrales de C2 y C3. Los ramos del ganglio cervical superior son los siguientes:

- ⊗ **Nervio Yugular** (11): ramo para el ganglio inferior del N. glossofaríngeo y para el ganglio superior del N. vago. Forma el plexo carotídeo común.
- ⊗ **Nervio Pineal**, rama para la glándula pineal.
- ⊗ **Nervio Carotídeo Interno** (12), está formado por fibras postganglionares que constituyen el plexo carotídeo interno en el conducto carotídeo, desde dónde parten fibras para la cabeza.
- ⊗ **Nervios Carotídeos Externos** (14), forman plexo alrededor de las arterias carótida común y carótida externa.
- ⊗ **Ramos Laringofaríngeos** (Fig. 10)(15), fibras S postganglionares para el plexo faríngeo.
- ⊗ **Nervio Cardíaco Cervical Superior** (Fig. 10)(16), fibras para el plexo cardíaco sobre el arco de la aorta.

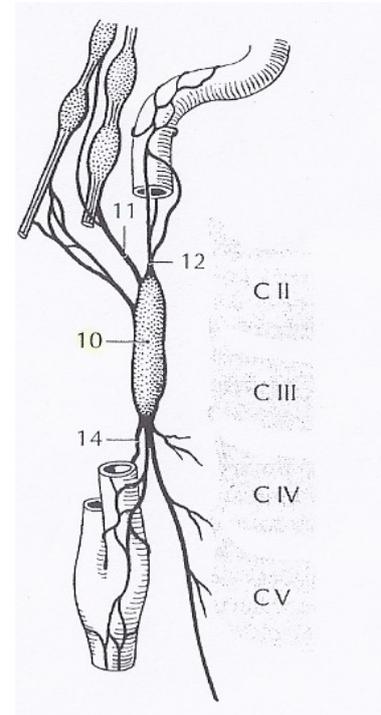


Figura 9.  
Ganglio Cervical Superior.

2. El **GANGLIO CERVICAL MEDIO** (Fig. 10)(17) con sus ramos:

- ⊗ **Nervio Cardíaco Cervical Medio** (19), rama para la porción profunda del plexo cardíaco.
- ⊗ **Asa Subclavia de Vieussens** (22).

3. El **GANGLIO CERVICAL INFERIOR**, en la mayoría de los casos no es independiente sino que se une con el 1º ganglio torácico (25) y a veces también con el 2º (25), dando lugar al **Ganglio Cervicotorácico o Estrellado** (21).

- ⊗ **Nervio Cardíaco Cervical Inferior** (23), rama para la porción profunda del plexo cardíaco.
- ⊗ **Nervio Vertebral** (24), forma el plexo vertebral, situado por detrás de la A. vertebral.

Estos ganglios dan origen a la inervación simpática de la cara, cuello, extremidades superiores, corazón y pulmones. Las fibras aferentes del dolor viajan con estos nervios, por este motivo la isquemia miocárdica puede ocasionar dolor en el cuello y la extremidad superior.

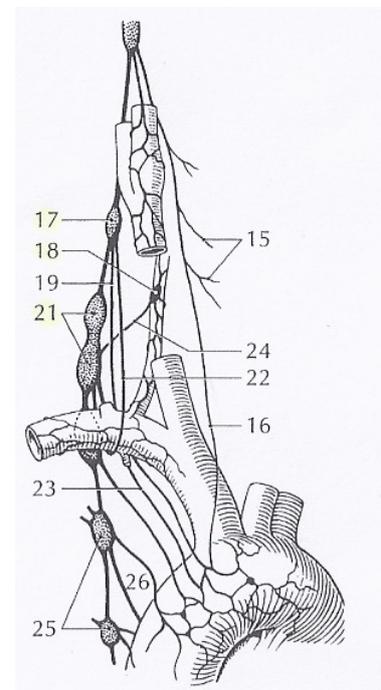


Figura 10.  
Ganglios Cervicales Medio e Inferior con sus ramos.  
Ramos cardíacos torácicos (26)

## REGIÓN TORÁCICA

De los 12 **Ganglios Torácicos** (Fig. 11)(25) parten ramas para la inervación de las vísceras torácicas y abdominales:

- ⊗ **Ramos Cardíacos Torácicos**, fibras postganglionares desde los ganglios torácicos 2° a 4° (o 5°) hasta el plexo cardiaco con componentes eferentes y aferentes (dolorosas).
- ⊗ **Ramos Pulmonares**, fibras eferentes desde los ganglios torácicos 2° a 4° hacia parte posterior del plexo pulmonar en el hilio pulmonar.
- ⊗ **Ramos Esofágicos**, fibras eferentes de los ganglios torácicos 2° a 5°.
- ⊗ **Nervio Esplácnico Mayor** (29), desde ganglios torácicos 5° a 9° (o 10°) hacia los ganglios celiacos. Recoge las sensaciones dolorosas de los órganos de la porción superior del abdomen. El ganglio torácico esplácnico es un ganglio adicional situado a nivel de T9, incluido en el nervio esplácnico mayor.
- ⊗ **Nervio Esplácnico Menor** (31), procedente de los ganglios 9° (o 10°) a 11°(o 12°) del tronco simpático, pasa a través del diafragma hacia el área lumbar para ingresar en los ganglios celiacos.
- ⊗ **Nervio Esplácnico Inferior** (33), ramo variable del 12° ganglio torácico para el plexo renal.

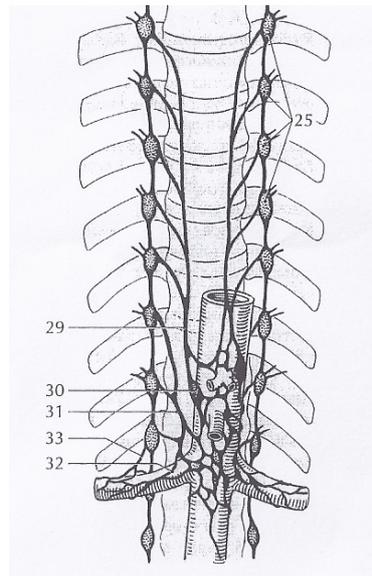


Figura 11.  
Nervios espláncnicos torácicos.

## REGIÓN LUMBAR

Los **Ganglios Lumbares** (Fig. 12)(1), son 4 y están situados en la columna vertebral lumbar, forman el **Tronco Simpático Lumbar**.

Los **Nervios Espláncnicos Lumbares** (2) son cuatro nervios que forman plexo sobre L5.

## REGIÓN SACRA

Los **Ganglios Sacros** (3) son 4 pequeños ganglios dirigidos caudalmente, mediales a los agujeros sacros.

Los **Nervios Espláncnicos Sacros** (4), son 2 o 3 finos nervios procedentes de los ganglios sacros 2° a 4°.

## REGIÓN COCCÍGEA

El **Ganglio Coccígeo o Impar** (5) es el último ganglio del tronco simpático situado por delante del cóccix.

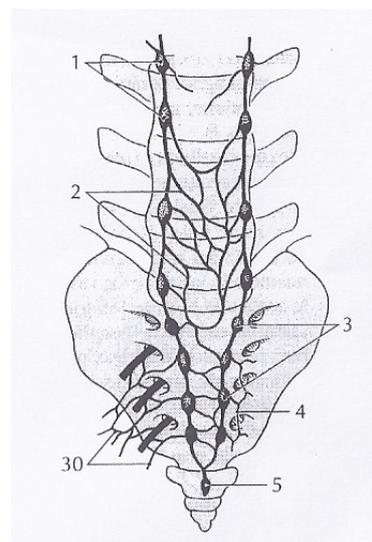


Figura 12.  
Tronco Simpático Lumbosacro.  
Nervios espláncnicos pélvicos (30)

## GANGLIOS PREVERTEBRALES

Los ganglios prevertebrales son ganglios vegetativos o viscerales, formados por acumulaciones de células ganglionares interpuestas entre la cadena simpática paravertebral (tronco simpático) y los plexos vegetativos o viscerales. En ellos es donde hacen contacto sináptico las fibras S preganglionares mielínicas que constituyen los nervios espláncnicos, para la innervación de las vísceras abdominales y pélvicas. Estos ganglios están entremezclados con los plexos nerviosos vegetativos que acompañan a los vasos arteriales abdominales, unidos a ellos e incluso formando parte de ellos. Entre ellos destacamos:

- ⊙ **Ganglios Celíacos** (Fig. 13)(26)  
Comunicados con el plexo celíaco (20), se sitúan a la derecha e izquierda de la aorta, a nivel del tronco celíaco. Recibe las fibras de los nervios espláncnicos mayor y menor.
- ⊙ **Ganglio Mesentérico Superior** (29)  
Situado a las derecha e izquierda de la aorta, a nivel de la arteria mesentérica superior y de sus ramas. Suele estar fusionado con los ganglios vecinos.
- ⊙ **Ganglio Mesentérico Inferior**  
Situado en el plexo mesentérico inferior.

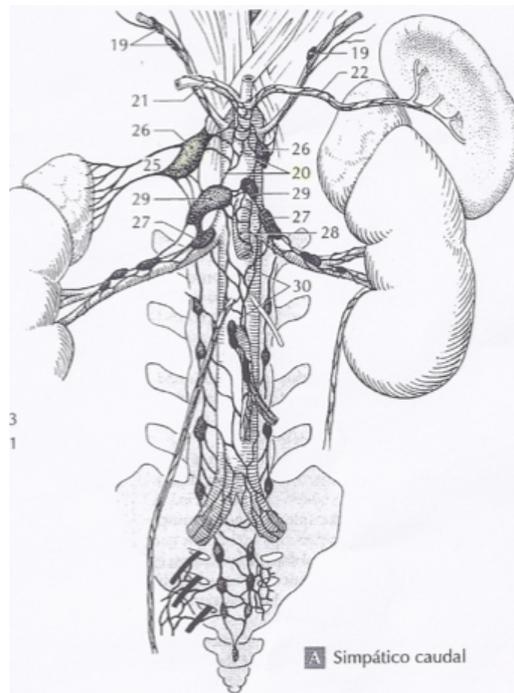


Figura 13.  
Ganglios prevertebrales y Plexos viscerales.  
Plexo mesentérico Superior (28)

## 5. PORCIÓN PARASIMPÁTICA DEL SNV

Se distinguen a su vez dos partes: el PS craneal y el PS sacro.

### PORCIÓN CRANEAL

Los cuerpos de las neuronas preganglionares se encuentran en los **núcleos de los PC oculomotor (III), facial (VII), glosofaríngeo (IX) y vago (X)**, situados en el tronco del encéfalo; y sus axones (fibras preganglionares PS) cursan con los citados nervios craneales.

Las fibras preganglionares PS de la porción craneal hacen sinapsis con las neuronas postganglionares en los ganglios PS cefálicos y las fibras postganglionares (cortas) alcanzan las estructuras craneales a las que inervan.

Las fibras que acompañan al X par craneal alcanzan la neurona postganglionar situada en las cavidades torácica o abdominal, cerca de los órganos efectores; en éstos o en su vecindad se encuentran los ganglios PS.

Se diferencian de 4 a 5 ganglios PS cefálicos (viscerales), situados en la cabeza:

- ⊙ ganglio ciliar
- ⊙ ganglio pterigopalatino
- ⊙ ganglio submandibular
- ⊙ ganglio sublingual
- ⊙ ganglio ótico

A estos ganglios PS llegan y salen fibras de diferentes procedencias: fibras preganglionares PS procedentes de los PC (**raíz PS**); fibras posganglionares PS para glándulas y músculos; fibras postganglionares S que vienen acompañado a algún vaso arterial (**raíz S**) y fibras sensitivas (aférentes) procedentes de ojos, nariz, lengua,...

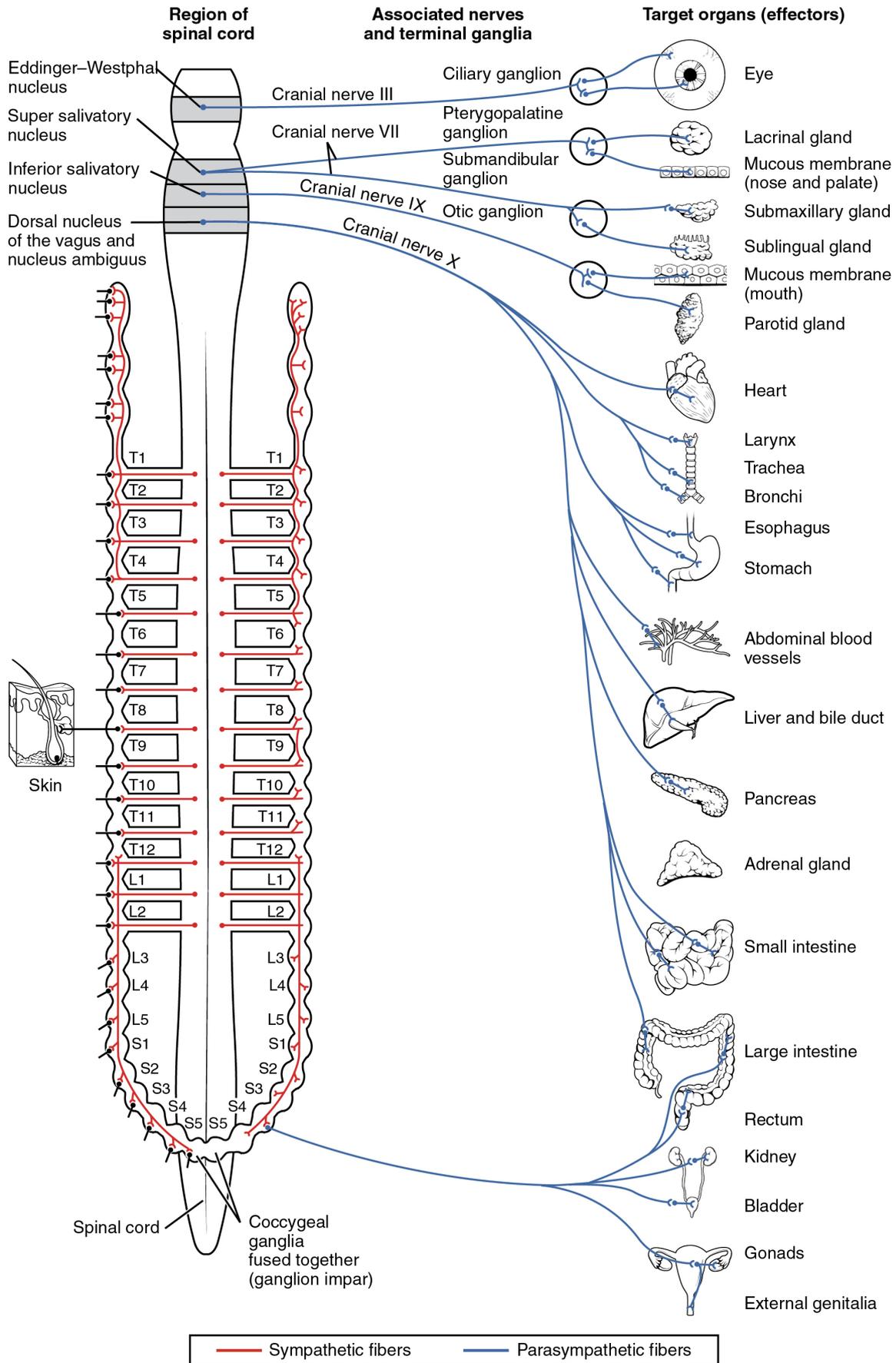


Figura 14. Conexiones Parasimpáticas del SNV

1. El **Ganglio Ciliar** (Fig. 15 y 16) (9) contiene:

- ⊗ fibras **PS** preganglionares procedentes del III PC: Ramo del N. Oculomotor (10) para el G. ciliar
- ⊗ fibras **PS** postganglionares para los músculos intrínsecos del ojo (miosis y acomodación)
- ⊗ fibras **S** postganglionares del plexo carotídeo: raíz **S** del G. ciliar
- ⊗ fibras sensitivas procedentes del ojo: raíz nasociliar (12) o sensitiva o ramo comunicante del N. nasociliar al G. ciliar
- ⊗ Nervios ciliares cortos (13)

2. El **Ganglio Pterigopalatino** o **Esfenopalatino** (14) contiene:

- ⊗ fibras **PS** preganglionares procedentes del VII PC: Raíz **PS**, raíz intermedia o N. petroso superficial mayor (16) (porción del N. intermedio)
- ⊗ fibras **PS** postganglionares para las glándulas lagrimales, nasales y palatinas
- ⊗ fibras **S** postganglionares del plexo carotídeo interno (11): Raíz **S** del G. pterigopalatino o N. petroso profundo (17)
- ⊗ fibras sensitivas del N. maxilar: Raíz sensitiva del G. Pterigopalatino (18); ramos ganglionares del N. maxilar

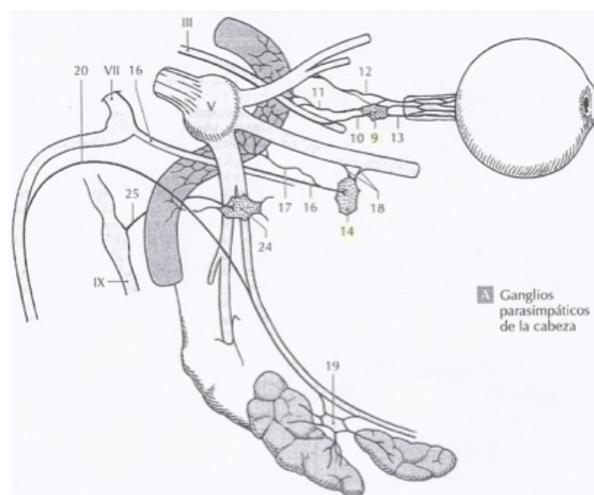
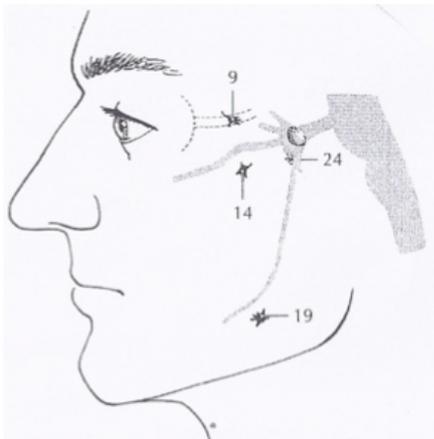
3. El **Ganglio Submandibular** (19) contiene:

- ⊗ fibras **PS** preganglionares del N. intermedio, procedente del VII PC (*Cuerda del tímpano* (20))
- ⊗ Fibras **PS** postganglionares para glándulas submandibular y sublingual
- ⊗ Fibras **S** postganglionares procedentes del plexo vascular de la A. facial
- ⊗ Fibras sensitivas del N. lingual: ramos ganglionares del N. mandibular

4. **Ganglio Sublingual** (inconstante).

5. El **Ganglio Ótico** (24) contiene:

- ⊗ Fibras **PS** preganglionares del N. timpánico, rama del N. glossofaríngeo (IX)
- ⊗ Fibras **PS** postganglionares para la glándula parótida
- ⊗ Fibras **S** postganglionares sobre el plexo vascular de la arteria meníngea media: raíz **S** del ganglio ótico
- ⊗ Fibras sensitivas del N. lingual: ramos ganglionares del N. mandibular



Figuras 15 y 16. Ganglios parasimpáticos craneales. Nervio petroso menor (25)

## PORCIÓN SACRA

Las neuronas preganglionares se localizan en los **núcleos PS sacros** en la **columna intermedia de la ME sacra de S2-S3 a S4** (variaciones según bibliografía consultada).

Las fibras **PS** preganglionares sacras salen de la ME por la raíz anterior del nervio espinal, lo abandonan por el ramo comunicante blanco y transcurren hacia los plexos viscerales de la pelvis menor en forma de **nervios espláncnicos pélvicos**, que se distribuyen por el resto de vísceras que no están inervadas por el vago: colon descendente, recto, útero, vejiga y porción baja de los uréteres, así como los órganos responsables de la respuesta sexual.

Una parte de las fibras **PS** preganglionares se dirigen hacia los **ganglios pélvicos** (viscerales) dónde hacen sinapsis con las neuronas postganglionares, en la vecindad de los efectores. Las fibras **PS** postganglionares se distribuyen a lo largo de los **plexos vasculares** (**plexo hipogástrico inferior**) para llegar a los órganos efectores.

Otras fibras **PS** preganglionares hacen sinapsis con **neuronas ganglionares intramurales** de las vísceras (vejiga urinaria, colon descendente, colon sigmoide y recto).

## 6. PLEXOS VISCERALES O VEGETATIVOS

Son plexos nerviosos vegetativos entremezclados con ganglios, principalmente situados a lo largo de los grandes vasos arteriales. **Constituyen el punto de encuentro entre la porción simpática (S) y parasimpática (PS) del SNV.**

### PORCIÓN CRANEAL

Plexos viscerales de la Porción Craneal del **PS** descritos en el capítulo anterior: ciliar, pterigopalatino, submandibular, sublingual y ótico.

### PORCIÓN CRANEOCERVICAL

- ⊗ **Plexo carotídeo común**, plexo nervioso **S** a lo largo de la A. carótida común.
- ⊗ **Plexo carotídeo interno**, prolongación sobre A. carótida interna. Desde aquí parten fibras hacia ganglios de la cabeza.
- ⊗ **Plexo cavernoso**, acompaña a la A. carótida interna hasta el seno cavernoso.
- ⊗ **Plexo carotídeo externo**, sigue a la A. carótida externa desde al plexo carotídeo común.
- ⊗ **Plexo subclavio**, sus fibras abandonan el tronco simpático cerca del ganglio cervical inferior y se extienden a lo largo de la A. subclavia.
- ⊗ **Plexo autónomo braquial**, a lo largo de la A. Braquial.
- ⊗ **Plexo vertebral**, pasa por encima del plexo carotídeo junto con fibras del ganglio vertebral a la entrada del conducto óseo.

### PORCIÓN TORÁCICA

- ⊗ **Plexo aórtico torácico** (Fig. 17) (11), alrededor de la aorta, con fibras procedentes de los cinco primeros ganglios torácicos y del N. esplácnico mayor. Contiene fibras aferentes del N. vago.
- ⊗ **Plexo cardiaco** (12), formado por fibras del tronco simpático y del N. vago. Situado en la base del corazón, sobre todo alrededor del arco de la aorta y de la raíz del tronco pulmonar; se extiende también a lo largo de los vasos coronarios y entre la aorta y la bifurcación craneal. A la derecha del ligamento arterioso hay pequeños acúmulos macroscópicos de células ganglionares que forman los ganglios cardiacos (13).
- ⊗ **Plexo esofágico**, fibras vegetativas alrededor del esófago.
- ⊗ **Plexo pulmonar** (15), plexo formado por fibras del tronco simpático y del N. vago, situado por delante y por detrás del hilio pulmonar. Se une con el plexo pulmonar del lado opuesto y con el plexo cardiaco.

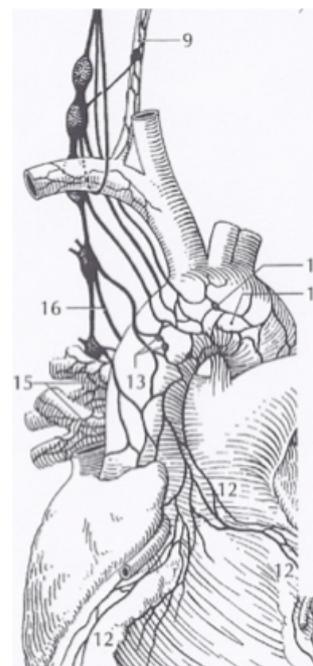


Figura 17. Plexos de la porción torácica.  
Ramos pulmonares (16)

### PORCIÓN ABDOMINAL

- ⊗ **Plexo aórtico abdominal** (Fig. 18), plexo situado por delante y a ambos lados de la aorta. Se extiende desde el plexo celiaco hasta la bifurcación aórtica, contiene fibras de los ganglios lumbares superiores de ambos lados y se extiende caudalmente hasta plexo hipogástrico superior.
- ⊗ **Ganglios frénicos** (19), son acúmulos de células ganglionares situados en el plexo nervioso que acompaña a la A. frénica inferior.

- ⊙ **Plexo celíaco** (20), plexo nervioso alrededor del tronco celíaco que se comunica con los ganglios vecinos. Recibe ramos procedentes de los dos nervios espláncnicos mayores y del N. vago. Comunicados con el plexo celíaco se encuentran acúmulos de células ganglionares que forman los ganglios celíacos (26).
- ⊙ **Plexo hepático** (21), prolongación del plexo celíaco, con fibras procedentes de los nervios vago y frénico, situado junto al hígado.
- ⊙ **Plexo esplénico** (22), ramificación del plexo celíaco que transcurre sobre la A. esplénica hasta el bazo.
- ⊙ **Plexo gástrico**, para el estómago. Las porciones anterior y posterior están formadas por el N. vago y la porción izquierda está formada por una prolongación del plexo celíaco a lo largo de A. gástrica izquierda.
- ⊙ **Plexo pancreático**, prolongación del plexo celíaco que sigue a los vasos pancreáticos.
- ⊙ **Plexo suprarrenal** (25), prolongación del plexo celíaco a lo largo de vasos suprarrenales. Contiene, entre otras, fibras preganglionares para de médula suprarrenal.
- ⊙ **Ganglios aorticorrenales** (27), situados en la salida de la A. renal. Reciben el N. espláncnico menor y pueden estar fusionados con los ganglios celíacos.
- ⊙ **Plexo mesentérico superior** (28), acompaña a la A. mesentérica superior y sus ramas. Contiene fibras S procedentes del plexo celíaco y fibras PS procedentes del N. vago.
- ⊙ En la proximidad, encontramos el **ganglio mesentérico superior**, situado a la derecha e izquierda de la aorta, a nivel de la A. mesentérica superior y de sus ramas, fusionado frecuentemente con ganglios vecinos.
- ⊙ **Plexos intermesentéricos** (30), entre los plexos mesentéricos superior e inferior.

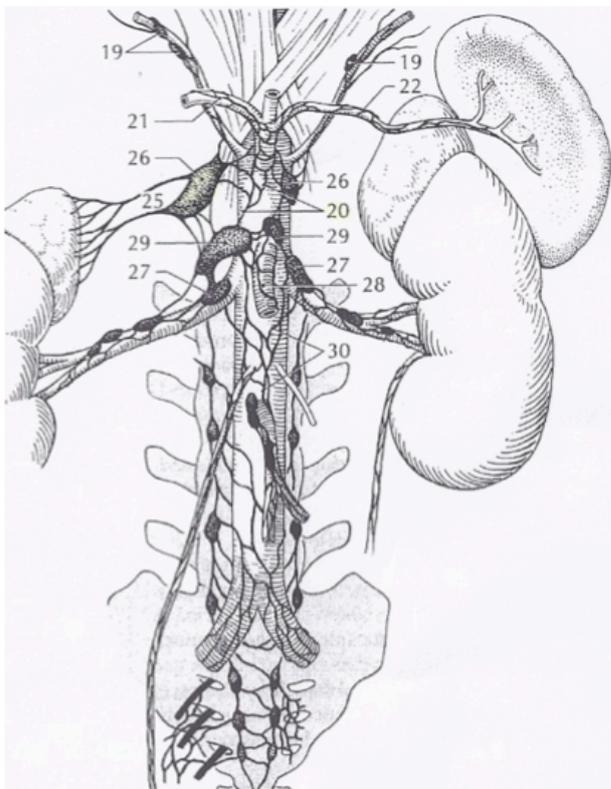


Figura 18.  
Plexos y ganglios de la porción aorto-abdominal.

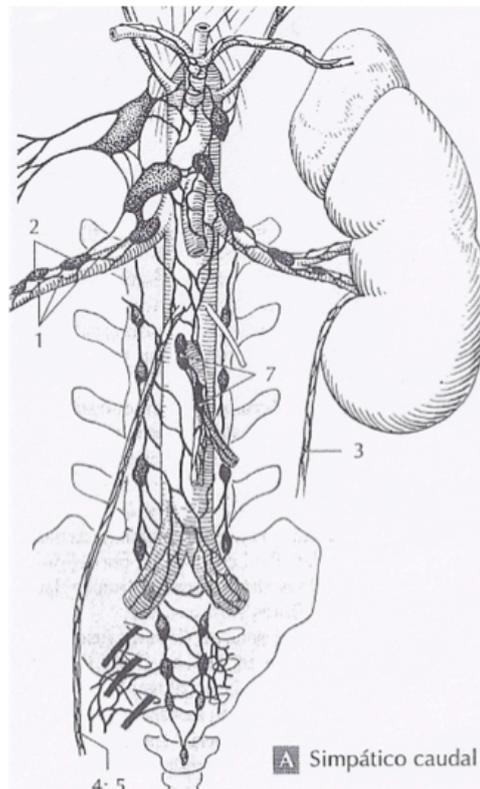


Figura 19.  
Plexos y ganglios abdominales inferiores.

- ⊙ **Plexo mesentérico inferior** (Fig. 21)(6), es una prolongación del plexo aórtico abdominal y se extiende a lo largo de la A. mesentérica inferior y de sus ramas. Dentro del mismo se encuentra el ganglio mesentérico inferior (Fig. 19)(7).
- ⊙ **Plexo rectal superior** (Fig. 21)(8), procedente del plexo mesentérico inferior, contiene también fibras PS procedentes del plexo hipogástrico inferior.
- ⊙ **Plexo renal** (Fig. 19)(1), se extiende a lo largo de A. renal y contiene fibras del N. vago. Distribuidos por el plexo renal nos encontramos los ganglios renales (2).
- ⊙ **Plexo ureteral** (Fig. 19)(3), se extiende a lo largo del uréter, con fibras de los plexos renal y aórtico abdominal y de los ganglios aorticorrenales.

- ⊙ **Plexo testicular** (Fig. 19)(4), se extiende a lo largo de la A. testicular hacia el testículo. Contiene fibras procedentes de los plexos renal y aórtico abdominal.
- ⊙ **Plexo ovárico** (Fig. 19)(5), situado a lo largo de la A. ovárica, contiene fibras de los plexos renal y aórtico abdominal.
- ⊙ **Plexo entérico** (Fig. 20), se denominan así de forma genérica a los plexos nerviosos de la pared del tracto intestinal.
- ⊙ **Plexo subseroso** (10), es un fino plexo por debajo de la serosa.
- ⊙ **Plexo mientérico** (11) (o de Auerbach), rico en células ganglionares, situado entre la musculatura longitudinal y circular de intestino y participa en el control del peristaltismo.
- ⊙ **Plexo submucoso** (12) (o de Meissner), rico en células ganglionares, participa en el control de la muscular de la mucosa y las vellosidades.
- ⊙ **Plexo iliaco** (Fig. 21 y 22)(13), es una prolongación del plexo aórtico abdominal y se extiende a lo largo de arterias ilíacas comunes.
- ⊙ **Plexo femoral**, es una prolongación del plexo iliaco que acompaña a la A. femoral.



Figura 20. Plexo entérico.

### PORCIÓN PÉLVICA

- ⊙ **Plexo hipogástrico superior** (Fig. 21 y 22)(16) y **nervio presacro**, conexión en forma de plexo situado principalmente por delante de la 5ª vértebra lumbar. Une a los plexos aórtico abdominal e hipogástrico inferior con ramos procedentes de los ganglios S lumbares. Da un ramo derecho y otro izquierdo para las vísceras pelvianas (N. hipogástrico (17)) que lo comunican con el plexo hipogástrico inferior.
- ⊙ **Plexo pélvico o hipogástrico inferior** (18), está formado por fibras **S** y **PS** y se extiende por las caras derecha, izquierda y anterior del recto.
- ⊙ **Plexo rectal medio** (19), prolongación del plexo hipogástrico inferior hacia la pared del recto.
- ⊙ **Plexo rectal inferior** (20), se extiende a ambos lados del recto y se corresponde con las ramas de la A. iliaca interna. Da los nervios anales superiores (21).

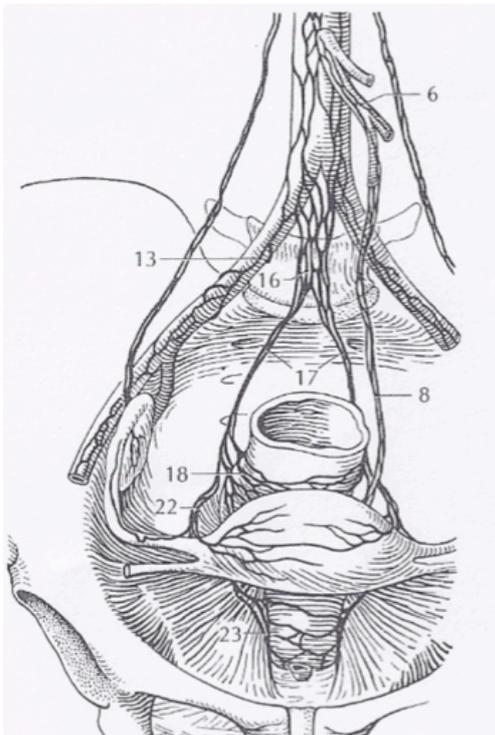


Figura 21. Plexos caudales de la porción abdominal.

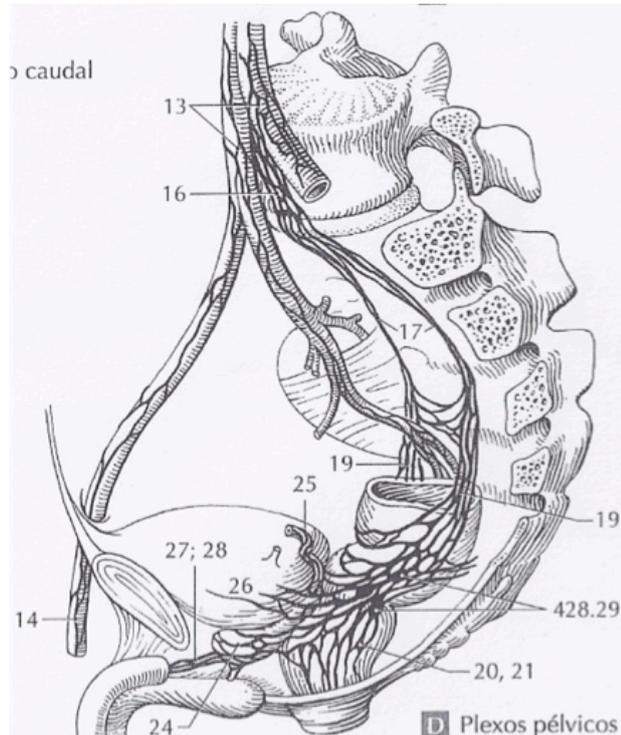


Figura 22. Plexos pélvicos.

- ⊙ **Plexo prostático** (24), ramos del plexo hipogástrico inferior para la superficie lateral de la próstata. Da los nervios de los cuerpos cavernosos del pene (27).
- ⊙ **Plexo uterovaginal** (22), muy rico en ganglios, situado en el parametrio. Proporciona ramos al útero, vagina, trompa uterina y ovario. Se une al plexo hipogástrico inferior en el pliegue rectouterino. Da los nervios de los cuerpos cavernosos del clítoris (28).
- ⊙ **Plexo vesical** (26), tiene numerosas fibras **PS**, está situado a ambos lados de vejiga urinaria y participa en el control del mecanismo de evacuación de la vejiga urinaria.
- ⊙ **Plexo diferencial** (25), formado por ramos del plexo vesical para la vesícula seminal y el conducto deferente.

## 7. SNV ENTÉRICO

A pesar de su relevancia, esta tercera rama del SNV se entiende y conoce muy poco. Según algunos autores, contiene más neuronas que la propia ME.

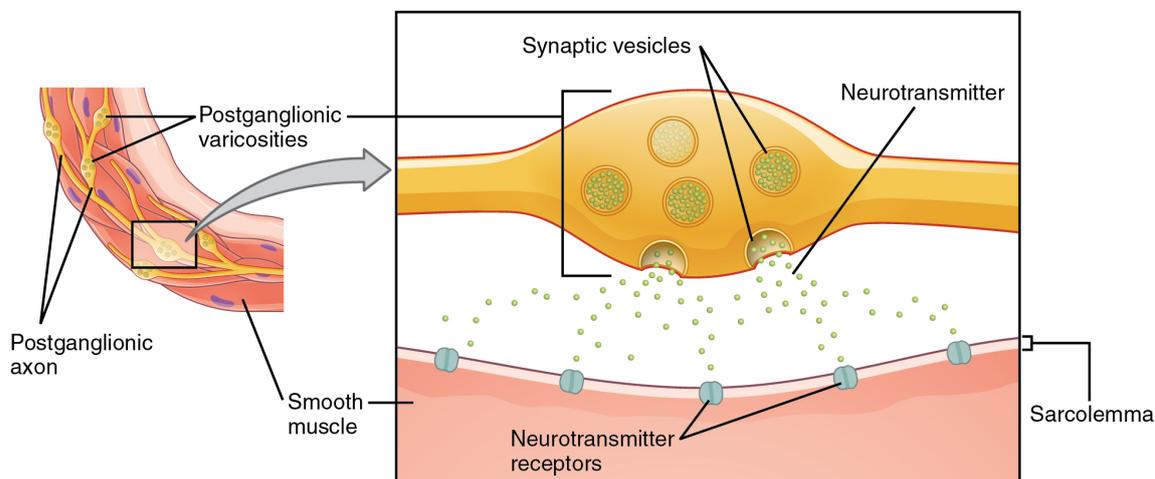
Una de sus principales características es su autonomía con respecto al SNC. Un ejemplo es que la digestión y la motilidad intestinal continúan después de una sección medular o de una anestesia raquídea.

Las neuronas entéricas pueden ser sensoriales (dilatación, química, etc), asociativas actuando como interneuronas, o motoras.

Su modo de organización es casi imposible de establecer, ya que además de su complejidad anatómica, contienen más de una docena de neurotransmisores.

## 8. NEUROTRANSMISORES (NT) DEL SNV

La transmisión del estímulo excitatorio, a través de la hendidura sináptica del SNV periférico, ocurre mediante la liberación de NT químicos. Como ya hemos mencionado anteriormente, las neuronas preganglionares de ambas ramas liberan acetilcolina (ACh), mientras que las postganglionares liberan ACh en el caso de las **PS** y noradrenalina (NA) en las **S**, a excepción de las glándulas salivales.



*La conexión entre las fibras vegetativas y los órganos efectores no es como la sinapsis típica, como en la función neuromuscular, en lugar de una terminación sináptica bulbar, el neurotransmisor es liberado desde unas protuberancias a lo largo de la longitud de una fibra, haciéndose una extensa red de conexiones en el órgano efector.*

## NORADRENALINA COMO NEUROTRANSMISOR

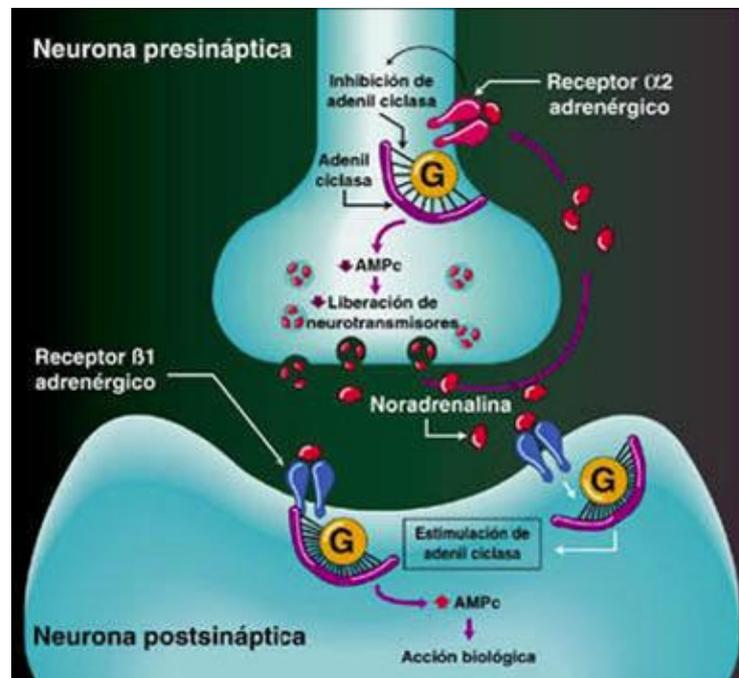
Los primeros pasos en la formación de NA tienen lugar en el citoplasma de las neuronas **S** postganglionares finalizando la síntesis en las vesículas sinápticas. Es probable que los enzimas que participan en la síntesis de NA sean producidas en las mismas neuronas **S** postganglionares.

La NA se almacena en las vesículas sinápticas, para liberarse como respuesta a un potencial de acción por exocitosis de las vesículas; en cada estímulo se libera un 1% de la NA almacenada aproximadamente. Los iones de calcio tienen un papel importante en este proceso. Las fibras adrenérgicas pueden mantener una liberación de NA durante períodos prolongados de tiempo; la taquifilaxia que producen los simpaticomiméticos de acción indirecta como la efedrina puede ser debida a la deplección de las reservas de neurotransmisor.

La acción finaliza por diferentes mecanismos:

- ⊗ **Recaptación por tejido neuronal:** Se estima que ocurre a un 80% de la NA y constituye una gran fuente de reutilización de NA. Este transporte se realiza contra gradiente a través de la bomba vacuolar de protones, y puede ser bloqueado por diversas sustancias como la cocaína y algunos antidepresivos.
- ⊗ **Recaptación por tejido no neuronal:** El NT que sale de la sinapsis.

**Metabolismo:** como sistema de finalizar la acción de la terminal sináptica, tiene poca importancia clínica. La pequeña cantidad de NA que escapa de ser recaptada, entra en la circulación y es metabolizada por la mono-aminooxidasa y/o por la Catecol-Orto-Metil-Transferasa principalmente en sangre, hígado y riñón. La adrenalina liberada por la médula suprarrenal se inactiva a través de los mismos enzimas siendo el metabolito final el ácido vanilmandélico.



### ACETILCOLINA COMO NEUROTRANSMISOR

La síntesis de ACh tiene lugar en las varicosidades citoplasmáticas de las terminaciones nerviosas **PS** pre y postganglionares. La combinación de colina con la Acetil-CoA, se realiza a través de la acetil-colina-transferasa. La colina entra a la terminación nerviosa a partir del espacio extracelular, mediante un transporte activo y la Acetil-CoA se sintetiza en las mitocondrias que se encuentran en las terminales nerviosas.

La AC se almacena en las vesículas sinápticas y se libera como respuesta a un potencial de acción. Aproximadamente unas 100 vesículas se unen con la membrana y expulsan su contenido al espacio sináptico de forma simultánea como respuesta al estímulo. La despolarización inicial permite la entrada de calcio iónico, que es esencial para la liberación de la AC.

La AC es un éster que hidroliza espontáneamente cuando se encuentra en soluciones alcalinas, produciéndose colina y acetato, que son metabolitos inactivos. Dicha inactivación se realiza en milisegundos. La colina es reutilizada siendo transportada de forma retrógrada por la terminación **PS** para la síntesis de nueva AC.

**NUEVOS CONCEPTOS DE TRANSMISIÓN**

Durante muchos años, la transmisión clásica, consideraba exclusivamente a la NA y la ACh como NT. A partir de los años 60, se detectaron diversos compuestos que actuaban como NT funcionales como: monoaminas, purinas, aminoácidos y polipéptidos.

Las combinaciones de NT encontradas en nervios perivasculares son:

- ⊗ en los nervios S: NA, ATP y neuropéptido Y.
- ⊗ en los nervios PS: AC y polipéptido intestinal vasoactivo.
- ⊗ en los nervios sensoriales: sustancia P y ATP.

Los conceptos de cotransmisión y neuromodulación están aceptados como sistemas de control del SNA. La **neuromodulación** tiene lugar a nivel presináptico aumentando o disminuyendo la cantidad de NT liberado, y a nivel postsináptico, modificando el tiempo o la extensión de la acción del NT.

**RECEPTORES DEL SNV**

Los NT consiguen un determinado efecto interactuando a nivel sináptico con los receptores del SNV, los cuales se dividen en Adrenérgicos y Colinérgicos y se pueden encontrar en la membrana presináptica y/o en la postsináptica.

En esta figura podemos ver las respuestas ocasionadas en los distintos órganos por la estimulación de los receptores.

Effector Organ	Adrenergic Response	Receptor Involved	Cholinergic Response	Dominant Response (A or C)
Heart				
Rate of contraction	Increase	$\beta_1$	Decrease	C
Force of contraction	Increase	$\beta_1$	Decrease	C
Blood vessels				
Arteries (most)	Vasoconstriction	$\alpha_1$		A
Skeletal muscle	Vasodilation	$\beta_2$		A
Veins	Vasoconstriction	$\alpha_2$		A
Bronchial tree	Bronchodilation	$\beta_2$	Bronchoconstriction	C
Splenic capsule	Contraction	$\alpha_1$		A
Uterus	Contraction	$\alpha_1$	Variable	A
Vas deferens	Contraction	$\alpha_1$		A
Prostatic capsule	Contraction	$\alpha_1$		A
Gastrointestinal tract	Relaxation	$\alpha_2$	Contraction	C
Eye				
Radial muscle, iris	Contraction (mydriasis)	$\alpha_1$		A
Circular muscle, iris			Contraction (miosis)	C
Ciliary muscle	Relaxation	$\beta$	Contraction (accommodation)	C
Kidney	Renin secretion	$\beta_1$		A
Urinary bladder				
Detrusor	Relaxation	$\beta$	Contraction	C
Trigone and sphincter	Contraction	$\alpha_1$	Relaxation	A, C
Ureter	Contraction	$\alpha_1$	Relaxation	A
Insulin release from pancreas	Decrease	$\alpha_2$		A
Fat cells	Lipolysis	$\beta_1$		A
Liver glycogenolysis	Increase	$\alpha_1$		A
Hair follicles, smooth muscle	Contraction (piloerection)	$\alpha_1$		A
Nasal secretion			Increase	C
Salivary glands	Increase secretion	$\alpha_1$	Increase secretion	C
Sweat glands	Increase secretion	$\alpha_1$	Increase secretion	C

## RECEPTORES ADRENÉRGICOS

### RECEPTORES $\alpha$ -ADRENÉRGICOS

Los **receptores  $\alpha$ 1-adrenérgicos** se encuentran en:

- ⊗ **músculo liso** (vasos, iris, uréter, pilomotor, útero, trigono vesical, agstrointestinal y esfínteres vesicales): efecto de constricción excepto a nivel gastrointestinal (efecto de relajación). En los vasos sanguíneos coexisten en venas y arterias pero predominan en el sistema arterial (así, un fármaco agonista  $\alpha$ 1 como la metoxamina, tiene un efecto predominante vasoconstrictor (VC) arterial).
- ⊗ **corazón** (nodos SA, AV y ventrículos): efecto crono e inotrópico (+).
- ⊗ **glándulas salivales**: aumento de la secreción.
- ⊗ **glándulas sudoríparas**: aumento de la secreción.
- ⊗ **túbulos proximales del riñón**: reabsorción de sodio.
- ⊗ **metabolismo**: aumento de la glicogenólisis, glucogénesis y gluconeogénesis.

Agonistas  $\alpha$ 1: NA, Adrenalina (A), Dopamina, Isoproterenol, Metoxamina.

Antagonistas  $\alpha$ 1: Fenoxibenzamina, Fentolamina, Alcaloides ergotamina, Prazozona, Labetalol.

Los **receptores  $\alpha$ 2-adrenérgicos** se encuentran tanto a nivel presináptico como postsináptico y están presentes en el SNV central y periférico. También están presentes en el **PS**, ejerciendo una acción moduladora potenciando los efectos parasimpáticos.

- ⊗ **receptores  $\alpha$ 2 postsinápticos periféricos**: se localizan en las terminaciones nerviosas adrenérgicas y su estimulación tiene un efecto VC arterial y venoso, tal como sucede con la estimulación de los  $\alpha$ 1 postsinápticos, sin embargo, su distribución es más importante a nivel venoso. También se encuentra en las plaquetas (agregación), tejido adiposo (inhibición de la lipólisis), páncreas (inhibición de la liberación de insulina) y riñón (inhibición de la liberación de renina).
- ⊗ **receptores  $\alpha$ 2 postsinápticos centrales**: su estimulación está relacionada con la liberación de la hormona de crecimiento e inhibición de la liberación de la hormona antidiurética.
- ⊗ **receptores  $\alpha$ 2 presinápticos**: se encuentran distribuidos a nivel del SNC (cerebral y medular) y a nivel periférico en las terminaciones adrenérgicas. Su estimulación provoca una inhibición de la NA en la hendidura sináptica, funcionando como un mecanismo de feed-back (-) del **S** con un aumento concomitante del **PS**. Así, la estimulación de estos receptores provoca bradicardia, vasodilatación (VD) y efecto inotrópico (-) con disminución del gasto cardíaco e hipotensión.  
Es probable que sea también responsable, a nivel central, de efectos como ansiolisis, sedación, analgesia e hipnosis.

Agonistas  $\alpha$ 2: Clonidina, NA, Adrenalina, Fenilefrina.

Antagonistas  $\alpha$ 2: Yoimbina, Fentolamina, Fenoxibenzamina, Labetalol.

### RECEPTORES $\beta$ -ADRENÉRGICOS

Los **receptores  $\beta$ 1-adrenérgicos** son fundamentalmente postsinápticos y se encuentran en:

- ⊗ **miocardio** (nodos SA y ventrículos): son estimulados por la A y por la NA, provocando un efecto crono e inotrópico (+), así como un aumento de la velocidad de conducción.
- ⊗ **tejido adiposo**: lipólisis.
- ⊗ **riñón** (predominan los  $\beta$ 1 sobre los  $\beta$ 2): aumento de liberación de renina.

Agonistas  $\beta$ 1: Isoproterenol, A, NA, Dopamina, Dobutamina.

Antagonistas  $\beta$ 1: Acebutolol, Practolol, Propanolol, Metoprolol, Alprenolol, Esmolol.

Los **receptores  $\beta$ 2 presinápticos** tienen un efecto opuesto a la estimulación de los  $\alpha$ 2 aumentando la liberación de NA endógena en la sinapsis, representando un mecanismo de feed-back (+) del **S**.

Los **receptores  $\beta$ 2 postsinápticos** se encuentran en:

- ⊗ **músculo liso** (vasos sanguíneos, piel, bronquios, útero, gastrointestinal, vejiga y páncreas): son más sensibles a la A que a la NA; provocan VD, broncodilatación, relajación uterina...
- ⊗ **páncreas endocrino**: estimulan la secreción de insulina.

- ⊙ **hígado:** estimulan la glicogenolisis y la gluconeogénesis.
- ⊙ **glándulas salivales:** aumentan la secreción de amilasa.
- ⊙ **riñón:** parece que aumenta el flujo sanguíneo renal por VD.

Agonistas  $\beta_2$ : Isoproterenol, A, NA, Dopamina, Dobutamina.

Antagonistas  $\beta_2$ : Propranolol, Alprenolol, Esmolol, Timolol, Nadolol, Labetalol.

### RECEPTORES DOPAMINÉRGICOS

Se localizan en el SNC, vasos sanguíneos y neuronas postganglionares del **S**.

Los **receptores DA1** son postsinápticos y se encuentran en:

- ⊙ **músculo liso** (vasos mesentéricos y renales, aunque también en sistemas arteriales coronario, cerebral y cutáneo): provoca VD con aumento del flujo sanguíneo.

Agonistas DA1: Dopamina, A, Metoclopramida.

Antagonistas DA1: Haloperidol, Droperidol, Fenotiazidas.

Los **receptores DA2** son pre y postsinápticos:

- ⊙ **DA2 presinápticos:** tienen un efecto similar a los  $\alpha_2$ , con inhibición de la liberación de NA y efecto VD. En el SNC tienen un papel fundamental, se encuentran en el hipotálamo relacionándose con la liberación de prolactina, en los ganglios de la base con la coordinación de la actividad motora y en el centro del vómito. Los antagonistas dopaminérgicos tienen una actividad antiemética potente.
- ⊙ **DA2 postsinápticos:** posiblemente tienen un efecto VC.

Agonistas DA2: Dopamina, Bromocriptina.

Antagonistas DA2: Domperidona, Haloperidol.

### RECEPTORES COLINÉRGICOS

Se conocen como muscarínicos y nicotínicos en función de si son estimulados por la muscarina o la nicotina.

- ⊙ **Receptores muscarínicos:** se localizan en las sinapsis de las neuronas postganglionares del PS. Su estimulación provoca bradicardia, inotropismo (-), broncoconstricción, miosis, salivación, hipermotilidad gastrointestinal y aumento de secreción gástrica. También se pueden encontrar a nivel presináptico de las terminaciones nerviosas del S (receptores muscarínicos adrenérgicos) y su estimulación disminuye la liberación de la NA de forma similar al efecto  $\alpha_2$ .

Agonistas muscarínicos directos: Ésteres de colina: ACh, Metacolina, Betanecol, Carbamilcolina; Alcaloides: Muscarina, Pilocarpina, Arecolina.

Agonistas muscarínicos indirectos: Anticolinesterásicos: Fisostigmina, Neostigmina, Piridostigmina, Edrofonio, Ecotiopato.

Antagonistas muscarínicos: Atropina, Escopolamina, Glicopirrolato.

- ⊙ **Receptores nicotínicos:** se encuentran en las sinapsis entre las neuronas pre y postganglionares tanto **S** como **PS**. Su estimulación excitan las fibras postganglionares de ambos sistemas. Los receptores nicotínicos de la unión neuromuscular son de un tipo diferente.

## 9. INERVACIÓN AUTONÓMICA

### EL CORAZÓN

El corazón está inervado tanto por el S como por el PS, y regulan su ritmo (cronotropismo) y su contractilidad (inotropismo).

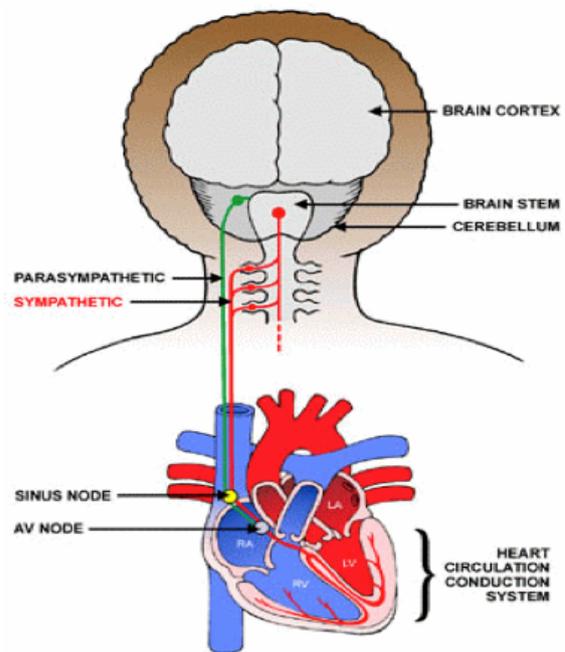
Las fibras vagales cardíacas (PS) se aproximan al ganglio estrellado para unirse a las fibras S que salen de él para inervar el corazón, formando un nervio mixto.

Las fibras PS se distribuyen principalmente en los nodos SA y AV, y en menor grado en las aurículas, teniendo prácticamente una nula distribución en los ventrículos. Su efecto mayoritario es cronotrópico, disminuyendo la frecuencia cardíaca por disminución de la descarga del nodo SA y disminución de la excitabilidad de las fibras AV con retraso de la conducción. Un estímulo vagal muy intenso puede parar por completo el nodo SA y bloquear la conducción AV. El efecto sobre la contractilidad es mínimo.

Las fibras S se distribuyen como las del PS en el nodo SA y AV, pero tienen una distribución ventricular mucho más importante. Parten de ambos ganglios estrellados.

El ganglio estrellado derecho inerva sobretodo el epicardio anterior y el septo interventricular y su estimulación provoca un aumento de la frecuencia cardíaca. El ganglio estrellado izquierdo inerva las caras lateral y posterior de los ventrículos y su estimulación ocasiona un aumento de la tensión arteria media y de la contractilidad del ventrículo izquierdo sin causar un cambio sustancial en la frecuencia cardíaca.

El tono S normal mantiene la contractilidad cerca de un 20% por encima de la que existe en ausencia de estimulación simpática.



### Flujo sanguíneo coronario

Está regulado principalmente por factores locales relacionados con los requerimientos metabólicos del miocardio, sin embargo el S influye en la regulación de la resistencia de los pequeños vasos coronarios y vasos de conductancia más grandes.

### LA CIRCULACIÓN PERIFÉRICA

El S es el sistema de regulación más importante en la circulación periférica, mientras que el PS tiene un efecto mínimo sobre ella.

El tono vasomotor se mantiene por la acción constante del S a partir del centro vasomotor del tronco encefálico. La Adrenalina de la suprarrenal tiene un efecto aditivo. Este tono mantiene a las arteriolas y a las vénulas en un estado de constricción parcial, con un diámetro intermedio, con la posibilidad de VC adicional o de VD; si el tono basal no existiera, el S sólo podría ejercer un efecto VC y las arteriolas no tendrían la posibilidad de VD.

Los cambios en la constricción arterial se manifiestan como cambios de resistencia al flujo sanguíneo, en cambio, el sistema venoso es de capacitancia y no de resistencia, por lo que el tono venoso produce una resistencia al flujo mucho menor que en el sistema arterial y los efectos de la estimulación S aumenta su capacidad más que su resistencia. Como el sistema venoso funciona como un **reservorio de aproximadamente el 80% del volumen sanguíneo**, pequeños cambios en la capacitancia venosa producen grandes cambios en el retorno venoso y por tanto en la carga cardíaca.

LOS PULMONES

Están inervados por ambos sistemas, las fibras S tienen origen en el ganglio estrellado y las PS provienen del nervio vago. Ambas inervan el músculo liso bronquial y los vasos sanguíneos pulmonares.

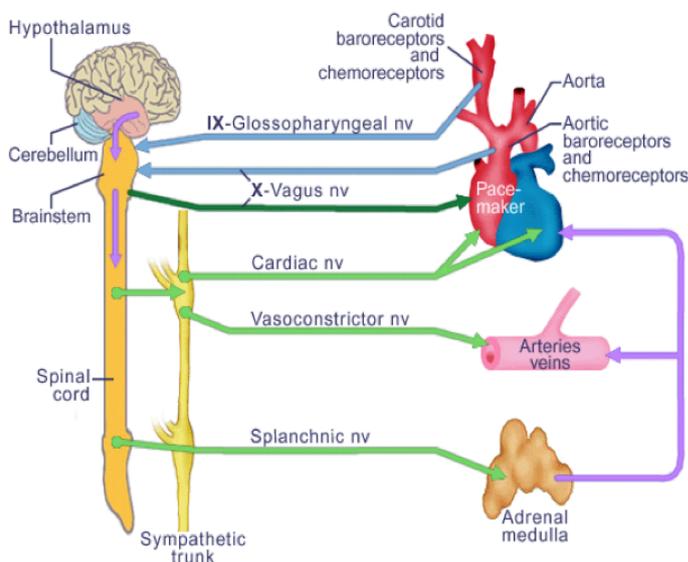
La estimulación S provoca broncodilatación y VC pulmonar.

La estimulación vagal provoca broncoconstricción pero casi ningún efecto VD pulmonar. Ocasiona también una aumento de las secreciones de las glándulas bronquiales.

10. REFLEJOS DEL SNV

Los reflejos del sistema cardiovascular están mediados por el SNV y tienen un papel fundamental en el control de la tensión arterial.

Los barorreceptores (BR) (sensibles a la presión) y los quimiorreceptores (QR) (sensibles a la presión parcial de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y al pH) están localizados en el arco aórtico y en os cuerpos carotídeos (bifurcación carotídea). Los BR reaccionan a cambios de la presión arterial (PA) y sus impulsos son transportados al centro vasomotor del tronco encefálico por los nervios glossofaríngeo y vago.



Así, un aumento de la PA se traduce en un aumento de los impulsos que llegan al centro y eso ocasiona una inhibición de la frecuencia cardíaca y de la PA. Si la PA disminuye, la frecuencia de los potenciales generados por los BR disminuye, resultando una disminución de los impulsos que llegan al centro vasomotor, ocasionando una estimulación S, con un efecto crono e inotrope (+). La estimulación S también causa una estimulación de la médula suprarrenal con liberación de A y NA a la circulación sistémica, provocando un aumento adicional de la frecuencia cardíaca y de la contractilidad miocárdica.

Los BR venosos se localizan en la aurícula derecha y grandes venas y

tiene un papel importante en la regulación del gasto cardíaco en cada momento. El estiramiento de estos receptores por aumento de la presión de la aurícula derecha lleva a un aumento de la frecuencia cardíaca y la disminución de esta presión se traduce en una disminución de la frecuencia cardíaca (reflejo de Brainbridge).

Así vemos como los barorreflejos arteriales y venosos tienen respuestas opuestas al mismo estímulo (estiramiento), lo que se puede explicar porque los BR venosos sensan la precarga y los arteriales la poscarga, que tienen efectos opuestos en el gasto cardíaco.

BIBLIOGRAFIA

- ☉ [1] Lazhortes, Guy. Sistema Nervioso Periférico. Ed. Toray-Masson. Barcelona; 1ª Edición 1976, pag. 311-382.
- ☉ [2] Gray's Anatomy. The anatomical basis of clinical practice. Ed. S. Stading. 14ª Edición 2008, pág. 233, 460-461.
- ☉ [3] Dauber, Wolfgang. Nomenclatura anatómica ilustrada. Ed. Masson. 5ª Edición 2006, pág. 426-433.
- ☉ [4] Benninghoff y Drenckhahn. Compendio de anatomía. Ed .Panamericana. Pág. 380-385.
- ☉ The Autonomic Nervous System. Clinical Anesthesia. Barash. Chapter 12.
- ☉ Berne, RM and Levy, MN. Physiology, 4th ed. Mosby
- ☉ The Autonomic Nervous System. Miller. Jonhatan Moss Cheryl. L Renz. Chapter 14.
- ☉ Anatomy & Physiology. OpenStax College. cnx.org

