



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Estudio morfológico de las cadenas ganglionares cervicales y ganglios celiacos simpáticos y su relación con la terapia neural**

**Leonardo Romero Arnedo**

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina  
Maestría en Medicina Alternativa  
Área Terapia Neural  
Bogotá, D.C.  
2012**



# **Estudio morfológico de las cadenas ganglionares cervicales y ganglios celiacos simpáticos y su relación con la terapia neural**

**Leonardo Romero Arnedo  
Código: 05598628**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:  
Magíster en Medicina Alternativa**

**Directora  
Dra. Laura Pinilla**

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina  
Maestría en Medicina Alternativa  
Área Terapia Neural  
Bogotá, D.C.  
2012**



## Resumen

La terapia neural es un sistema médico complejo, el cual presenta una estructura teórica coherente constituida por una morfología, una fisiología, un corpus doctrinario, un sistema diagnóstico y un sistema terapéutico, La terapia neural, por su origen relativamente reciente, se encuentra aún en fortalecimiento de su plataforma teórica y conceptual. De tal manera, que en este trabajo se pretende indagar sobre todas las posibles interconexiones anatómicas de los ganglios simpáticos cervicales y celiacos que puedan enriquecer las fundamentaciones explicativas de muchos de los fenómenos encontrados en la práctica diaria de la terapia neural.

Los ganglios simpáticos cervicales y celiacos presentan interconexiones importantes con nervios parasimpáticos, plexos nerviosos, glándulas, vasos sanguíneos y órganos de la región craneal ,cervical , torácica y abdominal, estas conexiones nerviosas sustentan teóricamente los efectos segmentarios o a distancia que se puede manifestar al aplicar procaina en uno de estos ganglios, además estos estímulos aplicados en un punto del sistema nervioso se pueden extender a través de reflejos axonales, ganglionares y neuroaxiales, los cuales pueden modificar el trofismo y función de los tejidos locales y a distancia del sitio de aplicación. Uno de los reflejos de más interés en la terapia neural son los reflejos visceros cutáneos y los somáticos viscerales, en los cuales demuestran que al aplicar un estímulo o lesión visceral puede tener un efecto a distancia a nivel cutáneo o somático, este reflejo se sustenta anatómicamente por la asociación de la información sensitiva visceral y somática a nivel medular en la lamina V de Rexed del asta posterior.

**Palabras claves:** terapia neural, ganglio cervical superior, ganglio estrellado , ganglio celiaco , reflejo vicero- cutaneo

## Abstract

Neural therapy is a complex medical system, which presents a coherent theoretical structure consisting of a morphology, Physiology, a doctrinal corpus, a diagnostic and a therapeutic system, neural therapy, due to its relatively recent origin, is still in its theoretical and conceptual platform strengthening. In such a way that in this work is intended to investigate all potential interconnections anatomical cervical sympathetic ganglia and celiac which might enrich the explanatory foundations of many of the phenomena encountered in daily practice of neural therapy.

Celiac and cervical sympathetic ganglia are important interconnections with parasympathetic nerves, nerve plexus, glands, blood vessels and organs in the head, neck, chest and abdominal region, these nerve connections support theoretically segmental or effects at a distance which can manifest when applying procaine in one of these nodes, in addition these stimuli applied at a point in the nervous system can be extended through axonal reflexes ganglion, and neuroaxiales, which can modify trophism and function of local tissues and a distance from the site of application. One of the reflections of more interest in therapy are neural reflexes skin visceros and somatic visceral, which show that when applying a stimulus or visceral injury can have an effect towards cutaneous or somatic level, this reflex relies anatomically by the Association of visceral and somatic sensory information at the spinal cord level in the V of the posterior Horn Rexed lamina.

**Keywords:** neural therapy, superior cervical ganglion, stellate ganglion, celiac ganglion, vicero-cutaneous reflex

# Contenido

	<b>Pág.</b>
Resumen y Abstract	V
Introducción	1
1. Problema	5
1.1 Pregunta de investigación	5
1.2 Planteamiento del problema	5
2 Justificación	7
3 Objetivos	9
3.1 Objetivo general	9
3.2 Objetivos específicos	9
4 Marco teórico	11
4.1 Apuntes históricos sobre el origen del sistema simpático	11
4.2 Generalidades del sistema nervioso	13
4.3 Importancia del sistema nervioso autónomo	15
5 Metodología	17
6 Desarrollo y resultados	18
6.1 Anatomía del sistema simpático.	18
6.1.1 Configuración general	18
6.1.2 Ganglios simpáticos cervicales	28
6.1.3 Ganglios simpáticos celiacos	37
6.2 Vías aferentes de los ganglios cervicales, ganglios sinápticos celiacos y dolor visceral	46
6.2.1 Descripción de las vías aferentes viscerales	51
6.2.2 Médula, vías medulares y centros de dolor	54
6.2.3 Henry Head y el dolor visceral	58
6.2.3.1 Planteamiento de una hipótesis con respecto a la relación del dolor referido visceral-cutáneo y Área de Head	63
6.3 Arcos reflejos del sistema simpático	67
7 Discusión de resultados	77
8 Direcciones futuras	82
9 Conclusiones	83
Bibliografía	87





## Introducción

La terapia neural es un sistema médico complejo (o racionalidad médica) cuyos orígenes se han podido ubicar en el siglo XIX en Rusia. Los sistemas médicos complejos presentan una estructura teórica coherente con una proposición terapéutica determinada; por esta razón, cada sistema médico posee una morfología, una fisiología, un corpus doctrinario, un sistema diagnóstico y un sistema terapéutico (1). La terapia neural, por su origen relativamente reciente, a diferencia de otros sistemas médicos como la medicina tradicional china o la medicina ayurvédica, se encuentra aún en fortalecimiento de su plataforma teórica y conceptual.

Aunque la terapia neural comparte un origen común con el sistema médico de tradición occidental de perfil positivista, esto es, comparte sus bases anatómicas y fisiológicas, es claro que presenta diferencias conceptuales claves en estos dos campos. Dado que sus bases se gestaron en el seno de Rusia principalmente, es posible que por el aislamiento político y social que tuvo Rusia por el mantenimiento del gobierno del Zar y, luego, por la dictadura de Stalin a comienzos del siglo XX (2), las nuevas concepciones que se generaron en el área de la neuroanatomía y neurofisiología se mantuvieran al margen del conocimiento mundial.

Las concepciones anatómicas y fisiológicas provienen de la escuela del “Nervismo” cuya esencia fundamental se remonta a las propuestas del médico ruso Ivan Glebov, y posteriormente, por los aportes de Ivan Sechenov, Sergei Botkin para, finalmente, madurar en la línea de pensamiento del Premio Nobel de Medicina Ivan P. Pavlov (3, 4). Más tarde, los discípulos de Pavlov, siguiendo la línea del Nervismo y la fisiología “sintética” (en contraposición a la “analítica” de perfil positivista) propuesta por su mentor, extendieron las influencias de esta forma de pensamiento hacia campos específicos como la neuropatología por parte de Alexei Speransky (5), fisiología neurohumoral a cargo de Leon Orbeli (4) y la patología cortico-visceral por parte de Konstantin Bykov (6).

Uno de los trabajos centrales para la terapia neural, es la obra de A. Speransky, en donde se registran las nuevas concepciones anatómicas del sistema nervioso. Uno de los puntos centrales de la obra, es poner un menor acento en las divisiones del sistema nervioso en central, periférico y vegetativo, dado que se evidencia, con base en las investigaciones realizadas por Speransky y sus colaboradores, que el sistema nervioso funciona “realmente” como una unidad. De hecho, una de sus proposiciones principales es que, “si se infringe una lesión en cualquier punto del sistema nervioso, esta se reflejará en otras partes del mismo” (7). Así mismo, en la línea de pensamiento de su mentor, se destaca al sistema nervioso como el eje que coordina y sostiene los diferentes estados fisiopatológicos del organismo; en otras palabras, si se genera una patología cualquiera como, por ejemplo, una infección localizada, es porque, en primer lugar, el sistema nervioso se encuentra irritado y es el que permite que se genere o mantenga el estado infeccioso. Consecuentemente, si hay una patología en algún sitio en particular de la anatomía corporal (v. g. una neumonía), se debe conocer muy bien su inervación y las interconexiones posibles con otros niveles del sistema nervioso, para así mismo, poder intervenir sobre el sistema nervioso y poder modificar su estado salud-enfermedad. Unos años antes, haciendo explícitos estos conceptos y volviéndolos el eje principal de su programa de pensamiento, Pavlov había definido el Nervismo como “una corriente fisiológica que extiende la influencia del sistema nervioso al mayor número posible de actividades del organismo” (3).

Speransky principalmente observó dos tipos de extensiones de una irritación posterior a una injuria localizada en el sistema nervioso: una distribución segmental y una distribución “más allá del segmento”. Para la distribución segmental se apoyó de conocimientos anatómicos argumentando que dicha extensión se daba por contigüidad anatómica o porque compartían un origen embriológico en común. Para la distribución más allá del segmento o a distancia, se apoyó básicamente sobre la premisa de la unidad del sistema nervioso, siendo evidente que no poseía información anatómica clara sobre la cual sustentar este tipo de distribución. De manera que, muchos de los fenómenos observados en dichas investigaciones en ocasiones se tildaban de inexplicables al no encontrar una conexión física que sustentara los cambios “a distancia” observados en un organismo que se había intervenido en una región focal y, entonces, se le atribuyó a la teoría electromagnética la posibilidad de brindar un sustento explicativo del fenómeno (8). Esto hizo, que en Alemania, la escuela médica de los médicos Walter y

Ferdinand Huneke bautizara a estos fenómenos irritativos a distancia con el nombre de “campo interferente” que tiene una connotación que trasciende el ámbito “físico y visible” de la vida, y probablemente, incluye un ámbito electromagnético/biofísico (9).

A pesar de las propuestas explicativas para la distribución segmental de la irritación ya enunciadas por Speransky, Peter y Mathías Dosch, discípulos de los Huneke, se vieron en la necesidad de buscar un sustento para explicar el fenómeno que observaban a diario en la consulta de sus mentores, en donde la intervención con anestésico local en la piel alteraba estados fisiopatológicos en vísceras internas y viceversa. En su libro, los Dosch (9) se apoyan de las investigaciones del neurólogo inglés Henry Head, quien deja en evidencia dentro de sus publicaciones la “continuidad funcional” entre las diferentes partes del segmento. Head, por otro camino, también encontraría que cualquier estado patológico visceral se puede manifestar en la piel, y que cualquier intervención en piel podría alterar el estado fisiopatológico de la víscera. Head alude al fenómeno de irritación del segmento medular para poder explicar este hecho, asumiendo a la médula como un integrador de todos los elementos del segmento (10). Sin embargo, los conocimientos anatómicos de la época no eran suficientes para ampliar esta explicación incluyendo la identificación clara de las estructuras que participarían en dicha continuidad o conexión de las diferentes partes del segmento.

De tal manera que, en este trabajo se pretende indagar sobre todas las posibles interconexiones anatómicas actuales que se conozcan y que puedan enriquecer las fundamentaciones explicativas de muchos de los fenómenos encontrados en la práctica diaria de la terapia neural tal como los reflejos patológicos segmentales (incluyendo los cuti-viscerales) y a distancia. En esta ocasión, el foco de estudio será la cadena ganglionar cervical simpática y el ganglio celiaco simpático.



# 1. Problema

## 1.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es la anatomía básica de las cadenas ganglionares cervicales y ganglios celiacos simpáticos y qué conexiones presentan con otras estructuras anatómicas que permitan explicar y sustentar el mecanismo de acción de la terapia neural a nivel segmental y a distancia?

## 1.2 Planteamiento del problema

La terapia neural es uno de los más recientes sistemas médicos de la medicina alternativa; aún está en constante crecimiento y fortalecimiento. Las bases que la fundamentan son el conocimiento de la estructura y funcionamiento del sistema nervioso y su regulación de los demás sistemas del organismo.

Dentro del abordaje diagnóstico y terapéutico de la terapia neural se ha partido de la premisa del funcionamiento del sistema nervioso como una unidad. Speransky, por ejemplo, enfatiza en la necesidad de que se “permeabilicen” los límites entre las divisiones clásicas del sistema nervioso en central, periférico y autónomo, ya que dichas divisiones no permiten observar y explicar fenómenos identificados como reflejos patológicos segmentales y a distancia. A partir de las investigaciones recopiladas de este neuropatólogo ruso se podría inferir que dicho funcionamiento del sistema nervioso como una “unidad” debe tener una base anatómica sustentada en forma de conexiones nerviosas o anastomosis entre las diferentes estructuras de este sistema (5).

Por otro lado, desde las investigaciones realizadas por otros personajes como Henry Head, que también se han integrado al bagaje teórico que sustenta la terapia neural, se ha evidenciado una “continuidad funcional” entre los diferentes componentes de los tejidos provenientes de las metámeras embriológicas a los cuales pertenecen los dermatomas, miotomas y esclerotomas. Sin embargo, no hay una clara relación

anatómica de los presuntos viscerotomas con los demás componentes derivados de la metámera embriológica que expliquen los reflejos fisiológicos o patológicos llamados cuti-viscerales (o viscerales-cutáneos) evidenciados por Head (10), y que permanentemente, son observados en la práctica diaria de la terapia neural.

## 2. Justificación

Los sistemas médicos complejos se constituyen como estructuras de pensamiento teórico-práctico en la medicina que se encuentran basados en diferentes cosmovisiones. Cada cosmovisión se caracteriza por tener no sólo un corpus doctrinario, sino también tener una concepción propia de la salud y la enfermedad (1).

En la terapia neural, la enfermedad se entiende como un proceso adaptativo individual dentro del ambiente que lo rodea, donde el organismo resuelve por sí mismo sus problemas, originados en el medio externo. La enfermedad no se considera la enfermedad simplemente como una ausencia de salud o cuando el individuo se encuentra por fuera de parámetros de medición medica preestablecido, sino como un proceso evolutivo y emergente en la ontogenia del individuo (11, 12).

Desde la propuesta del nervismo, que incluye algunas premisas de la teoría de la evolución, el ser humano interactúa permanentemente con el ambiente y dependiendo de la complejidad de esa relación aparecen estados de enfermedad; el sistema nervioso influye en esa interrelación que se genera entre el organismo y el medio que lo rodea (3). En la terapia neural se plantea que el individuo está expuesto a estímulos nocivos de tipo físico, químico, mecánico y social que pueden ocasionar una irritación del sistema nervioso, formando sitios de irritación que se pueden reflejar en otros niveles de la economía manifestándose como diferentes patologías (11).

Por lo expuesto, la terapia neural enfoca sus cinco dimensiones en un sólido conocimiento del funcionamiento del sistema nervioso y también en la forma como este regula al organismo. A partir de este concepto, el presente trabajo pretende recopilar, analizar y procesar toda la información posible relacionada con la morfología de algunos sitios del sistema nervioso autónomo, teniendo en cuenta sus interrelaciones y conexiones con otros centros nerviosos y sistemas del organismo. Esto se hará con el objetivo de poder brindar un sustento anatómico que permita comprender y explicar la

generación de ciertos reflejos fisio-patológicos segmentales y distantes, incluyendo los reflejos cuti-viscerales.

El enfoque del presente trabajo será explorar específicamente ganglios nerviosos que han pertenecido a la división clásica del sistema nervioso simpático para poner en evidencia sus múltiples relaciones e interconexiones.



## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo General**

Determinar cuál es morfología básica de las cadenas ganglionares cervicales simpáticas y los ganglios celiacos simpáticos en las conexiones que presentan con otras estructuras anatómicas que permitan explicar y sustentar el mecanismo de acción de la terapia neural a nivel segmental y a distancia.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Describir la distribución anatómica de los componentes de las cadenas ganglionares cervicales simpáticas
- Describir la distribución anatómica de los componentes de los ganglios simpáticos celiaco
- Identificar las conexiones de las cadenas ganglionares cervicales simpáticas con otras estructuras anatómicas que permitan explicar los efectos segmentales y a distancia de la terapia neural
- Identificar las conexiones de los ganglios simpáticos celiacos con otras estructuras anatómicas que permitan explicar los efectos segmentales y a distancia de la terapia neural
- Proponer las posibles vías anatómicas que permitan sustentar la existencia de los reflejos cuti-viscerales.



## 4. Marco teórico

### 4.1 Apuntes históricos sobre el estudio del sistema simpático

Desde el inicio del estudio de la anatomía del ser humano, el sistema nervioso ha sido un tema muy importante en la investigación científica y ha sido objeto de gran controversia por las diversas descripciones que se han llevado a cabo. El anatomista más importante antes del siglo XIV fue Galeno, sus descripciones se recopilaron en obras como *De Usu Partium*, *De Dissectione nervorum* y *De Administrationibus Anatomicis*; estos textos fueron básicos para el estudio de la anatomía durante muchos años y en ellos se señalaron varios temas claves, como el origen del nervio laríngeo recurrente proveniente del sexto par craneal, la descripción de la inervación de los músculos de la garganta, el nervio vago y el tronco simpático, el cual describió como una rama del nervio vago. En la actualidad, estos conceptos están reevaluados y se considera el nervio laríngeo rama del nervio vago y el tronco simpático no es una rama del nervio vago (13).

Vesalio, anatomista posterior a Galeno, basó sus estudios en los textos básicos de este y la anatomía comparada en animales, pero, asaltado por muchas inquietudes, comenzó a realizar sus propias investigaciones en cadáveres que obtenía de presos condenados a ahorcamiento. Estos sucesos tuvieron como consecuencia la modificación de los conceptos anatómicos que desarrolló su antecesor (13). En 1538 publica ilustraciones donde muestra que el tronco simpático no se origina del nervio vago, describe los ganglios simpáticos cervicales, aunque en sus dibujos no se señalan las conexiones con los nervios espinales, y detalla claramente el nervio vago con algunas de sus ramas, entre ellas, el nervio recurrente laríngeo (13).

Una descripción importante de Vesalio fue la diferenciación del foramen yugular y el agujero carotídeo y la señalización de los demás agujeros craneales con sus respectivas estructuras nerviosas y vasculares que atravesaban dichos forámenes craneales (13).

Fallopio, sucesor de Vesalio, continuó con el estudio del tronco simpático cervical realizando la descripción de su recorrido y mostrando someramente una conexión con el nervio vago y con los nervios espinales; estas descripciones nerviosas del sistema simpático fueron aceptadas por anatomistas de su época. Guido Guidi y Gaspar Bauhin completan la descripción del tronco simpático cervical, nervios costales, nervios estomacales y nervios recurrentes, recopilados y publicados en los libros de Bauhin *De Corporis Humani Fabrica* en 1590 y *Anatomicun Theatrum* en 1605 (13).

A principio del siglo XVIII J. F. Meckel describe el ganglio simpático como regiones donde se interrelacionan diversas fibras nerviosas y en 1732 el anatomista Jacobus Benignus Winslow realizó una detallada descripción de la cadena ganglionar simpática. A finales de este siglo, el anatomista Bichat divide el sistema nervioso en dos partes: el sistema nervioso relacionado con la vida orgánica, que tiene como función controlar la actividad de las vísceras, y el sistema nervioso relacionado con la vida animal, el cual forma el intelecto y está asociado al cerebro (14).

Durante el siglo XIX, a partir de los avances técnicos y científicos gracias al microscopio, investigadores como Robert Remak describen agrupaciones ganglionares en el corazón y observan características de las fibras nerviosas que le permiten clasificarlas en mielinizadas y desmielinizadas. Además, los neurofisiólogos Brown-Sequard, Claude Bernard y los hermanos Weber realizan diversas investigaciones experimentales *in vivo* para determinar el funcionamiento del sistema nervioso, demostrando diversos fenómenos fisiológicos, como la vasodilatación al seccionar la inervación simpática y la aparición de paro cardíaco al seccionar el vago, y realizan la descripción de centros de control del sistema autónomo en el encéfalo. En ese siglo, el aporte más importante sobre el sistema nerviosos autónomo fue realizado por Gaskell y Langley, quienes proporcionaron a un grupo de nervios y ganglios el nombre de sistema autónomo y demostraron que está constituido por dos componentes con funciones antagónicas; así mismo, realizaron una descripción del origen de las fibras simpáticas en el asta lateral de

la médula espinal y reportaron en sus hallazgos la relación entre los ganglios simpáticos y la médula, a través de los ramos comunicantes blancos (14).

Durante el siglo XX se realizaron grandes avances en el conocimiento de la neurofisiología; se descubrieron los centros de control intracraneales del sistema nervioso autónomo encontrados en la corteza, diencefalo y tallo cerebral, además de describir las conexiones entre corteza, hipotálamo, hipófisis, ganglios simpáticos y glándula suprarrenal y las interrelaciones del sistema nervioso central, sistema nervioso autónomo y sistema endocrino (14).

La descripción anatómica del sistema autónomo con las divisiones y estructuras que lo conforman fue un proceso con muchas teorizaciones y discusiones sobre su organización, realizadas por diversos anatomistas que por medio de la observación, disección o investigaciones experimentales lograron describir detalladamente el sistema simpático con sus ganglios, nervios, centros de control y regulación simpática. Este conocimiento, obtenido a través de muchos años, es de gran importancia para el entendimiento de la estructura y funcionamiento del sistema nervioso.

## **4.2 Generalidades del sistema nervioso**

El sistema nervioso está constituido por un conjunto de células llamadas neuronas las cuales presentan diferentes formas y se dividen en las siguientes partes: soma, dendritas y axón, las neuronas tienen como función de transportar impulsos nerviosos de unas a otras a través de un proceso denominado sinapsis. Los axones de las neuronas conforman fibras nerviosas las cuales se clasifican en mielínicas y amielínicas y se agrupan según la velocidad de conducción en tipo A con sus subtipos alfa, beta, gama y delta, tipo B y tipo C; estas fibras nerviosas forman a su vez nervios, los cuales pueden ser motores, sensitivos, aferentes, eferentes, somáticos u autónomos dependiendo del tipo de impulso nervioso que transporte. (15,16)

Las neuronas constituyen el tejido nervioso y se agrupan y clasifican, para posteriormente, dividirse sistemáticamente en tres partes: el sistema nervioso central, sistema nervioso periférico y sistema nervioso autónomo o vegetativo (15,16).

El sistema nervioso central está conformado por el cerebro, cerebelo, diencéfalo, tallo cerebral y medula espinal; se encuentra situado o contenido dentro del cráneo y las vértebras, y rodeados por las meninges y el líquido cefalorraquídeo. En las estructuras que conforman el sistema nervioso central se encuentran los centros nerviosos que regulan las diferentes funciones corporales, como son la actividad motora, sensitiva, memoria, lenguaje, emociones, conducta, entre otras. Estas actividades son importantes para el buen funcionamiento de todos los sistemas corporales (15,16).

El sistema nervioso periférico es el encargado de transportar los impulsos nerviosos que se originan en el sistema nervioso central hacia los tejidos periféricos y viceversa. Este sistema nervioso está conformado por doce pares craneales que transportan la información sensitiva y motora hacia la cara, parte del cráneo y cuello y por 31 pares de nervios espinales o raquídeos que se originan en las neuronas de la medula espinal, los cuales a su vez poseen dos raíces, una sensitiva que se encuentra posterior, que transporta la información sensitiva procedente de los receptores sensitivos de los tejidos hacia la medula y una raíz motora que emite la información motora, procedente de los centros motores medulares y supra medulares hacia los diferentes músculos. Los nervios espinales anteriores, exceptuando los de los segmentos torácicos de T2 a T12, conforman una red neuronal de diferentes tipos de fibras nerviosas denominadas plexos, los que a su vez reciben los nombres de acuerdo a la región que inervan, de plexos cervical, braquial, lumbar y sacro, estructuras estas necesarias para transportar los estímulos motores y sensitivos hacia los órganos y tejidos de estas regiones (15,16).

El sistema nervioso autónomo es el encargado de regular las funciones autónomas del organismo, tiene su efecto sobre el músculo liso de los órganos, vasos sanguíneos, glándulas y vísceras, la conformación o esquema anatómico y funcional del sistema nervioso autónomo, lo constituye una neurona central situada en los centros de control autónomo en el encéfalo y medula espinal y una neurona periférica localizada en los diferentes ganglios vegetativos; estas neuronas a su vez se encuentran interconectada por fibras nerviosas vegetativas denominada fibra nerviosa preganglionar. (15,16)

El sistema nervioso autónomo se divide en una porción simpática, donde sus fibras preganglionares se originan en las astas laterales medulares torácica y lumbar y una porción parasimpática, donde sus fibras preganglionares se originan en los núcleos del

tallo cerebral y en la región sacra. El sistema parasimpático lo conforman r fibras nerviosas que se distribuyen en los órganos y vísceras de la cara, cuello, tórax y abdomen , que se originan en los núcleos parasimpáticos, cardioneumogástrico, pupilar, salivatorio superior, salivatorio inferior y lacrimomuconasal y las fibras nerviosas procedentes de la región sacra inervan parasimpáticamente los órganos y vísceras pélvicas. (15,16)

El sistema simpático presenta centros nerviosos que se encuentran en las neuronas supramedulares, que transportan o regulan los estímulos simpáticos y en la medula, más exactamente en el asta lateral, se encuentran neuronas simpáticas que emiten fibras preganglionares, que transcurren paralelas a las raíces anteriores, las cuales transportan la información hacia los ganglios simpáticos, los cuales son una conglomeración de cuerpos neuronales multipolares alejados del sistema nervioso central y los que a su vez se dividen en ganglios paravertebrales ubicados lateralmente a las vertebrae en un número de 22 pares, que conforman la cadena simpática; además también se encuentran los ganglios prevertebrales que se encuentran por delante de las vertebrae y cerca de los grandes vasos abdominales y los ganglios terminales que se encuentran adyacentes a las vísceras y órganos (15,16).

Los ganglios simpáticos emiten fibras nerviosas llamadas fibras posganglionares, que transportan la información vegetativa de los ganglios hasta los tejidos; cabe señalar que estos ganglios simpáticos tienen una conexión con la medula a través de las fibras comunicantes blancas y grises (15,16).

### **4.3 Importancia del sistema nervioso autónomo**

El sistema nervioso autónomo es un componente importante del sistema nervioso; presenta la capacidad de regular las funciones autónomas de estructuras orgánicas como vísceras, glándulas, músculo liso, vasos sanguíneos y tiene la capacidad de transportar la sensibilidad de estos tejidos hacia el sistema nervioso central, además de la información propioceptiva de los órganos internos. Los núcleos y fibras nerviosas del sistema autónomo presentan conexiones e interacciones con centros de control y asociación neuronal distribuidos en diferentes niveles del eje neuronal, de los cuales se

emiten impulsos nerviosos motores y autónomos hacia las estructuras orgánicas para permitirles una regulación de su funcionamiento (15).

Con el fin de facilitar su comprensión anatómica, el sistema nervioso autónomo se divide en simpático y parasimpático. El sistema simpático se origina en la columna intermedio-lateral que se encuentra en los segmentos cervicales, torácicos y los dos primeros segmentos lumbares. Por otra parte, el sistema parasimpático está dividido en una porción craneal conformada por los núcleos parasimpáticos pupilar, lacrimomuconasal, salivatorio superior, salivatorio inferior y cardioneumoentérico, que pertenecen a los pares craneales III, VII, IX, X y presentan una porción sacra parasimpática originada en los segmentos medulares de donde emergen fibras parasimpáticas que se fusionan con fibras simpáticas para la inervación de los órganos pélvicos (15).

El sistema simpático está conformado por ganglios simpáticos y nervios simpáticos preganglionares y posganglionares; estos últimos son los encargados de transportar el estímulo simpático hacia los órganos a través del neurotransmisor acetilcolina. El sistema parasimpático está constituido por núcleos parasimpáticos y nervios parasimpáticos que ejercen su efecto autónomo a través del neurotransmisor noradrenalina; este participa en funciones antagónicas en las vísceras y glándulas. Esta acción fisiológica contraria es necesaria para mantener un estado equilibrado y adecuado que permite el buen funcionamiento de los tejidos y órganos (15).

El sistema nervioso autónomo, con sus dos componentes con funciones antagónicas, juega un papel importante en la transmisión de impulsos del sistema nervioso hacia los tejidos glandulares, tejido vascular y órganos internos, que permiten una regulación tisular manteniendo el metabolismo y el funcionamiento adecuado de las vísceras, vasos sanguíneos y glándulas (15).



## 5. Metodología

El presente trabajo se desarrolla una investigación teórica, no experimental fundamentada en un paradigma interaccionista. Metodológicamente es un tipo de investigación documental donde se realiza una revisión documental o temática, en la cual se recopila toda la información sobre un tema obtenidas en diferentes fuentes sean artículos, textos, monografías, tesis ect, donde se trata de entender y comprender el tema planteado y se realizan comparaciones y se busca la aplicabilidad de ese tema. La información a obtener cumple varias fases: revisión inicial y selección de documentos, registro, delimitación, exploración o indagación en el campo, en la cual se organiza la información, se analiza, se compara y se realizan unas conclusiones.

Con esta investigación se pretende es demostrar de manera teórica la relación directa existente entre los conocimientos morfológicos de las cadenas ganglionares simpáticas cervical y ganglios simpáticos celiacos y su aplicabilidad en la terapia neural; por lo anterior, carece de una población y muestra a estudiar. Además, no presenta variables a determinar, ya que la única variable es el mismo tema de estudio y los datos obtenidos no contienen una expresión numérica, por lo cual no pueden aplicarse técnicas estadísticas.

Los datos necesarios para la investigación se recolectaron de fuentes bibliográficas primarias que son artículos obtenidos de bases de datos médicas como OVID, Pubmed y el metabuscador de la Universidad Nacional de Colombia donde se utilizaron las palabras claves: stellate ganglion, superior cervical ganglion, solar plexus, sympathetic ganglion chain, sympathetic system, embryology of the sympathetic system, sympathetic system history.

La información obtenida de fuentes bibliográficas primarias se analizo según su importancia dentro de la investigación y se establecieron relaciones entre los datos.

## **6.Desarrollo y Resultados**

### **6.1 Anatomía del sistema simpático**

#### **6.1.1 Configuración general**

El sistema simpático está conformado por fibras nerviosas simpáticas y por masas nerviosas de volumen y morfología variables que se denominan ganglios simpáticos, los cuales se interconectan a través de ramos interganglionares y presentan conexiones con la médula por ramos comunicantes blancos y grises. Estos ganglios nerviosos están conformados por neuronas multipolares polinucleadas de diversas formas y tamaños, con somas irregulares, pericarion con abundantes neurofibrillas, corpúsculos de Nissl y con gran número de dendritas que cuando presentan longitud larga se denominan células estrelladas de Miller y neuronas simpáticas de prolongaciones cortas llamadas células glomerulares de Cajal (15 -19).

Los ganglios simpáticos se distribuyen paralelos a las vértebras de la región cervical, torácica y lumbar y se clasifican según su distribución en 22 pares de ganglios paravertebrales, que conforman el tronco simpático, ganglios prevertebrales, que se distribuyen en la parte anterior a las vértebras y ganglios viscerales, que se ubican en la periferia de los órganos. Las investigaciones experimentales realizadas en humanos y monos por Sheehan y Pick en 1941 reportaron que los ganglios simpáticos reciben fibras nerviosas de los nervios raquídeos desde C7 a L2. En 1943 describieron la disposición y morfología de fibras comunicantes que realizan interconexión entre la médula y los ganglios del tronco simpático; estos ramos se dividen en dos tipos: los ramos comunicantes blancos, constituidos por fibras mielínicas de diferentes tamaños, de distribución irregular de tipo 2A, 2B, y los ramos comunicantes grises, formados principalmente por fibras amielínicas de tamaño variable entre gruesas y delgadas, menores de 3 micras; en su mayoría son fibras tipo 2B y ramos mixtos con fibras nerviosas tipo 1 y tipo 2A entremezcladas (15 -19).

Los ganglios simpáticos reciben fibras nerviosas autónomas procedentes de los centros vegetativos medulares que se originan de las neuronas preganglionares o primera neurona situada en la columna intermedio-lateral de la sustancia gris de la médula. Estas neuronas emiten axones que salen por el asta anterior o lateral de la médula, siguen un trayecto a través de la raíz anterior medular y el ramo comunicante blanco hasta llegar al ganglio paravertebral simpático donde hace sinapsis con la segunda neurona o neurona posganglionar, de la cual emite fibras amielínicas tipo C y mielínicas que se dirigen hacia los ganglios prevertebrales hasta llegar a las vísceras, glándulas y vasos sanguíneos (19).

En la vía simpática eferente se pueden describir dos tipos de fibras según su función y lugar de inervación: fibras somáticas, las cuales se originan en los núcleos medulares, se dirigen hasta los ganglios simpáticos, de aquí emergen fibras que pueden ascender o descender por el tronco simpático y alcanzar ganglios subyacentes, a través de los ramos comunicantes grises; de estos ganglios salen fibras vegetativas posganglionares que inervan los vasos sanguíneos y la piel. Las fibras viscerales tienen el mismo origen que las fibras somáticas, atraviesan el ganglio simpático sin hacer sinapsis en este e ingresan en el nervio simpático periférico y a un ganglio simpático visceral o previsceral y de aquí emiten fibras nerviosas hacia las vísceras (15, 19).

## **Vías simpáticas eferentes**

Las fibras vegetativas simpáticas eferentes se originan en los centros medulares y supramedulares, presentan una distribución relacionada con la segmentación medular de los neuromeros, aunque la correlación segmentaria simpática no es exacta como la de los nervios espinales. Este concepto es corroborado por las investigaciones de Head en 1920, Foerster en 1936, Zuckermann en 1938 y Lewis en 1942. Los ganglios simpáticos y las fibras simpáticas que conforman la vía simpática aferente están encargados de transportar los estímulos autónomos hacia los órganos, glándulas y vasos sanguíneos (19, 20).

A continuación describiremos la distribución simpática eferente en diversas regiones corporales y señalaremos los ganglios y nervios que intervienen en la inervación simpática de dichas estructuras y cuál es el efecto que ejerce en estos tejidos.

## **Cabeza y cuello**

Las fibras simpáticas que inervan la cabeza y el cuello se originan en la sustancia gris de los segmentos medulares C7 a T2, de donde emergen fibras simpáticas que siguen el trayecto de los nervios espinales de los respectivos segmentos medulares y llegan a los ganglios paravertebrales simpáticos cervicales y luego ascienden hasta hacer sinapsis con los tres ganglios cervicales (19, 20).

El ganglio cervical superior presenta tres tipos de neuronas: las coronarias, que tienen dendritas cortas, uniformes e intracapsulares; las glomerulares, con menos prolongaciones que las coronarias, con expansiones anchas, irregulares, cortas, nudosas, y las estrelladas, con somas pequeños, axones cortos que se bifurcan (19).

Investigaciones de Langley en 1893 demostraron que del ganglio cervical superior emergen fibras nerviosas para el plexo carotídeo interno del cual se emiten diversas ramas, por ejemplo los nervios para el ganglio ciliar que emite nervios ciliares para los músculos ciliar, iridiano y dilatador de la pupila, y produce midriasis y acomodación del cristalino. Además, este plexo presenta inervación para la glándula lacrimal, glándulas sudoríparas, glándulas salivares sublingual, submandibular, parótida, vasos sanguíneos de la cara, cráneo, cerebro y conexiones del ganglio pterigoideo (19, 20).

Del ganglio cervical medio emergen fibras amielínicas a la glándula tiroidea; su estimulación produce secreción de hormonas tiroideas y estas hormonas, a su vez, realizan un efecto de retroalimentación en las fibras simpáticas (19).

## **Tórax**

La inervación simpática de la región torácica se origina en las neuronas preganglionares ubicadas en la columna intermedio-lateral de la sustancia gris de los doce segmentos medulares torácicos y los tres primeros segmentos medulares lumbares; sus fibras mielínicas ingresan a los ganglios simpáticos paravertebrales torácicos, a través de los nervios espinales anteriores (19- 21).

La inervación de las estructuras torácicas depende del ganglio estrellado y de los cinco primeros ganglios simpáticos torácicos, los cuales emiten fibras nerviosas posganglionares que conforman el plexo pulmonar, que envía fibras dilatadoras bronquiales y peribronquiales, y el plexo cardiaco, que ejerce una función cronotrópica

positiva sobre el corazón. Investigaciones realizadas por Nonidez en 1939 describen la distribución del plexo cardiaco donde las fibras simpáticas posganglionares derechas se distribuyen en el seno sinusal, mientras que las fibras izquierdas se distribuyen en el haz de His y los vasos coronarios (19- 21).

## **Miembros superiores**

La inervación simpática de los miembros superiores se forma en las astas laterales de los segmentos medulares torácicos segundo a sexto; de ellos se emiten fibras nerviosas autónomas que se dirigen por los nervios espinales de dichos segmentos e ingresan a los ganglios simpáticos cervical inferior, primer ganglio cervical torácico y segundo ganglio cervical torácico, de los cuales emergen ramos comunicantes para el plexo braquial, y de los nervios del plexo braquial se distribuyen por los vasos sanguíneos del miembro superior produciendo inervación simpática de los vasos, músculos, huesos, glándulas sudoríparas y piel de la extremidad superior (19).

## **Abdomen**

La inervación simpática del abdomen se origina en las astas laterales de los segmentos medulares de T5 a L3 donde los axones de sus neuronas forman fibras nerviosas mielínicas que, junto con los nervios espinales, llegan a los ganglios paravertebrales; de estos ganglios emergen fibras nerviosas que conforman los nervios preganglionares que realizan conexión con los ganglios prevertebrales cuyas neuronas emitirán fibras nerviosas que conformarán nervios posganglionares que transportarán los estímulos autónomos hacia las vísceras abdominales (19- 21).

En el abdomen hay dos nervios preganglionares de importancia: el nervio esplácnico mayor, que se origina de fibras provenientes de los segmentos torácicos T5 a T10, que realiza sinapsis con el ganglio celiaco del que parten fibras posganglionares para el estómago, hígado, páncreas, bazo y glándula suprarrenal, y el nervio preganglionar esplácnico menor, que realiza conexión con el ganglio simpático mesentérico superior; este emite fibras posganglionares que transcurren por la arteria mesentérica superior y llegan a inervar el intestino delgado, ciego, colon ascendente y mitad del colon trasverso. Los ganglios yuxtaaxiales celiacos esplácnico mayor y menor tienen conexiones con los ganglios viscerales que conforman los plexos del sistema digestivo: gástricos,

duodenales, yeyunales, iliacos, colon, hepático, esplénico, renal, ovárico, y también presentan sinapsis con los plexos parietales del tubo digestivo: plexos mientéricos de Meissner y Auerbach (19- 21).

Los ramos grises que se forman de las metámeras medulares de T11 a L2 realizan sinapsis con el ganglio simpático mesentérico inferior, del cual emergen fibras amielínicas tipo C, que recorren las arterias abdominales inferiores realizando innervación del colon trasverso, recto, vejiga y riñón y la parte baja del abdomen (19- 21).

### **Miembro inferior**

La innervación simpática del miembro inferior se origina en las neuronas de la sustancia gris de los segmentos medulares de la novena torácica hasta el segmento tercero lumbar, de las cuales emiten fibras grises que transcurren por los nervios espinales anteriores haciendo sinapsis con los ganglios paravertebrales que se sitúan del segmento tercero lumbar hasta el segundo sacro. De estos ganglios se emiten fibras que forman el plexo lumbosacro, de donde se emiten fibras nerviosas simpáticas que transcurren por los vasos sanguíneos de la extremidad inferior innervando los músculos, glándulas sudoríparas, folículos pilosos y piel del miembro inferior (19, 22, 23).

### **Sistema hematorregulador**

Las investigaciones de Luschka en 1850 demuestran que fibras simpáticas mielínicas y amielínicas ingresan y se extienden en el sistema reticular y en los órganos del sistema hematopoyético, como la médula ósea, el bazo, células de Kupfer del hígado, ganglios linfáticos que permiten una regulación de las cualidades de la sangre (19, 22, 23).

### **Vía aferente simpática**

La vía aferente se encarga de transportar la sensibilidad proveniente de las vísceras, glándulas y vasos sanguíneos emitida por los receptores que se encuentran en las paredes de estos órganos. Los estímulos producidos por los mecanorreceptores y quimiorreceptores recorren las fibras aferentes amielínicas tipo C de los nervios posganglionares hasta llegar y realizar sinapsis con las neuronas de los ganglios prevertebrales. Luego estas fibras sensitivas recorren los nervios preganglionares y se dirigen hacia los ganglios paravertebrales del tronco simpático; de aquí la información

sensitiva avanza por los ramos comunicantes blancos y la raíz posterior medular hasta llegar a los centros medulares sensitivos (19).

La información sensitiva procedente de la vía aferente simpática ingresa en la sustancia gris de la médula, específicamente en el asta posterior; las fibras sensitivas simpáticas realizan sinapsis con las láminas medulares I, II, V, VI y de las neuronas de las láminas de Rexed se emiten axones que conforman las vías ascendentes sensitivas, entre las cuales la más importante es la vía espinotalámica que transporta la mayor parte de la sensibilidad y presenta conexiones con núcleos en el tallo cerebral, núcleo ventral posterolateral del tálamo, núcleos del sistema límbico y finalmente realiza sinapsis con el área somatosensitiva I y II de la corteza cerebral (15, 19, 20).

Las vías simpáticas aferentes que conducen la sensibilidad visceral dan origen a lo que se denomina los reflejos simpáticos que regulan la actividad autónoma visceral; estos reflejos pueden dividirse en cortos y largos. La vía corta se origina en los receptores de la pared visceral, se dirige hacia el ganglio periférico donde sus neuronas envían una señal a los centros y vías motoras, ejerciendo un efecto sobre la víscera; este reflejo se puede considerar como totalmente simpático. La vía larga es la que se origina en la víscera, emite sus fibras hasta los ganglios periféricos; estos se conectan por distintas fibras con los ganglios del tronco simpático, de aquí transportan el impulso nervioso por el ramo comunicante blanco, pasan a la raíz posterior medular y alcanzan el ganglio espinal donde se conectan con los núcleos del asta posterior medular (15).

## **Inervación simpática celular**

En el cuerpo humano hay un control de todos los órganos por medio del neuroeje central, el cual envía impulsos nerviosos que son transportados a todas las vísceras, vasos y glándulas, a través de la inervación del sistema nervioso autónomo por medio de fibras simpáticas y parasimpáticas que realizan una conexión con las paredes de los órganos para permitir un funcionamiento autónomo (19).

No se tiene una concepción clara de la terminación de las fibras vegetativas en las paredes de los órganos. Anatomistas como Cajal, Dogiel y Huber suponían que las terminaciones que emergen de los plexos se distribuyen libremente por medio de ramificaciones simples que se colocan sobre las células por medio de botones sinápticos

terminales, permitiendo una transmisión de impulsos nerviosos por contacto sináptico y no por continuidad anatómica. En cambio, Muller, Glaser y Stohr han observado terminaciones nerviosas libres en forma de botones que inervan las fibras musculares y las fibras amielínicas en forma de asa sinuosa y tortuosa con múltiples ramificaciones, anastomosis que configuran una red, alrededor de vasos sanguíneos que atraviesan la adventicia y la media hasta llegar a la íntima (19).

Durante el estudio de la inervación simpática visceral se desarrolló la hipótesis anatómica sobre la presencia de fibras nerviosas simpáticas en forma de anillos o sinusoides que rodean la membrana celular. Esta teoría se sustenta en los estudios realizados por Arnstein en 1894, quien observó esa distribución en las células secretoras de la glándula parótida de un gato, mientras que Riegue describe la misma conformación en células hepáticas de conejos. Además, otros investigadores reportan distribución de fibras simpáticas en forma de redes alrededor de las células, que ingresan dentro del citoplasma hasta llegar cerca del núcleo. Este tipo de distribución fue descrito por Boeke, Wooland y Jones en las células musculares cardíacas, en tanto que los investigadores Gerlach, Stohr, Lawrentjew y Hill demuestran la existencia de fibras nerviosas simpáticas intracelulares en el músculo ciliar, vejiga, uréter, vesícula seminal, estómago e intestino (19).

La inervación celular por las fibras nerviosas no depende de la relación numérica entre las células de las vísceras y el número de fibras que inervan. Los hallazgos de varios autores demuestran que esta relación varía según el órgano inervado; por ejemplo, en la placenta se encuentra un menor número de fibras nerviosas simpáticas en comparación con el número de células del órgano en el que actúan; en el músculo ciliar se ha reportado un aumento de fibras nerviosas en relación con las células inervadas (19).

## **Centros del sistema nervioso autónomo**

### **Médula espinal**

Inicialmente se consideraba la médula como una estación de relevo y conducción de los impulsos nerviosos sensitivos, motores y vegetativos a los centros encefálicos que intervenían en la formación de arcos reflejos donde se presentaba una conexión entre los núcleos del asta posteriores y las motoneuronas del asta anterior. En la actualidad se sabe que las neuronas medulares actúan como centros reguladores e integradores de la



información y poseen una estructura de interacción compleja de comunicación y asociación que permite la transmisión de impulsos nerviosos en doble sentido; esto permite una organización y ordenación funcional de los estímulos nerviosos (19, 24).

La médula tiene centros de coordinación de diversas funciones corporales: vasoconstrictores, glucemiantes, adreosecretores, de la defecación, de la micción, de la eyaculación, inhibitorios de la motilidad gástrica, centros de la motilidad vesical y centros de la erección, que le permiten tener el control de los órganos y glándulas. Además, estos centros presentan conexiones con las vías aferentes y eferentes y con los núcleos de regulación autónoma supramedulares, lo que permite efectos excitatorios e inhibitorios en los tejidos corporales (19, 24).}

## **Tallo cerebral**

El tallo cerebral es una estructura muy importante en la coordinación de impulsos nerviosos autónomos; en él se encuentra el origen del sistema parasimpático craneal, conformado por los núcleos de los pares craneales oculomotor, facial, glossofaríngeo y vago (19, 23).

El núcleo pupilar, que es parasimpático y pertenece al nervio oculomotor, es el encargado de inervar el músculo esfínter de la pupila para permitir la midriasis del ojo. El nervio facial posee dos núcleos parasimpáticos: el núcleo salivatorio superior, que inerva las glándulas sublingual y submaxilar, y el núcleo lacrimomuconasal, que inerva la glándula lacrimal y las glándulas de la mucosa nasal. El nervio glossofaríngeo presenta el núcleo parasimpático salivar inferior, que envía fibras para inervar la glándula salivar parótida, y el nervio vago contiene al núcleo cardioneumoentérico, que es el más importante por la extensión de su recorrido de inervación de estructuras del cuello y órganos toracoabdominales (19, 23).

En el tallo cerebral se encuentran diversos centros de regulación, además de los núcleos parasimpáticos como el centro de inervación cardíaca, formado por el núcleo dorsal del vago que permite una moderación del ritmo cardíaco, lo que produce inotropismo y cronotropismo negativos. Los investigadores Ranson y Billingsley en 1916 describieron

los núcleos de los centros vasomotores localizados en la fóvea inferior del cuarto ventrículo. Los axones provenientes de estos núcleos descienden hasta la médula cervical, realizan conexiones con las astas laterales, utilizan las fibras simpáticas para ejercer un efecto vasoconstrictor y envían impulsos nerviosos vasodilatadores que transcurren por las fibras parasimpáticas (19, 23)

Legallois en 1812 mostró, a través de investigaciones experimentales en que se extirpaba el cerebro y el cerebelo en animales, que persistían los movimientos respiratorios; lo que lo condujo a inferir que en el tallo cerebral se encontraban los centros respiratorios. Esta teoría fue corroborada por las investigaciones de Lumsden y Keller, quienes describieron diversos centros respiratorios pares situados en el puente, bulbo, cerca de los núcleos del vago, dentro del núcleo hipogloso y en los colículos cuadrigéminos, así como también describieron el centro neumotáxico en la porción superior del puente que permite la distensión pulmonar y el centro apnéustico ubicado en el nivel de las estrías acústicas. Todos estos centros se encuentran conectados y en mutua dependencia por medio de fibras colaterales asociativas (19, 23).

Investigaciones experimentales realizadas por Claude Bernard demuestran que en el trígono del vago del piso del cuarto ventrículo se encuentran centros digestivos que controlan la motilidad gástrica e intestinal y centros hepáticos que al ser estimulados transmiten el impulso nervioso por la médula, ganglios simpáticos celiaco y esplácnico que envían fibras al hepatocito, produciendo una descarga de glucosa hepática. Cuando se envían estos estímulos al hígado por los centros del bulbo, concomitantemente se producen estímulos de los centros suprarrenales a la glándula suprarrenal para la secreción de adrenalina (19, 23).

## **Hipotálamo**

Los efectos de la inervación del hipotálamo sobre el organismo son muy variados y extensos por presentar diversos centros de coordinación y regulación funcional, entre los que se encuentran los centros simpáticos situados en la región posterior del hipotálamo descritos por primera vez en 1936 por los fisiólogos Roussy y Mosinger. Además, investigaciones por diferentes autores reportan áreas reguladoras de la inervación cardíaca y vasomotora y describen que las áreas de la región anterior, septal, área

preóptica al ser estimuladas producen hipotensión, y las áreas hipotalámicas laterales por secreción adrenal ocasionan hipertensión (19, 22, 24).

Crouch, Elliott, Ectors y Kabat en 1936 describieron áreas en la porción anterior del hipotálamo que al estimularse producen bradipnea y áreas en la región posterior que ocasionan taquipnea; así se explica la regulación de la respiración por el hipotálamo. Otros investigadores, como Karplus y Kreidl, describieron centros en el hipotálamo posterior que producen una disminución de la perístalsis intestinal y la motilidad vesical y al estimular el hipotálamo anterior ocasionan aumento del tono del tracto digestivo y vesical (19, 22, 24).

El hipotálamo tiene efectos diversos sobre el metabolismo. Estudios de Barris e Ingram en 1936 demostraron que la estimulación de la región lateral del hipotálamo produce movilización de las reservas de glucosa por la estimulación simpática, originando glucosuria, y que la estimulación o lesiones en las regiones anteriores del hipotálamo producen hipoglucemias. Según los estudios realizados por D'Amour y Keller en 1933, Keller y Noble en 1935, también se sabe que el hipotálamo no solamente regula el metabolismo de los carbohidratos, sino también de los lípidos y las proteínas. El hipotálamo no solo presenta una regulación de las funciones metabólicas de lípidos, proteína y carbohidratos sino también un efecto sobre los electrolitos; esto es sustentado por los estudios experimentales de Condorelli, quien demuestra que al estimular los núcleos tuberales se produce un aumento de potasio y fósforo en sangre (19, 22, 24).

### **Tálamo y cuerpo estriado**

El tálamo óptico tiene diversas correlaciones y conexiones con el hipotálamo y la corteza cerebral por medio de fibras talamodiencefálicas y corticotálamicas; presenta una función autónoma y el cuerpo estriado y hace parte de la vía extrapiramidal; así mismo, desempeña funciones importantes en la regulación vegetativa (19, 24).

### **Corteza cerebral**

Los estudios desarrollados en 1874 por Schiff y Danilewski demostraron experimentalmente la capacidad de la corteza cerebral en el control de las funciones autónomas; reportaron que al estimular el lóbulo frontal se promueve la aceleración del

pulso y aumenta la tensión arterial. Estos estudios fueron corroborados por las investigaciones en monos y gatos llevadas a cabo por Fulton Green y Hoff, en 1938, quienes reportaron que las áreas 4 y 6 de Brodman son centros reguladores de la circulación (19, 24).

En la corteza cerebral hay centros reguladores de las funciones autónomas de la respiración, descritos por investigaciones entre las que se encuentran las de Vogt, Walker, Bucy y Chase, quienes expusieron centros reguladores de la respiración cerca de los centros cardiovasculares en las áreas 6 $\beta$  y 13 de Brodman; además se encuentran centros de regulación digestiva, que se dividen en centros motores y centros secretores. Watts y Fulton reseñaron neuronas reguladoras de la perístasis intestinal en el área 6 de Brodman. Las investigaciones de Parsons en 1901 explicaron la capacidad de la corteza cerebral de control de las funciones autónomas del reflejo pupilar, describiendo que el área 8 de Brodman presenta relación con la dilatación pupilar y el área 9 de Brodman, al ser estimulada, produce miosis (19, 24).

La corteza cerebral, como centro coordinador de las funciones superiores, también presenta regulación de los estímulos autónomos; esto permite una asociación e interacción del sistema nervioso central y el sistema nervioso autónomo, necesaria para el control y ejecución de las funciones de los sistemas corporales (19, 24).

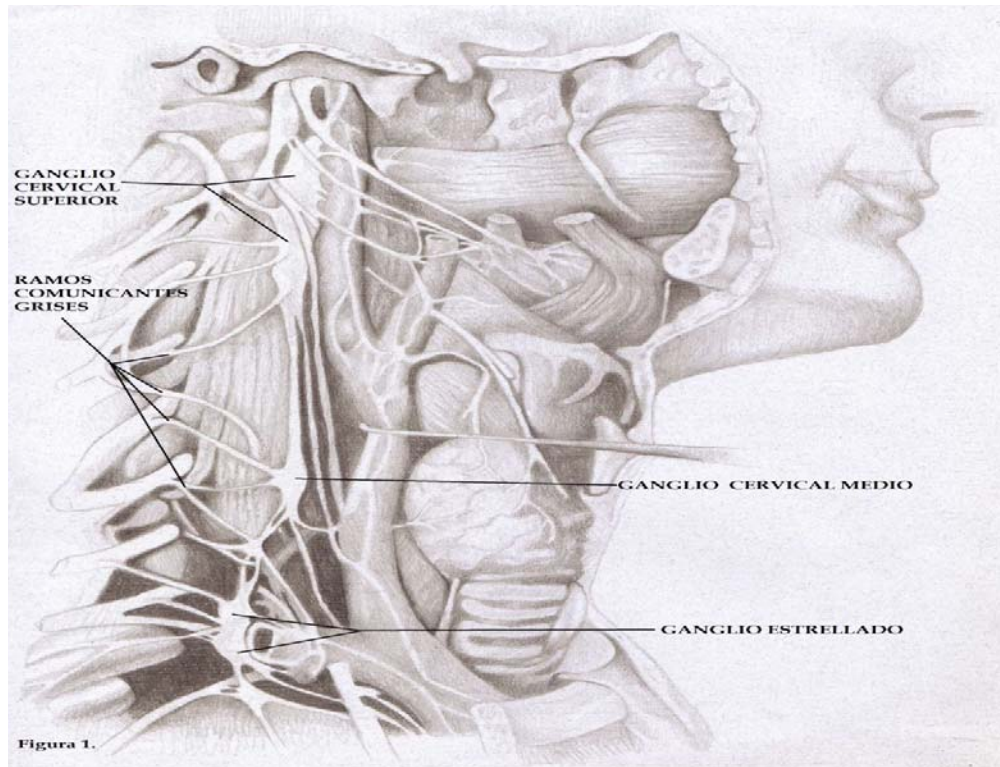
### **6.1.2 Ganglios simpáticos cervicales**

El tronco simpático cervical se distribuye desde la porción inferior del cráneo hasta la abertura superior del tórax; consta de una cadena ganglionar bilateral ubicada a ambos lados del cuello, que se divide en tres ganglios: cervical superior, cervical medio y cervical inferior; este último se fusiona con el primer ganglio torácico formando el ganglio estrellado (ver figura 1.) (15, 20).

#### **Ganglio cervical superior**

El ganglio simpático, de 5 a 6 cm de largo, se forma por la fusión de los ganglios cervicales de C1 a C4, situados lateralmente en el espacio retroestileo, encima de la hoja prevertebral de la fascia cervical, por delante de las apófisis trasversas de las tres

primeras vértebras cervicales, lateralmente a la pared de la faringe y medialmente a la apófisis mastoideas y está cubierto por el vientre posterior del músculo digástrico (15, 20).



*Figura 1. Disección cervical que muestra las estructuras y órganos del cuello en relación con el ganglio cervical superior, ganglio cervical medio y ganglio estrellado y los ramos comunicantes grises que conectan los ganglios simpáticos con la medula espinal.*

El ganglio cervical superior se relaciona con estructuras nerviosas y vasculares importantes, como la arteria occipital, la cual cruza por delante de la cara anterior del ganglio cervical superior, y los nervios hipogloso, vago y glossofaríngeo se sitúan lateralmente; en el polo superior se relaciona con la arteria carótida interna y en su polo inferior con la vena yugular interna (15, 20).

El ganglio cervical superior presenta emergencia de varios nervios eferentes que inervan las estructuras del cuello y el tórax; se describen a continuación (ver figura 2.) (15, 20).

### **Nervios eferentes del ganglio cervical superior**

- ❖ Nervio carotídeo interno: se origina del ganglio cervical superior y se dirige hacia la arteria carótida interna, formando el plexo carotídeo interno; este último acompaña el

recorrido de la arteria carótida interna y durante su trayecto emite ramos nerviosos para las arterias cerebrales y la arteria oftálmica (15, 20).

❖ Ramos del nervio carotídeo interno:

- Nervio carotidotimpánico: presenta conexión del plexo timpánico del nervio glosofaríngeo e inerva simpáticamente la membrana timpánica (15, 20).
  - Nervio pineal: nervio del ganglio cervical superior; inerva simpáticamente la glándula pineal, regulando la función y la secreción de melatonina; además realiza sinapsis con el núcleo supraquiasmático, que recibe información lumínica proveniente del nervio óptico necesaria para la síntesis de melatonina (15, 20)
  - Ramos simpáticos del ganglio ciliar: el nervio carotídeo interno emite ramos simpáticos que recorren el nervio nasociliar y hacen sinapsis con el ganglio ciliar; de este ganglio del nervio trigémino emergen nervios ciliares cortos que transmiten la información simpática hacia el músculo dilatador de la pupila realizando midriasis pupilar (15, 20).
  - Nervio petroso profundo: se origina del plexo carotídeo interno, se une al nervio petroso superficial y forma el nervio vidiano; este ingresa por el foramen lacerum a la fosa pterigoidea para realizar sinapsis con el ganglio pterigopalatino, del cual emergen fibras simpáticas y parasimpáticas para la glándula lacrimal, la mucosa nasal y la mucosa del paladar (15, 20).
- ❖ Nervio yugular o de Arnold: ramo comunicante del ganglio cervical superior que envía fibras para el ganglio petroso del glosofaríngeo y para el ganglio superior del vago. En su recorrido pasa por la parte posterior de la vena yugular interna e ingresa al canalículo mastoideo por la pared lateral de la fosa yugular. Al pasar por este canal óseo envía una rama ascendente anastomótica y al salir del canal mastoideo por la hendidura timpanomastoidea se divide en dos ramas, una para el nervio auricular mayor y otra para la región postero-inferior del tímpano y en el pabellón auricular (15, 20).

- 
- ❖ Ramos anteriores: se originan en el ganglio cervical superior y recorren el trayecto de la arteria carótida externa y sus ramas arteriales colaterales: arteria lingual, arteria facial y arteria maxilar, e inervan la mucosa nasal, glándula salivar sublingual, glándula salivar submaxilar y glándula parótida (15, 20).
  - ❖ Ramos comunicantes: fibras procedentes del ganglio cervical superior que presentan anastomosis para los nervios cervicales C1, C2 y C3 (15, 20).
  - ❖ Ramos vertebrales: son fibras posteriores que inervan las vértebras cervicales C2 y C3 y en ocasiones la vértebra cervical C4 (15, 20).
  - ❖ Ramos interganglionares: emergen en el polo inferior del ganglio cervical superior para realizar sinapsis con el ganglio cervical medio (15, 20).
  - ❖ Ramos viscerales: ramos aferentes y eferentes que presentan inervación a vísceras del cuello y tórax; entre ellos están el ramo laríngeo-faríngeo que inerva simpáticamente las paredes de la laringe y la faringe y el nervio cardiaco cervical superior que inerva la pared cardiaca (15, 20).

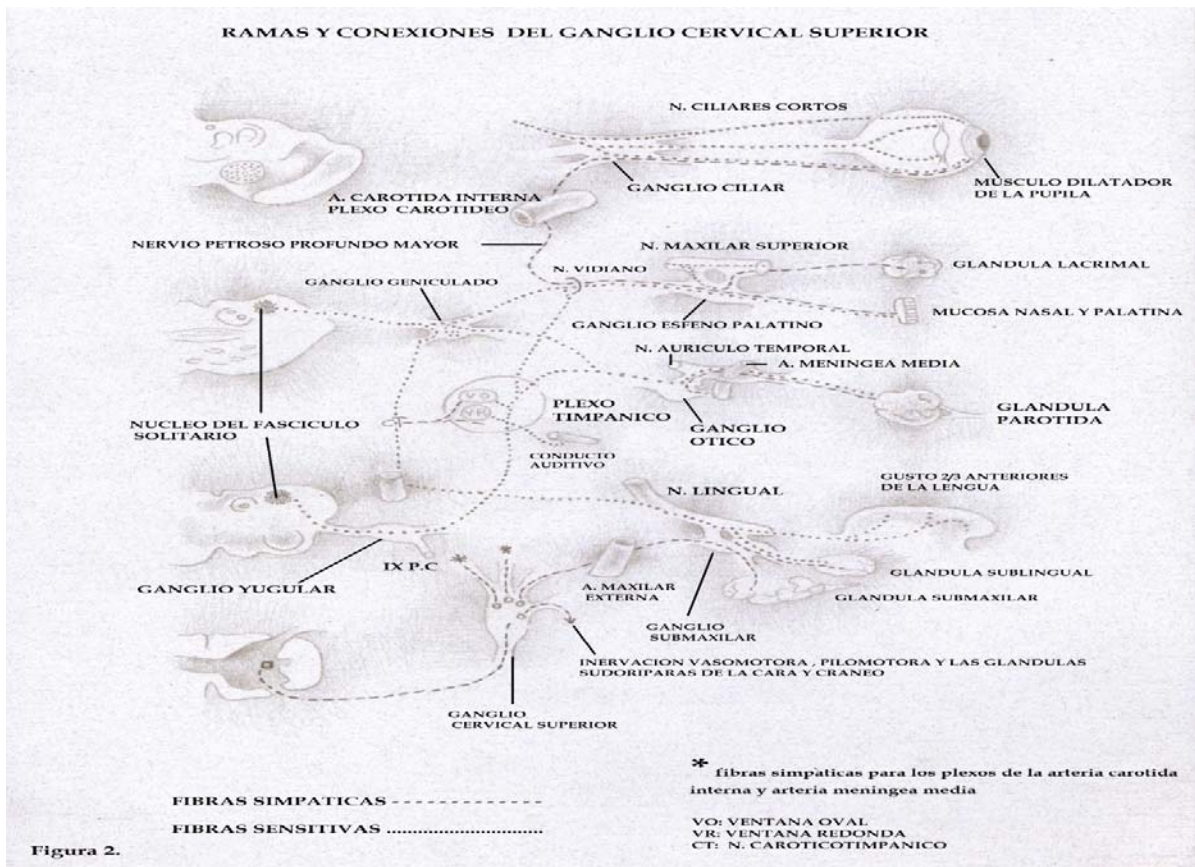


Figura 2. Describe las fibras simpáticas del ganglio cervical superior y sus conexiones con los ganglios ciliar, otico, submaxilar y los nervios que transportan el estímulo simpático a los órganos, glándulas y vasos del cráneo y cara.

## Relación del ganglio cervical superior y la terapia neural

Al estimular este ganglio con un anestésico local, se pueden observar efectos vasculares tanto a nivel de la región de la cara como a nivel cerebral; estos efectos se deben a que los nervios que emergen de este ganglio, como es el caso del nervio carotídeo interno y las ramas nerviosas para la arteria carótida externa provenientes también del mismo ganglio, transportan un estímulo simpático generando una vasodilatación, mejorando de esta manera el transporte de oxígeno hacia los tejidos que estas arterias irrigan. Este conocimiento, de hecho, es utilizado por algunos investigadores de la medicina tradicional en el manejo de enfermedades vasculares como es el accidente cerebrovascular (15, 16,41, 42).



El ganglio cervical superior presenta diversas relaciones con órganos de la cara y del cuello como son los músculos dilatador de la pupila, mucosa nasal, vísceras del cuello, glándula sublingual y glándula submaxilar; así mismo presenta conexiones con el ganglio ciliar, ganglio petroso del glossofaríngeo y ganglios del vago. Estas referencias anatómicas constituyen una herramienta de gran importancia al momento de realizar una técnica neural terapéutica, teniendo en cuenta el efecto que se generara a través de la red neuronal a partir del estímulo específico de este ganglio ( Ver tabla 1) (9, 16, 17, 18).

<b>Tabla 1. Conexiones e inervación de los ganglios simpáticos</b>					
<b>Ganglios simpáticos</b>	<b>Conexiones con nervios</b>	<b>Conexiones con ganglios</b>	<b>Inervación Vascular</b>	<b>Inervación de glándulas</b>	<b>Inervación de órganos</b>
Ganglio cervical superior	Nervios cervicales C1, C2 Y C3	Ciliar, pterigopalatino, petroso del glossofaríngeo, superior del vago, cervical medio	A. carótida externa, A. lingual, A. facial y la A. maxilar y A. carótida interna.	Pineal, lacrimal, sublingual, submaxilar y parótida.	Músculo dilatador de la pupila, laringe, faringe, corazón
Ganglio cervical medio	Nervios cervicales C4 y C5	Cervical superior y cervical inferior	Arterias tiroideas superior y arteria carótida común	Glándula tiroidea	Músculo dilatador de la pupila, y pared cardiaca
Ganglio estrellado	Raíces C5,C6 , C7 del plexo braquial, nervio vago y el nervio frénico	Ganglio ciliar, cervical medio	A. subclavia , A. axilar, A. vertebral y raíz simpática del ramo meníngeo espinal	Glándulas sudoríparas del miembro superior	Esófago, pleura , pulmones y corazón
Ganglios celiacos	Formación de los plexos que inervan el tubo digestivo y glándulas digestivo, nervio vago	Hipótesis: Ganglio estrellado vía nervio vago	A. Mesentérica superior, A. mesentérica inferior.	Hígado, páncreas, suprarrenal	Esófago, estómago, píloro, duodeno, intestino delgado, colon, riñón, bazo

### **Ganglio cervical medio**

Ganglio simpático inconstante que se forma por la fusión de los ganglios cervicales C5 y C6, ubicado a nivel de la arteria tiroidea inferior, posterior a la región carotídea entre el músculo escaleno anterior y el músculo largo del cuello; por encima de él se sitúa la porción prevertebral de la fascia cervical. Cuando el ganglio cervical medio no se encuentra, se forma un ramo interganglionar simpático que transporta impulsos simpáticos iridodilatadores al músculo dilatador de la pupila (15, 20).

El ganglio cervical medio presenta ramos colaterales para la glándula tiroidea, ramos vasculares que recorren el trayecto de las arterias tiroideas superior y arteria carótida común, ramos comunicantes para los nervios cervicales C4 y C5 y nervio cardiaco cervical medio, el cual inerva la pared miocárdica (15, 20).

### **Ganglio cervical inferior**

Este ganglio, que se origina de la fusión de los ganglios cervicales C7 y C8, se encuentra individualmente en 25% de los casos, mide 15 a 20 mm de longitud, tiene una forma variable redondeada o semilunar y se localice en la parte posterior de la arteria vertebral (15, 20).

Emite fibras interganglionares para conectarse con el ganglio cervical medio; estas fibras rodean y abrazan la arteria subclavia formando lo que se denomina asa de Vieussens. De este ganglio salen ramos eferentes hacia los nervios raquídeos C7 y C8 y se envían fibras que conforman el plexo vertebral y el nervio cardiaco cervical inferior (15, 20).

### **Ganglio estrellado**

Este ganglio cervicotorácico está presente en el 75% de los casos, conformado por la fusión del ganglio cervical inferior y el primer ganglio torácico; se denomina estrellado por la forma de las fibras interganglionares que unen a estos dos ganglios (15, 20).

El ganglio estrellado se ubica en la fosa suprarretropleural y por encima del cuello de la primera costilla y del primer nervio torácico T1 que hace parte del plexo braquial; por delante del ganglio estrellado se encuentran la arteria subclavia con su tronco costocervical y el origen de la arteria vertebral y se encuentra cubierto por diversos músculos: trapecio, elevador de la escápula, esternocleidomastoideo y músculos escalenos (ver figura 3.) (15, 20).

### **Ramos del ganglio estrellado**

- ❖ Ramos comunicantes para el plexo braquial: son cinco fibras que emergen del ganglio estrellado, realizan conexiones con las raíces C5, C6 y C7 del plexo braquial para realizar la acción simpática sobre los folículos pilosos, glándulas sudoríparas y

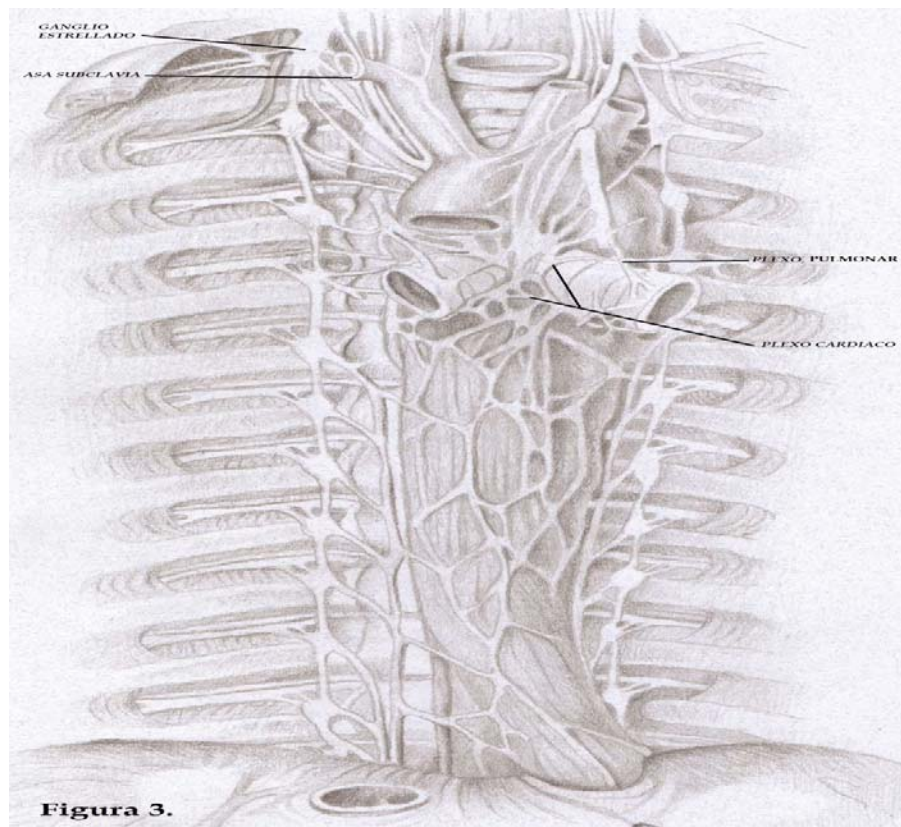
- vasos sanguíneos del miembro superior; el efecto sobre los vasos sanguíneos tiene repercusiones importantes en el funcionamiento de la musculatura (15, 21).
- ❖ Ramos laterales: acompañan en su recorrido a la arteria subclavia hasta la porción inicial de la arteria axilar y presentan función simpática vascular (15, 21).
  - ❖ Ramos vertebrales: ramo vascular que transcurre el recorrido de la arteria vertebral y sus ramas hasta la formación de la arteria basilar; también proporciona una raíz simpática del ramo meníngeo del nervio espinal (15, 21).
  - ❖ Asa de Vieussens: fibras interganglionares que unen el ganglio cervical medio y el ganglio cervical inferior, formando un asa que rodea a la arteria subclavia; de aquella emergen fibras iridodilatadoras hacia el ganglio ciliar y por medio de los nervios ciliares cortos inervan simpáticamente el músculo dilatador de la pupila y el músculo del párpado superior (15, 21).
  - ❖ Ramos comunicantes: nervios comunicantes para el nervio vago y el nervio frénico (15, 21).
  - ❖ Ramos descendentes: entre los ramos descendentes encontramos nervios para el esófago y la cúpula pleural y el nervio cardiaco cervical inferior; son necesarios para la inervación simpática del esófago, pulmones, diafragma y corazón (15, 21).

### **Relación del ganglio estrellado y la terapia neural**

7. Al realizar la técnica sobre este ganglio aplicando el anestésico procaína, se puede llegar a generar un efecto vasodilatador importante tanto a nivel cerebral, como de miembro superior, debido al efecto simpático vascular que ejerce este ganglio a través de sus ramas nerviosas, sobre las arterias vertebral, subclavia y axilar. (9, 16, 17, 18)
- 8.
9. El ganglio estrellado presenta una importante conexión con el plexo braquial, la cual permite una estimulación simpática de la piel, vasos sanguíneos y glándulas sudoríparas del miembro superior; esta correlación anatómica es utilizada por la

medicina occidental para el manejo quirúrgico de patologías, como es el caso de la hiperhidrosis (43). En contraposición con la medicina occidental, en el campo de la terapia neural, esta misma patología se pueden manejar con gran efectividad solamente estimulando el ganglio estrellado con anestésico local, evitando así el trauma quirúrgico que implica la realización de una simpatectomía (ver tabla 1) (2).

Una de las interconexiones nerviosas más importantes del ganglio estrellado son los ramos descendentes representados por los nervios esofágicos, nervios para la cúpula diafrágica y nervio cardiaco cervical inferior, los cuales van hacer parte de los plexos esofágico, pulmonar y cardiaco. En la terapia neural al realizar un estímulo sobre este ganglio se podría entonces llegar a tener un efecto fisiológico y regulador sobre los órganos antes mencionados (9, 25). En la medicina alopática, por su parte, se han desarrollado estudios donde se demuestran efectos reguladores sobre el ritmo cardiaco al incidir sobre el ganglio estrellado (20-22).



*Figura 3. Ilustración de la región torácica donde se señala el ganglio estrellado y el asa subclavia que es una rama que conecta el ganglio cervical medio y ganglio cervical inferior. Además, se muestran los ganglios simpáticos torácicos y el plexo cardiaco, plexo pulmonar los cuales inervan el corazón y pulmones.*

## **Inervación aferente del tronco simpático cervical**

La vía aferente simpática cervical transporta los estímulos sensitivos provenientes de las vísceras, glándulas y estructuras de la cara, cuello y tórax, entre las que se encuentran el globo ocular, laringe, esófago, pulmón y corazón. La vía aferente se origina de los receptores ubicados en las paredes de los órganos, que al presentarse estímulos mecánicos, químicos o térmicos emiten un impulso a través de fibras nerviosas tipo C que pertenecen a los nervios simpáticos, nervios cardiacos cervicales, nervios del esófago y nervios de la cúpula pleura, los cuales transportan la información sensitiva hacia los ganglios simpáticos cervicales (15, 19, 24).

Luego de que la información sensitiva hace relevo en los ganglios cervicales, se dirige hacia los segmentos medulares a través de los ramos preganglionares, ramos comunicantes blancos y raíces posteriores medulares hasta llegar y realizar sinapsis con las neuronas de la sustancia gris del asta posterior de la médula. Los axones de las neuronas del asta posterior conforman las vías medulares ascendentes; estas transportan la información sensitiva hacia los centros de control sensitivos supramedulares hasta llegar al área somatosensorial primaria y secundaria (15, 19, 24).

La información sensitiva transportada por las vías aferentes simpáticas es importante para la realización de arcos reflejos cortos y largos que permitan la regulación de las funciones cardiacas y respiratorias (15, 19, 24).

### **6.1.3 Ganglios celiacos simpáticos**

El plexo celiaco es la estructura más importante en la inervación de las vísceras abdominales y está conformado por tres ganglios simpáticos: celiaco, mesentérico superior y aórtico-renal (15, 24).

El plexo solar se localiza en la región epigástrica rodeando el tronco arterial celiaco y la raíz de la arteria mesentérica superior a nivel de la primera vértebra lumbar; se ubica en la parte anterior de los pilares del diafragma y posterior del estómago. Está relacionado en su extremo superior con la cabeza del páncreas, primera porción del duodeno,

arterias frénicas inferiores y en su extremo inferior con la arteria aorta, vena cava inferior y arterias renales (15, 24).

## **Ganglios simpáticos del plexo solar**

### **Ganglio celiaco o semilunar**

Aglomeración neuronal de 25 mm de diámetro en forma de semiluna o cuadrilátero ubicado a nivel de las vértebras T12 y L1; las porciones derecha e izquierda se sitúan lateralmente respecto del origen del tronco celiaco, se colocan sobre la aorta y los pilares del diafragma; el ganglio izquierdo se relaciona por la parte anterior con el páncreas, venas y arterias esplénicas y el ganglio derecho con la cabeza del páncreas (15, 20, 24).

El polo superior del ganglio celiaco recibe fibras nerviosas del nervio frénico, el polo inferior realiza conexión con fibras del nervio esplácnico menor, por el borde medial ingresa la rama derecha del vago y el asta lateral del ganglio celiaco recibe ramos del nervio esplácnico mayor (15, 20, 24).

### **Ganglio mesentérico superior**

Masa neuronal de 5 mm de diámetro que se encuentra a los lados de la arteria mesentérica superior; se une al páncreas por la parte posterior, emite fibras interganglionares superiores para conectarse con el ganglio celiaco y fibras interganglionares laterales para realizar conexión con los ganglios aorticorreales (15, 20, 24).

### **Ganglios aorticorreales**

Masas ganglionares irregulares situadas por encima de las arterias renales, aunque en ocasiones se encuentran en la parte anterior de la arteria renal; se conectan entre sí por fibras interganglionares y reciben fibras nerviosas de los nervios esplácnicos anteriores e inferiores (15, 20, 24).

### **Nervios preganglionares del ganglio celiaco**

Los nervios preganglionares del ganglio celiaco se originan en los ganglios paravertebrales del tronco simpático toracolumbar y se dirigen a los ganglios prevertebrales del plexo solar. Estos nervios transportan impulsos nerviosos eferentes

simpáticos e impulsos nerviosos sensitivos aferentes provenientes de las vísceras abdominales (ver figura 4.) (15, 20, 24).

Son los siguientes:

- Nervio esplácnico mayor: se origina por la unión de las fibras de los ganglios del tronco simpático T5 a T9, situados a nivel de las vértebras torácicas T9 a T10; se dirige en sentido inferior, atraviesa los pilares del diafragma e ingresa al abdomen y luego con sentido anteromedial; emite ramas colaterales para los plexos esofágico y aórtico y envía ramas terminales para el ganglio celiaco (15, 20, 24).
- Nervio esplácnico menor: nace en los ganglios del tronco simpático T10 y T11, desciende entre los pilares del diafragma e ingresa al abdomen; durante su recorrido envía fibras a los plexos renales, plexo mesentérico inferior y envía ramas terminales a los ganglios aorticorreales y algunas fibras realizan sinapsis con el ganglio celiaco (15, 24).
- Nervio esplácnico inferior: se forma por la única raíz del ganglio del tronco simpático T12, ingresa al abdomen junto con los otros nervios esplácnicos y envía fibras al ganglio y el plexo renales (15, 24).
- Nervio frénico derecho: emite fibras al ganglio celiaco para formar el plexo frénico (15, 24).
- Nervio vago derecho: emite ramos para el asta medial del ganglio celiaco derecho y en ocasiones envía fibra para el ganglio celiaco izquierdo, plexo hepático, plexo esplácnico y plexo mesentérico superior (15, 24).
- Nervios esplácnicos lumbares: se originan en los ganglios simpáticos paravertebrales de L1 a L4 (15, 24).



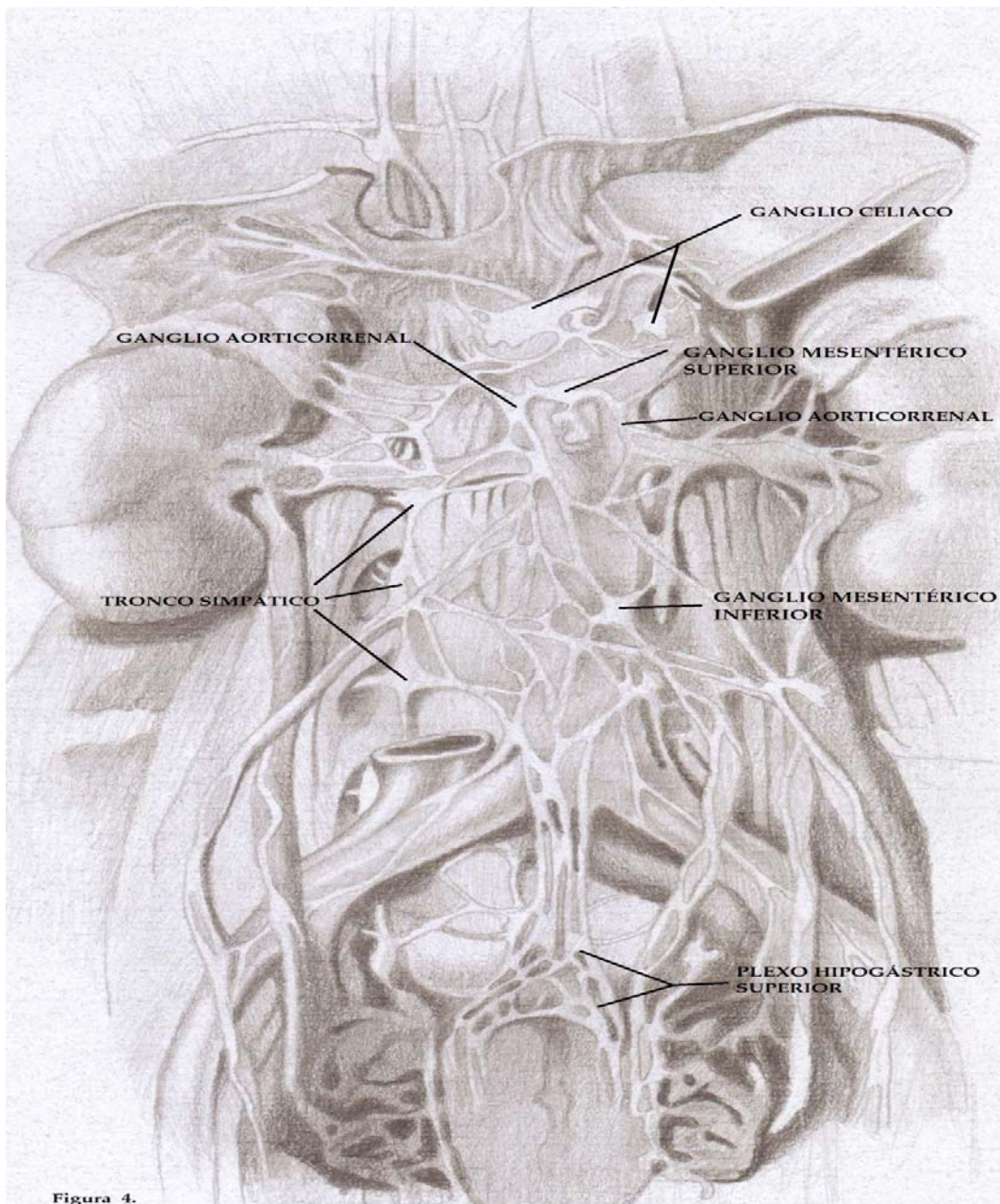


Figura 4.

Figura 4. En la ilustración se identifican el ganglio celiaco, ganglio mesentérico superior y ganglios aorticorreales los cuales conforman el plexo celiaco o solar; además, se muestran el ganglio mesentérico inferior y el plexo hipogástrico superior que inerva los órganos abdominales inferiores y pélvicos.

Nervio esplácnico lumbar L1: envía fibras que se unen al plexo celiaco, plexo renal y plexo aórtico (15, 24).

Nervio esplácnico lumbar L2: envía fibras al plexo aórtico (15, 24).



Nervio esplácnico lumbar L3: se origina del ganglio simpático lumbar L1, L2 y L3; emergen fibras para el plexo hipogástrico superior (15, 24).

Nervio esplácnico lumbar L4: nace del ganglio simpático lumbar L4 y emite fibras para el plexo hipogástrico superior y nervio hipogástrico (15, 24).

## **Nervios posganglionares del ganglio celiaco**

Las neuronas de los ganglios prevertebrales que conforman el plexo solar emiten fibras nerviosas que originan los nervios posganglionares; estos son los encargados de transportar estímulos simpáticos, parasimpáticos y sensitivos hacia las vísceras y glándulas abdominales (ver figura 5.) (15, 24).

Los nervios posganglionares del ganglio celiaco son:

- Plexo frénico: se origina de las fibras del nervio frénico que se dirige hacia la porción superior del ganglio celiaco, donde se unen con las fibras simpáticas y forman el plexo frénico. Estas fibras siguen el trayecto de las arterias frénicas inferiores para inervar el diafragma y parte de la glándula suprarrenal y el plexo frénico derecho envía fibras a la vena cava inferior y al plexo hepático (15, 21,24).
- Plexo hepático: se origina de la unión de las fibras nerviosas procedentes del nervio frénico derecho, nervios vagos derecho e izquierdo; luego de su nacimiento sigue el trayecto de la arteria hepática y la vena porta; durante su recorrido se divide en tres plexos: gástrico derecho, gastroduodenal y pancreaticoduodenal (15, 21,24).

Plexo gástrico derecho: realiza inervación simpática, parasimpática y sensitiva de la porción anterior, posterior y píloro del estómago. (24)

Plexo gastroduodenal: transcurre el recorrido de la arteria gastroduodenal inervando el píloro y la primera porción del duodeno (24).

Plexo pancreaticoduodenal superior: inerva la porción descendente del duodeno, porción inferior del colédoco y cabeza del páncreas (24).

- Plexo gástrico izquierdo: se origina de las fibras nerviosas procedentes del plexo celiaco y del nervio vago; este plexo transcurre el trayecto de la arteria gástrica izquierda enviando fibras hacia el esófago, esfínter pilórico y la curvatura menor del estómago (15, 21,24).
- Plexo esplénico: nace por la unión de las fibras del ganglio celiaco izquierdo y tronco vagal posterior, recorre el trayecto de las arterias esplénicas, arteria pancreática y arteria gastroepiploica izquierda e inerva simpática y sensitivamente la cúpula del bazo, epiplón mayor, cuerpo del páncreas, cola del páncreas, porción posterior y curvatura mayor gástrica (15, 21,24).
- Plexo renal: tiene origen en la unión de las fibras nerviosas del ganglio celiaco, ganglio aorticorrenal, plexo aórtico, plexo hipogástrico superior, nervio esplácnico dorsal inferior y nervio esplácnico lumbar; luego de formarse recorre el trayecto de la arteria renal proporcionando inervación simpática, parasimpática y sensitiva a la corteza renal, glomérulo, túbulo renales, vasos renales aferentes y eferentes (15, 21,24).
- Plexo mesentérico superior: presenta fibras nerviosas simpáticas y parasimpáticas; nace de la unión de las fibras nerviosas de los nervios del ganglio celiaco, ganglio aorticorrenal y nervio vago. De este plexo emergen fibras que conforman los plexos pancreaticoduodenal, yeyunal, ileal, ileocólico y cólico derecho, que inervan el páncreas y la capa muscular digestiva, la cual realiza la motilidad, el peristaltismo y relajación de esfínteres del intestino delgado y colon (15, 21,24).
- Plexo mesentérico inferior: formado por la interrelación de las fibras del plexo aórtico y fibras esplácnicas de L2 y L3. Luego de originarse recorre el trayecto de la arteria mesentérica inferior y en su parte inferior recibe fibras parasimpáticas sacras y del plexo hipogástrico inferior e inerva la porción izquierda del colon trasverso y colon descendente (15, 21,24).

- Plexo aórtico abdominal: conformado por fibras nerviosas del plexo celiaco y los nervios espláncnicos L1 y L2; se ubica entre las arterias mesentéricas superior e inferior, emite fibras que hacen parte de los plexos suprarrenales, renal, mesentérico inferior y testicular (15, 21,24).

### **Relación del plexo celiaco y la terapia neural**

El plexo simpático solar o celiaco está conformado por la agrupación de varios ganglios simpáticos interconectados entre sí, estos ganglios presentan fibras preganglionares que lo relacionan con la médula y presenta fibras posganglionares que constituyen los diferentes plexos nerviosos que inervan las vísceras abdominales, exceptuando algunos órganos de la región pélvica. En la terapia neural tiene mucha importancia la aplicación del anestésico local sobre estos ganglios, cuando se pretende obtener un efecto regulador sobre el tubo digestivo y las glándulas abdominales, generando con ello un proceso adaptativo del sistema afectado (ver tabla 2) (2,3). Cabe decir que en la medicina tradicional, por su parte, se utilizan tratamientos quirúrgicos consistentes en seccionar nervios del plexo celiaco, con el objetivo de tratar algunas patologías hemorrágicas abdominales. (20, 21, 22, 45)

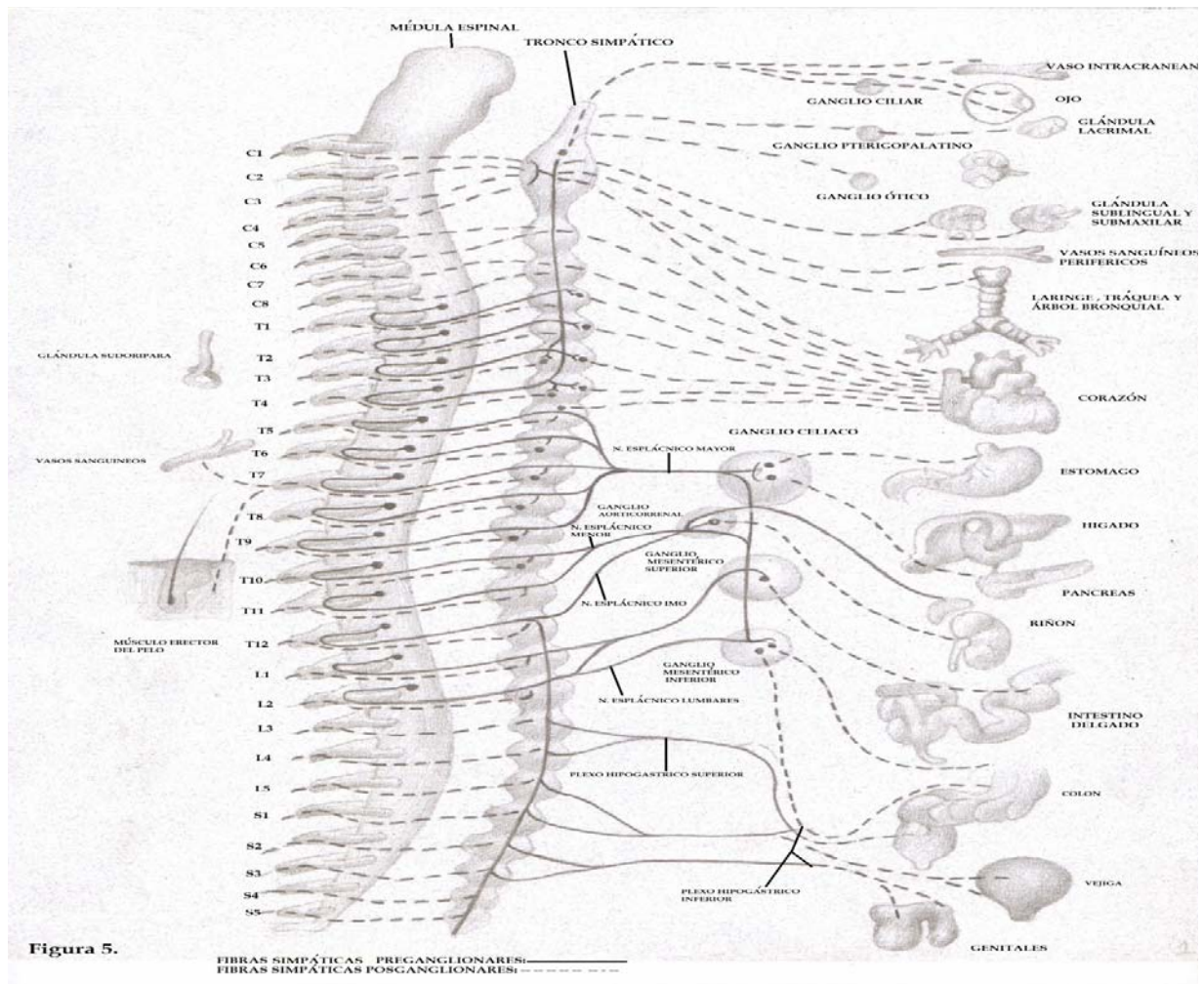


Figura 5. Se muestra la inervación simpática de los diferentes órganos, glándulas y vasos sanguíneos, se identifica la cadena ganglionar paravertebral simpáticas y sus conexiones con la medula, los ganglios prevertebrales simpáticos y su relación con las fibras simpáticas preganglionares y las fibras simpáticas posganglionares.

### Inervación entérica del plexo celiaco

El sistema nervioso autónomo inerva las paredes viscerales abdominales a través de plexos entéricos mayores y plexos entéricos secundarios; estos se originan de fibras nerviosas simpáticas provenientes de las cadenas simpáticas torácicas lumbares y fibras nerviosas parasimpáticas originadas del nervio vago que ingresan a los ganglios celiaco o solar. De los ganglios celiacos, mesentérico superior y aorticorrenales emergen fibras nerviosas que forman los plexos viscerales que transportan la inervación simpática y parasimpática a la pared visceral; así se originan los plexos entéricos, que están

conformados por tres tipos de neuronas: las células nerviosas tipo I presentan dendritas múltiples y gruesas con un solo axón que llega hasta las células musculares, las células nerviosas tipo II son células sensoriales que poseen dendritas largas y delgadas que se sitúan en la mucosa y, por último, las células nerviosas tipo III tienen función integradora y están constituidas por dendritas medianas que se conectan a los ganglios adyacentes (17, 24).

### **Plexos entéricos mayores**

**Plexo de Auerbach:** realiza una distribución por la capa muscular del tubo digestivo, incluidas las vías biliares y el músculo estriado del segmento superior de la faringe, y está conformado por tres mallas plexiformes situadas entre las capas del músculo liso longitudinal y circular del tubo digestivo. La malla principal es gruesa y está formada por haces de fibras gruesas amielínicas distribuidas longitudinalmente, unidas a ganglios, y la malla secundaria presenta fibras nerviosas delgadas con neuronas intercaladas y sinapsis con la malla terciaria que tiene conexión directa con las fibras del músculo liso (17, 21, 24).

**Plexo submucoso de Meissner:** se distribuye en mayor cantidad en el intestino delgado y no se encuentra en el esófago y en la porción distal anal. Está constituido por una red de fibras delgadas, con ganglios pequeños ubicados en la capa submucosa, aunque no todas las fibras se encuentran delimitadas en esta capa; algunas fibras nerviosas llegan hasta la capa muscular y la muscular de la mucosa (17, 24).

### **Plexos secundarios**

**Plexo subseroso:** conformado por fibras nerviosas finas y algunos ganglios situados por debajo de la capa serosa (24).

**Plexo mientérico profundo:** se sitúa entre la capa muscular media del tubo digestivo, presenta una conformación similar a la malla terciaria del plexo de Auerbach, con conexiones con el plexo submucoso (24).

**Plexos mucosos:** se distribuyen por la porción subglandular, interglandular e intravellosa de la capa mucosa de todo el tubo digestivo (24).

## **Inervación sensitiva del plexo celiaco**

La sensibilidad de las paredes del tubo digestivo está determinada por componentes que transportan el estímulo sensitivo hasta la corteza cerebral; entre estos se encuentran los receptores de la pared visceral, fibras aferentes, ganglio celiaco, nervios espláncnicos, tronco simpático toracolumbar, médula, vía medular, tallo cerebral y tálamo (23, 24).

La vía aferente simpática del plexo celiaco transporta los estímulos sensitivos provenientes de las vísceras abdominales, la cual se origina en los quimiorreceptores, mecanorreceptores de adaptación rápida y lenta que se encuentran en la mucosa, submucosa y muscular del tubo digestivo. Estos receptores son sensibles a estímulos químicos y mecánicos como torsión, distensión, contracción, cambios de osmolaridad y acidez (23, 24).

Los receptores de la pared del tubo digestivo al ser estimulados transmiten un impulso nervioso a través de fibras nerviosas aferentes amielínicas tipo C y fibras tipo A- $\delta$  y A- $\beta$ , las cuales conforman los nervios posganglionares simpáticos. Estos nervios transportan los estímulos sensitivos hasta los ganglios prevertebrales abdominales que conforman el plexo celiaco. Luego de que las fibras tipo C realizan sinapsis con las neuronas de los ganglios celiaco, aorticorrenales y mesentérico superior, la información sensitiva visceral recorre los nervios preganglionares hasta llegar a los ganglios paravertebrales que conforman el tronco simpático y de aquí continúan su recorrido a través de los ramos comunicantes blancos y raíz medular posterior hasta llegar al asta posterior medular y realizar sinapsis con las neuronas de las láminas I, II, V y X. De los axones de las neuronas de las láminas de Rexed se forman las vías sensitivas ascendentes que transportan la información sensitiva abdominal hacia centros sensitivos en el tallo cerebral, tálamo y corteza cerebral (23-26).

## **6.2 Vías aferentes de los ganglios cervicales, ganglios simpáticos celiacos y dolor visceral**

El dolor abdominal es uno de los signos más representativos en la semiología médica; esta tiene en cuenta sus características y situación para hacer un diagnóstico adecuado. La mayoría de las ocasiones el dolor abdominal agudo o crónico procede de las vísceras

abdominales, aunque puede provocarse por lesiones de los músculos, de la fascia muscular o de los nervios. Este dolor se distribuye o se irradia por la pared abdominal o torácica (24).

El dolor ocasionado por patologías abdominales tiene características diferentes al dolor somático general, debido a ciertas consideraciones anatómicas y fisiológicas de las vísceras, en las cuales las lesiones de tipo laceración, sección o aplastamiento no producen estímulos dolorosos; en cambio, la isquemia, necrosis, inflamación, tracción, distensión anormal y repentina de vísceras huecas, vísceras sólidas, cápsulas y la compresión o torsión de epiplones e intestinos ocasionan estímulos viscerales dolorosos (24).

Las lesiones de tipo distensión, tracción o isquemia estimulan sensaciones dolorosas porque en las paredes del tubo digestivo y las vísceras se encuentran pocas terminaciones nerviosas libres que son las que perciben estímulos, pero en cambio presentan abundantes mecanorreceptores que se encargan de emitir señales sensitivas de tipo mecánico hacia el sistema nervioso. Pero cuando hay movimientos abruptos y exagerados del tracto digestivo, como distensiones o torsiones se emiten estímulos dolorosos hacia el sistema nervioso (24).

En las paredes del tracto digestivo se sitúan quimiorreceptores y mecanorreceptores de acción rápida y de acción lenta. Estos quimiorreceptores se sitúan en la mucosa del tubo digestivo, específicamente en la mucosa gástrica y duodenal, y pueden ser de dos tipos: receptores de ácido y osmorreceptores, que se activan en presencia de diversas sustancias químicas y cambios de osmolaridad (24).

Los mecanorreceptores de acción rápida se encuentran en el mesenterio, en la mucosa muscular y en la mucosa del tubo digestivo; se estimulan ante situaciones como oscilaciones al azar y abruptas y se inhiben ante estímulos mecánicos constantes. A ciertos mecanorreceptores se les han atribuido múltiples funciones; por ejemplo, los receptores de Pacini del mesenterio tienen la capacidad de estabilizar la irrigación en el eje esplácnico, debido a su cercanía con las arterias mesentéricas; los mecanorreceptores de acción rápida ubicados en la submucosa perciben los movimientos de distensión y contracción del tubo digestivo y los que se encuentran en la mucosa reaccionan ante estímulos táctiles (24).

Los mecanorreceptores de acción lenta se encuentran en la capa muscular del tubo digestivo, específicamente en el esófago, intestino y estómago, tienen la función de percibir los estímulos de tensión, distensión y contracción de la musculatura visceral, los cuales son necesarios para que se produzca la sensación de hambre. En el estómago los mecanorreceptores de acción lenta son de dos tipos: los de bajo umbral ante los estímulos de tensión, a los cuales se les han atribuido funciones de regulación y control del ritmo y la fuerza de contracción de la musculatura gástrica, por medio de actividad gástrica refleja, y los mecanorreceptores de umbral alto, los cuales ante un estímulo contráctil intenso responden generando inhibición de los mecanorreceptores de umbral bajo (24).

Los estímulos sensitivos dolorosos, mecánicos, químicos y osmóticos, provenientes de los mecanorreceptores y quimiorreceptores de las paredes del tracto digestivo son transportados por fibras aferentes simpáticas que se dirigen hacia las neuronas moduladoras e integradoras que se encuentran en la médula espinal (24).

Por mucho tiempo ha sido tema de discusión la manera como es conducida la sensibilidad visceral desde los órganos hasta la médula y centros superiores nerviosos; los estudios realizados por Leriche y Adson proponen que los estímulos viscerales son transmitidos por los nervios del sistema autónomo y que estos nervios tienen características mixtas, lo que permite que conduzcan estímulos vegetativos desde los centros autónomos hacia las vísceras y conduzcan también estímulos sensitivos de las vísceras a los núcleos sensitivos medulares y supramedulares. Los estímulos procedentes de las vísceras pueden ser de tipo distensión, contracción, vaciamiento y químicos; son conducidos por las fibras nerviosas parasimpáticas y los estímulos dolorosos son conducidos por las fibras aferentes simpáticas. Este concepto fue sustentado y corroborado por las investigaciones realizadas por Head, donde se describen zonas de piel dolorosa asociada con patologías viscerales, utilizando para ello el mapa de distribución sensorial del sistema simpático de Edgeworth y la distribución de los nervios simpáticos descrita por Gaskell (19).

Los estímulos sensitivos procedentes de los receptores de la pared de las vísceras son transportados por nervios eferentes posganglionares; un porcentaje de las fibras de estos son de tipo aferente, como es el caso del nervio esplácnico mayor, en que el 20% de sus fibras son de este tipo, y el nervio vago, el cual presenta un 80% de fibras aferentes.



Estas fibras nerviosas aferentes en un 90% son amielínicas tipo C y el 10% restante está constituido por fibras mielínicas tipo A- $\delta$  y A- $\beta$  (24, 26).

El estímulo sensitivo doloroso visceral es transportado por los nervios posganglionares abdominales y torácicos, entre los que se encuentran los plexos cardiaco, hepático, gastroduodenal, esplénico y gástrico. Estos plexos viscerales simpáticos presentan conexión con los ganglios simpáticos cervicales y ganglios del plexo solar; desde estos ganglios simpáticos prevertebrales se continúa la información sensitiva por los nervios preganglionares, o sea los nervios espláncnicos mayor, menor e inferior, hacia los ganglios del tronco simpático. Algunos investigadores afirman que en este punto no se realiza sinapsis y que la información viaja por los ramos comunicantes blancos y las raíces espinales hasta ingresar a la médula y hacer sinapsis con las neuronas de las láminas medulares de Rexed I, II, V y X del asta posterior de la médula espinal. De los axones de las neuronas localizadas en las láminas de Rexed se forman las vías ascendentes sensitivas, entre ellas la vía espinotalámica lateral que conduce la sensibilidad dolorosa hacia los núcleos sensitivos del tallo cerebral, tálamo, sistema límbico y corteza cerebral (24, 26).

Hay que tener en cuenta que históricamente la descripción de las vías de conducción de la sensibilidad desde los órganos hasta la médula fue un tema de discusión entre anatomistas y neurofisiólogos, quienes sustentaban distintas teorías relacionadas con el recorrido de la sensibilidad visceral; por ejemplo, el neuroanatomista Foerster en 1927 describe las diversas y posibles maneras de transmisión de los estímulos viscerales; los hallazgos de Foerster podemos sintetizarlos de la manera siguiente (ver figura 6.)

- Foerster afirmó que la información sensitiva visceral se desplaza por los nervios simpáticos, los cuales realizan sinapsis con los ganglios torácicos abdominales y luego forman conexión con los ganglios del tronco simpático, continuándose por los ramos comunicantes blancos, para discurrir finalmente por las raíces posteriores medulares hasta llegar a la médula (19)
- Describe también otra vía parecida a la anterior, donde la información sensitiva realiza conexiones con los ganglios simpáticos periféricos y los ganglios del tronco simpático, con la diferencia que esta vía recorre las raíces anteriores medulares, y no las posteriores, hasta alcanzar el asta posterior de la médula (19).

- Por otro lado, sostiene que las fibras simpáticas, que conducen la sensibilidad desde las vísceras, tienen un trayecto sin realizar conexiones con los ganglios simpáticos torácicos abdominales ni con los ganglios del tronco simpático. Estas fibras discurren a través de los ramos comunicantes blancos y las raíces anteriores medulares hasta llegar a las astas posteriores de la médula (19).
- Así mismo, hace alusión a la vía espinal clásica u oficial de la sensibilidad visceral, teoría apoyada por la mayoría de los neurofisiólogos, entre ellos Ramón y Cajal, en la que afirma que la sensibilidad es conducida por los nervios simpáticos, los cuales realizan sinapsis con los ganglios prevertebrales abdominales y torácicos, entre ellos los ganglios estrellado y celiaco. Luego de la sinapsis con estos ganglios, se dirigen hacia el tronco simpático, pero sin realizar conexiones con sus ganglios; posteriormente recorren el ramo comunicante blanco, hacen sinapsis con el ganglio espinal y pasan por las raíces posteriores medulares hasta los centros sensitivos de la médula (19).

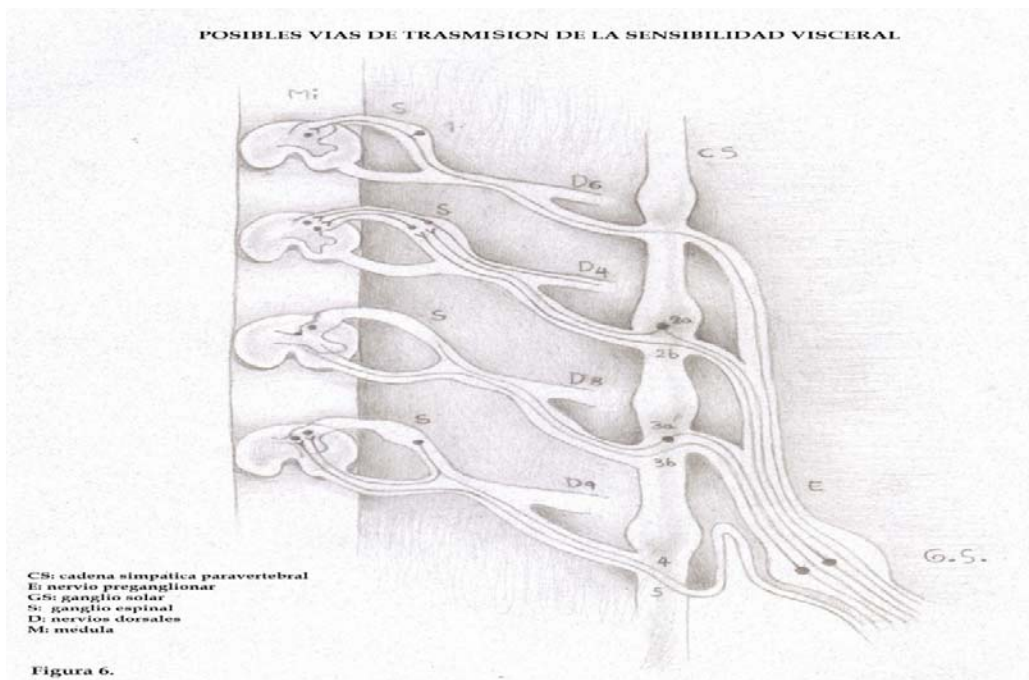


Figura 6. 1: Fibra sensitiva somática y autónoma, con el cuerpo neuronal en el ganglio espinal. 2: fibra aferente simpática con el soma neuronal en el ganglio simpático. 2a: en el ganglio paravertebral de la cadena simpática, 2b: en los ganglios periféricos prevertebrales. 3: fibras aferentes simpáticas con el cuerpo neuronal en el ganglio simpático que luego ingresa en la médula por la raíz anterior medular, 3a: el soma de la neurona se encuentra en los ganglios de la cadena simpática, 3b: el soma de la neurona se encuentra en los ganglios prevertebrales. 4: fibra simpática aferente que ingresa en la médula por la raíz anterior y su cuerpo neuronal se encuentra en el ganglio espinal. 5: fibra aferente autónoma con su cuerpo neuronal en la sustancia gris de la médula.

### 6.2.1 Descripción de las vías aferentes viscerales

Basados en la información recopilada de diversos textos de anatomía y fisiología, que fue posteriormente analizada de manera detallada, a continuación describiremos con la mayor precisión posible el recorrido de la información sensitiva dolorosa, desde las vísceras hacia la médula espinal, a través de nervios simpáticos mixtos, los cuales presentan fibras nerviosas autónomas y fibras nerviosas sensitivas nociceptivas (Ver tabla 2.).

**Corazón:** la información dolorosa percibida por los receptores cardiacos es transportada por los nervios del plexo cardiaco, específicamente por los nervios cardiacos, cervical superior y cervical inferior, los cuales realizan sinapsis con los ganglios simpáticos, cervical superior y estrellado, respectivamente. A partir de estos ganglios la información viaja a través de fibras nerviosas preganglionares, que se dirigen hacia la médula a través de los ramos comunicantes blancos hasta realizar sinapsis con las neuronas del asta posterior de la médula (15, 20, 21).

**Pulmones:** la sensibilidad de los pulmones realiza su recorrido aferente a través de los nervios posganglionares que conforman el plexo pulmonar. Estos nervios realizan sinapsis con los ganglios simpáticos, cervical superior, cervical medio, cervical inferior y estrellado; luego, desde estos ganglios y por medio de fibras nerviosas preganglionares, transportan el estímulo sensitivo hacia la médula a través de los ramos comunicantes blancos, hasta realizar sinapsis con las neuronas del asta posterior de la médula (15, 20, 21).

**Laringe, faringe y esófago:** la sensibilidad de estas tres estructuras es transportada por nervios posganglionares que conforman los plexos faríngeo, laríngeo y esofágico; los plexos faríngeo y laríngeo presentan conexiones con el ganglio cervical superior y el plexo esofágico con el plexo cervical inferior; estos ganglios a su vez hacen sinapsis con la médula a través de los ramos comunicantes blancos (15, 20, 21).

**Estómago:** los estímulos sensitivos del estómago son transportados por tres plexos: gástrico derecho, gástrico izquierdo y gastroduodenal. Los estímulos sensitivos procedentes del píloro y de los segmentos superoanterior y posterior del estómago son transportados por el plexo gástrico derecho; el plexo gastroduodenal conduce la

sensibilidad del lado derecho del estómago y la curvatura mayor y el plexo gástrico izquierdo transporta la sensibilidad de la curvatura menor gástrica (15, 20, 21).

Los plexos mencionados transportan la sensibilidad visceral hacia el ganglio celiaco, en el cual ingresan fibras preganglionares del nervio esplácnico mayor; estas conducen los estímulos sensitivos hasta los ganglios de T5 a T10 del tronco simpático. Desde este punto y a través de los ramos comunicantes blancos realizan sinapsis con las neuronas del ganglio espinal, luego recorren la raíz posterior de la médula hasta conectarse con las neuronas de las láminas del asta posterior de los segmentos medulares torácicos (15, 20, 21).

**Intestino delgado:** la sensibilidad dolorosa del segmento superior del duodeno y del píloro es conducida por el nervio gastroduodenal; la sensibilidad de la porción descendente del duodeno, cabeza del páncreas y porción final del colédoco, es suministrada por el plexo gastroduodenal. Cabe decir que estos dos plexos presentan conexiones con el ganglio celiaco; los segmentos del intestino delgado, como el yeyuno y el íleon, son inervados por el plexo mesentérico superior, el cual presenta relación con el ganglio simpático mesentérico superior (15, 20, 21).

**Hígado:** el plexo hepático está conformado por fibras nerviosas simpáticas, parasimpáticas y sensitivas; en su recorrido acompaña a la arteria hepática. Los estímulos sensitivos y simpáticos conducidos por las fibras nerviosas que conforman el plexo hepático se dirigen hacia el ganglio celiaco (15, 20, 21).

**Bazo:** el plexo esplénico está conformado por fibras nerviosas procedentes de los ganglios simpático, celiaco y tronco vagal posterior. Luego de formado discurre paralelo a las arterias esplénicas y pancreáticas hasta llegar al bazo, donde proporciona inervación aferente sensitiva y eferente simpática y parasimpática (15, 20, 21).

**Riñón:** la inervación renal la proporciona el plexo renal; este se origina en los ganglios celiaco y aórtico renal y se distribuye a través de las arterias renales para permitir una inervación simpática eferente y sensitiva aferente a la cápsula renal, parénquima renal, porción superior de los uréteres y además contribuye a la formación de los plexos uretral y gonadal (15, 20, 21).

**Intestino grueso:** la inervación del intestino grueso es proporcionada principalmente por tres plexos nerviosos, el mesentérico superior que inerva la región ilieocólica y el colon derecho; posteriormente se conduce la información hacia el ganglio mesentérico superior. El segmento izquierdo del colon es inervado por el plexo mesentérico inferior, el cual se origina de fibras nerviosas procedentes del ganglio mesentérico inferior, plexo hipogástrico superior y fibras parasimpáticas. Finalmente la porción rectal se encuentra inervada por el plexo hipogástrico inferior (15, 20, 21).

Tabla 2. VÍAS AFERENTES VISCERALES			
Órgano	Nervio posganglionar	Ganglio previsceral	Tronco simpático
Corazón	Plexos cardiacos	Ganglio cervical superior y estrellado	Ganglios C8 a T4
Pulmón	Plexos pulmonares	Ganglio cervical superior y estrellado	Ganglios C8 a T4
Laringe, faringe y esófago	Plexos faríngeos, plexos laríngeos y plexo esofágico	Ganglio cervical superior	Ganglios C8 a T4
Estómago	Plexos gastroduodenal, gástrico derecho y gástrico izquierdo	Ganglio celiaco	Ganglios T5 a T10
Intestino delgado	Plexos gastroduodenal y mesentérico superior	Ganglio celiaco y ganglio mesentérico superior	Ganglios T11 a L1
Intestino grueso	Plexos mesentérico superior y mesentérico inferior	Ganglio mesentérico superior Ganglio mesentérico inferior	Ganglios T11 a L2

## 6.2.2 Médula, vías medulares y centros del dolor

La médula es una estructura que interviene de manera importante en la conducción de la sensibilidad dolorosa. No es considerada un simple sitio de relevo, sino una región nerviosa donde se da la interacción de fibras aferentes; además hace gala de un sistema de inhibición nociceptivo (24).

La médula está constituida en su periferia por una sustancia blanca, conformada por fibras mielínicas, y en la porción central se localiza la sustancia gris, que forma las astas posteriores, anterior y lateral, las cuales se dividen a su vez en 10 láminas, clasificadas del I al X; las fibras sensitivas aferentes ingresan al asta posterior, que está conformada por las láminas del I al VI, donde se llevan a cabo las sinapsis con las distintas neuronas sensitivas (27-30).

La lámina I del asta posterior medular es de gran importancia en la percepción dolorosa porque presenta neuronas nociceptivas específicas; estas realizan sinapsis con fibras aferentes nociceptivas primarias, que transportan la sensibilidad dolorosa. Desde esta lámina se derivan fibras de proyección supraespinales, que se conectan con el tálamo para conformar la vía espinotalámica (27-30).

La sustancia gelatinosa de Rolando, también conocida como lámina II del asta posterior medular, está conformada por neuronas excitatorias e inhibitorias que conforman redes locales, importantes en el proceso de regulación y procesamiento de los estímulos dolorosos procedentes de fibras sensitivas periféricas y viscerales (27-30).

La lámina V del asta posterior de la médula está conformada por neuronas multirreceptivas de clase 2 de intervalo dinámico amplio (WDR), también llamadas neuronas de convergencia porque allí se integra la información nociceptiva proveniente de las fibras A- $\delta$  y A- $\beta$ , que transportan la sensibilidad dolorosa periférica cutánea, y las fibras tipo C que transportan la sensibilidad dolorosa visceral, constituyendo el sustento anatómico para la formación del fenómeno del dolor referido (24, 28, 29).

Los estímulos nociceptivos provenientes de las fibras sensitivas viscerales, luego de realizar sinapsis con las neuronas excitatorias e inhibitorias medulares, las cuales ejercen la función de modular la información dolorosa, se desplazan por dos caminos o vías

posibles: una vía para llevar a cabo conexiones sinápticas con las neuronas de las astas laterales y anteriores, donde estas a su vez emiten fibras simpáticas o motoras que se dirigen hacia los órganos, formando circuitos reflejos viscerales, y la otra vía es por donde se conduce la información sensitiva en una dirección ascendente supramedular hacia los núcleos sensitivos dolorosos en el tallo cerebral, tálamo y encéfalo, a través de los tractos medulares espinotalámico, espinorreticular y espinomesencefálico (24, 28, 29).

El tracto medular espinotalámico se origina en las neuronas de las láminas I, II y V del asta posterior medular; las fibras nerviosas cruzan en sentido contralateral, dirigiéndose al cordón lateral medular, ascendiendo y formando el fascículo espinotalámico. Este tracto nervioso asciende por los segmentos medulares hasta llegar al núcleo ventral posterolateral del tálamo y posteriormente establece conexiones con la corteza cerebral sensitiva (24, 28, 29).

La vía medular principal que transporta la sensibilidad dolorosa es el tracto medular espinotalámico, pero existen tractos medulares secundarios, como el espinorreticular y el espinomesencefálico; el primero de ellos tiene como función la transmisión del dolor y está involucrado en el componente afectivo y emotivo del dolor, así como también en la generación de mecanismos de evitación y formación de reflejos viscerosomáticos. Este tracto medular se origina en las láminas medulares I, II y V; las fibras nerviosas cruzan en sentido contralateral hasta el cordón lateral medular y ascienden formando el fascículo espinorreticular, que hace sinapsis con los núcleos gigantocelular, reticular lateral y el subnúcleo reticularis dorsalis, los cuales pertenecen a la formación reticular del bulbo raquídeo. El tracto espinomesencefálico es una vía ascendente sensitiva, que tiene funciones discriminativas, afectivas y reflejas del dolor y se relaciona con los sistemas analgésicos inhibitorios descendentes supraespinales (Ver figura 7.) (24).

Las vías medulares transportan la sensibilidad dolorosa hacia los núcleos o estructuras donde se realiza el procesamiento de la información nociceptiva; entre estos núcleos encontramos la formación reticular, que es un grupo de neuronas isodendríticas que se extienden por el bulbo raquídeo, puente y mesencéfalo. Esta estructura nerviosa envía axones colaterales para realizar sinapsis con la médula espinal, núcleos sensoriales, núcleos motores, diencefalo y corteza cerebral; además envía proyecciones ascendentes hacia las porciones posterior y medial del tálamo a partir del núcleo gigantocelular. Se

describe también que la formación reticular tiene conexiones con la corteza cerebral a partir de cinco vías de gran importancia en la modulación del comportamiento y la respuesta ante el dolor (24).

La formación reticular, por presentar múltiples sinapsis con diversos núcleos y regiones del sistema nervioso, posee también múltiples funciones, como la mediación de las actividades motoras y autónomas, la modulación de los sistemas sensoriales somáticos, auditivos y visuales, e interviene en los mecanismos motivacionales y afectivos, los cuales pueden a su vez modular la conducta ante el dolor; sus conexiones descendentes con los segmentos medulares permiten formar un circuito de retroalimentación para la regulación de los impulsos sensitivos provenientes de la médula (24).

El tálamo es una región de gran importancia en el procesamiento de la información dolorosa; en esta área ingresan y se procesan la mayoría de los estímulos sensitivos que se dirigen a la corteza cerebral. El tálamo se divide en diversos núcleos que se organizan en las regiones anterior, posterior, ventral y dorsal; el núcleo ventral posterolateral (VPL) es el sitio más importante del tálamo y está relacionado con la sensibilidad dolorosa de la piel y las vísceras; en este núcleo hace conexión la vía espinotalámica, que se origina de las neuronas de las láminas I, II y V de la médula espinal, y además emite fibras nerviosas hacia el área somatosensorial I y II de la corteza cerebral y la corteza parietal posterior, específicamente hacia las áreas corticales 3B y 1 de Brodman, y transporta la información de la sensibilidad cutánea y los estímulos de la sensibilidad visceral hacia las áreas corticales 2 y 3 b de Brodman del área somática primaria. El tálamo contiene otros núcleos relacionados con la sensibilidad dolorosa, entre ellos podemos nombrar el núcleo ventral posteromedial, que está relacionado con la vía trigeminocortical, la cual conduce la sensibilidad dolorosa de la cara, y finalmente tenemos el núcleo medial del tálamo el cual se relaciona con la transmisión de estímulos nocivos viscerales (24).

El hipotálamo es una estructura nerviosa ubicada en el diencefalo por debajo del tálamo y alrededor del polo rostral del tallo cerebral. Se divide en dos porciones, una lateral y otra medial, y presenta además tres zonas: la supraóptica, la tuberal y la posterior o mamilar. El hipotálamo recibe impulsos ascendentes a través del fascículo longitudinal dorsal, tiene también conexiones bilaterales con la médula, la región reticular, el tálamo y la corteza; además posee núcleos autónomos que le atribuyen funciones de codificación



de la sensibilidad dolorosa visceral y somática y de regulación de los estímulos autónomos (24).

El sistema límbico es la zona del diencéfalo conformada por el hipocampo amigdalario y la circunvolución del cíngulo; su función tiene que ver con la modulación de las emociones y la conducta. La amígdala se sitúa en el lóbulo temporal en su porción medial; presenta varios núcleos; de estos, el más estudiado y conocido es el núcleo central de la amígdala, el cual se sitúa en su porción caudal. Este núcleo se divide en medial y lateral y contiene neuronas pequeñas que reaccionan ante estímulos dolorosos nocivos procedentes de la piel y vísceras. Se presume que la amígdala puede participar en la apreciación de la intensidad y la dimensión sensorial y discriminativa del dolor. La circunvolución del cíngulo es la otra área que conforma al sistema límbico, se encuentra ubicada en la cara interna del hemisferio cerebral entre la cisura callosa y la cisura calloso-marginal, su función se relaciona con los comportamientos motores de tipo autónomo y afectivo, aunque en los últimos años se ha descrito su relación con la percepción de estímulos nocivos de tipo mecánico, térmico o eléctrico provenientes de la piel o de las vísceras (24).

La corteza cerebral es el punto de llegada de las vías sensitivas. Aquí es donde se integra, organiza y modula la información nociceptiva y hasta se correlaciona con otros estímulos, asociándola con la conducta y el comportamiento. Las partes específicas de la corteza relacionadas con la percepción de los estímulos sensitivos se encuentran en el área somatosensorial I o primaria, conformada por las áreas 1, 2, 3a y 3b de Brodman, situadas en la circunvolución poscentral, y el área somatosensitiva II o secundaria, conformada por el área 5 y 7 de Brodman, ubicada cerca de la circunvolución parietal superior. Las neuronas del área sensitiva primaria presentan una organización somatotópica, donde cada zona del cuerpo está representada en un área de la corteza somatosensorial (24).

La importancia de la percepción del dolor por las áreas sensitivas primaria y secundaria se ha corroborado a través de estudios lesionales que demuestran que al provocar una lesión en el área 1, 2 y 3 se presenta una alteración en la capacidad de detectar y discriminar estímulos dolorosos; también se logra alivio de algunos síndromes dolorosos. Los estudios de imágenes del encéfalo confirman estos resultados, reportados por los

estudios lesionales y los estudios de electroestimulación realizados en el área somatosensitiva II. Estos estudios demuestran además que las neuronas que reaccionan ante estímulos nociceptivos son pocas, pero participan en la codificación de estímulos mecánicos, térmicos y eléctricos nocivos; este proceso se lleva a cabo en toda el área. Pero en los últimos tiempos ha surgido un gran interés científico por el área 7b, donde se encuentran neuronas nociceptivas que responden a múltiples estímulos sensoriales, específicamente térmicos; también se ha encontrado que en esta región específica se integran estímulos visuales, los cuales podrían proporcionar un reflejo de retiro ante objetos nocivos o amenazantes (24).

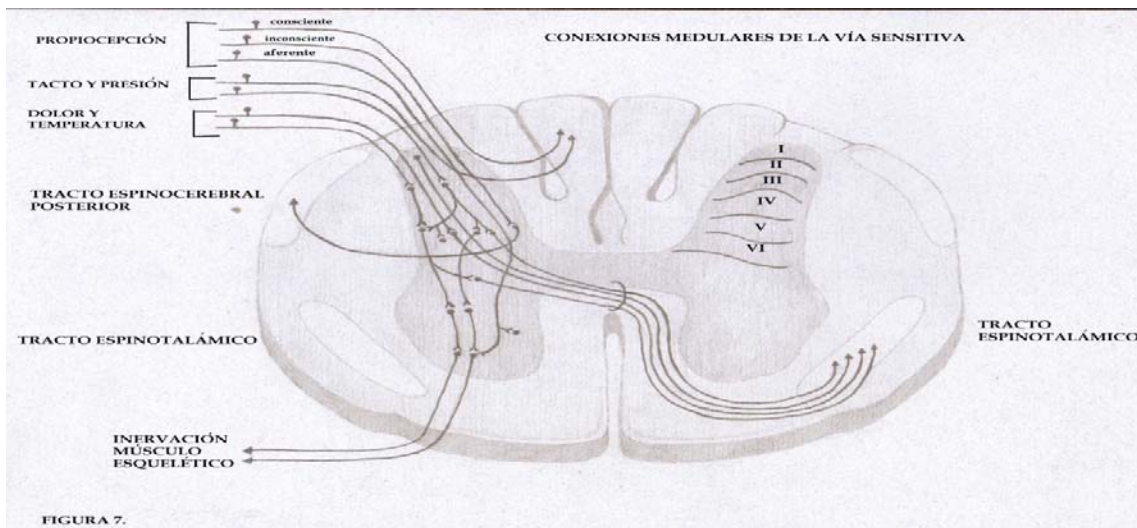


Figura 7. Se muestra cómo la información aferente sensitiva de propiocepción, tacto, dolor y temperatura ingresa por la raíz posterior medular y realiza conexiones con las neuronas de las láminas de Rexed del asta posterior de la medula formándose luego el tracto espinotalámico.

### 6.2.3 Henry head y el dolor visceral

Henry Head, neurólogo inglés, se dedicó a la investigación y descripción de los segmentos o nervios espinales que inervan la piel y fue el autor de uno de los primeros y más completos mapas de los dermatomas, así como también uno de los primeros investigadores que encontraron una relación entre la sensibilidad visceral y su efecto en la piel. Esta teoría fue el resultado que arrojó la observación de casos clínicos de pacientes con patologías viscerales, en quienes descubrió la presencia de zonas de hipersensibilidad cutánea delimitadas por trayectos definidos. Adicionalmente describió su recorrido a partir de lesiones cutáneas de herpes zóster, debido a que esta

enfermedad afecta las raíces posteriores medulares, las cuales transportan la sensibilidad; sus hallazgos se recopilaron en el artículo "On disturbances of sensation with especial reference to the pain of visceral disease", publicado en 1893 (10, 31).

Los hallazgos del Dr. Head sobre las manifestaciones sensibles cutáneas de enfermedades viscerales confirmaron su conjetura a partir de los artículos del Dr. Ross, quien sostenía que había una probabilidad de que las áreas tuvieran una relación con la distribución de los nervios espinales. Esto hizo que Head empezara a investigar también la distribución nerviosa a partir de las manifestaciones cutáneas del herpes zóster, el cual afecta también a los nervios espinales, y que relacionara dichas manifestaciones con las zonas de sensibilidad presentada en la patología visceral, donde reportó, luego de diversos análisis, que había una relación entre la sensibilidad visceral y la sensibilidad cutánea (10, 31).

Pero su investigación no se limitó solo a demostrar esta relación cutáneo-visceral, sino que empezó a determinar cuáles eran los segmentos medulares donde ingresaban los nervios espinales que proporcionaban la sensibilidad cutánea, a través de estudios de casos de pacientes con lesión orgánica y medular, determinando así el segmento afectado. Los resultados sobre las lesiones de los nervios espinales y las manifestaciones cutáneas encontradas en patologías viscerales, en algunos casos no concordaban con los mapas de distribución nerviosa de las raíces posteriores medulares que transportaban la sensibilidad general; esto lo llevó a investigar otras distribuciones nerviosas hasta encontrar una relación de las áreas de hipersensibilidad cutánea presentadas en patologías viscerales con la distribución de los nervios simpáticos realizada por Gaskell; así llegó a la conclusión de que la sensibilidad somática cutánea es transportada por los nervios espinales de las raíces posteriores y la sensibilidad visceral es conducida por los nervios simpáticos (10, 31).

Head determinó las áreas sensibles a partir de varias pruebas con un alfiler romo y en ocasiones con esponja o un tubo con agua caliente; encontró zonas de hiperalgesia bien delimitadas y que no se sobrelapaban, aunque halló que la sensibilidad táctil si presentaba sobrelapamiento entre un área y otra. También demostró que, cuando hay una patología visceral, la afectación cutánea no necesariamente debe afectar toda una zona sino una región de esta, y observó que había puntos dolorosos máximos dentro de

la región con algesia y estas zonas dolorosas y los puntos máximos eran persistentes y poco se modificaban entre un paciente y otro, pues su aparición era constante (10, 31).

En su artículo, Head compara y muestra la diferencia de los hallazgos encontrados por Sherrington, quien en estudios experimentales en monos seccionaba nervios de las raíces posteriores superiores e inferiores, aislando un único nervio y realizando luego estimulación cutánea táctil, y encontró zonas que se sobrelapaban sin límites definidos, lo que le permitió realizar un mapa dérmico; a diferencia de los hallazgos de Head, quien consideró que transportaban sensibilidad dolorosa y no táctil y que además no se sobrelapaban y, entonces determinó que la sensibilidad visceral y sus manifestaciones en piel tenían su sustento anatómico en los segmentos medulares y no en las raíces posteriores medulares y que, por esta razón, sus áreas no presentaban sobrelapamientos (10, 31).

Con base en las hipótesis desarrolladas por Ross, donde determina que el dolor somático y el dolor visceral son conducidos por las raíces somáticas que ingresan a los segmentos medulares, el Dr. Head pudo demostrar, a través de estudios de casos de pacientes con lesiones traumáticas orgánicas y medulares, la relación entre un área cutánea cualquiera afectada y el segmento de la médula espinal al que pertenece y, que la sensibilidad cutánea depende de las fibras aferentes que se conectan con cada segmento medular. En sus primeros resultados demostró la inervación segmentaria de varias áreas cutáneas, entre las que se encuentran el área dorso-cubital representada en el segmento T1, el área glúteo-crural representada en el segmento L1, la zona glúteo-pudenda inervada por el segmento S3, aunque en sus investigaciones se encontraron también brechas o espacios que no tenían relación con las enfermedades viscerales, como los segmentos lumbares L2, L3 y L4 (10, 31).

En el artículo "On disturbances of sensation with especial reference to the pain of visceral disease", Head hace referencia a las investigaciones de asociación de la sensibilidad cutánea con el dolor en la patología visceral, realizadas por Mackenzie de manera independiente y paralela a las de Head. En el cuarto capítulo de este artículo Head compara el trabajo de Mackenzie con el suyo y halla los siguientes aspectos en común:

1. El dolor que el paciente refiere se presenta en todos los casos dentro de las áreas de hipersensibilidad cutánea, siempre y cuando esta última se encuentre presente (10, 31).
2. La sensibilidad es cutánea o subcutánea, y no es profunda; por eso es posible explorarla a través del recogimiento suave de la piel con los dedos o a través de la exploración con un alfiler (10,31).
3. Las áreas dolorosas tienen una relación directa con órganos afectados, pero esta manifestación algida o de sensibilidad se presenta, la mayoría de las veces, a distancia del órgano afectado y puede encontrarse incluso en la parte contralateral (10, 31).
4. Los reflejos superficiales se localizan generalmente exaltados en las zonas sensibles ocasionadas por la patología visceral (10, 31).

En los últimos capítulos de su artículo, Head expone que los estímulos sensitivos de los órganos son transportados por fibras simpáticas que se dirigen hacia los segmentos medulares. Esta teoría se sustenta en los resultados de las investigaciones sobre el sistema simpático, de Gaskell, en los cuales el mapa de distribución del sistema simpático se relacionaba con las áreas sensibles cutáneas presentadas en patologías orgánicas, y también en los estudios anatómicos medulares de Edgeworth, quien realizó disecciones de fibras nerviosas y estudios microscópicos medulares y reportó que las fibras nerviosas que transportaban la sensibilidad visceral eran autónomas, específicamente del nervio vago, y que estos nervios emergen del asta dorsal de algunos segmentos medulares lumbares y cervicales (10, 31).

Head, teniendo en cuenta las investigaciones de Gaskell y Edgeworth, determinó que el sistema autónomo simpático es el principal factor de transporte de la información sensitiva visceral a la médula, reconoció también el papel importante de los ganglios cervicales en la inervación sensitiva del corazón, pulmones y órganos del cuello y describió detalladamente la relación de los órganos y los segmentos medulares que intervienen en su sensibilidad. En síntesis, podemos concluir que las fibras sensoriales ingresan al sistema nervioso central en tres grupos: la cabeza y el cuello, que están inervados por los segmentos cervicales y ganglios cervicales; el grupo intermedio, que consta de los

segmentos medulares torácicos y primer segmento medular lumbar, y el grupo inferior, que se extiende desde el quinto segmento lumbar al cuarto segmento sacro. Head, además, describe segmentos medulares que no se relacionaban con la sensibilidad visceral, los cuales son los segmentos cervicales C5, C6, C7, C8 y los segmentos lumbares L2, L3 y L4 (31).

Durante las investigaciones del dolor visceral a través de los estudios de casos, se halló muy frecuentemente que las afectaciones de órganos se podían extender a órganos adyacentes o vísceras distantes; Head describió varias historias clínicas donde a pacientes con amigdalitis el dolor se les extendía al mastoidees y al cuello, pacientes que luego del parto sufrían dolor en el pecho con manifestaciones cardíacas y mujeres con dismenorrea que padecían dolores en toda la extensión de la pierna. Head explicaba estos fenómenos afirmando que una patología crónica o constante, en un órgano o víscera, produce una neuritis, la cual emite una información dolorosa hacia la médula y el encéfalo, donde se asocia e interrelaciona con la información sensitiva de otros órganos, pudiendo así tener una afectación sistémica; esto lo denominó generalización del dolor visceral, mientras que otros investigadores lo llamaron histeria o neurosis; los resultados de estas investigaciones mostraron que una lesión visceral no solo puede afectar a ese órgano sino que puede tener repercusiones en todo el organismo (31).

El sistema nervioso central juega un papel muy importante en la aparición del dolor referido, ya que a la corteza cerebral ingresa la información sensitiva visceral proveniente de los segmentos medulares, formando representaciones corticales de todas las áreas del cuerpo. La información sensitiva de todos los órganos se asocia, de modo que puede producir percepción dolorosa en regiones diferentes a donde se origina el dolor (31).

En cuanto al mecanismo de la representación cutánea del dolor visceral, Head explica que, cuando ocurre una lesión en un órgano en particular, las fibras nerviosas sensitivas viscerales ingresan a la médula ocasionando una perturbación en el segmento medular por el estímulo doloroso; cuando a este mismo segmento medular que percibe el estímulo doloroso de la víscera afectada ingresan estímulos adecuados no álgidos provenientes de la piel a través de las raíces posteriores medulares, estos estímulos son percibidos por la médula como exagerados y dolorosos y producen hiperalgesia y alodinia. Otro mecanismo de afectación a zonas adyacentes o distantes de donde se

origina el dolor es lo que se denomina dolor referido; se piensa que el sistema nervioso central juega un papel preponderante en la formación de este tipo de nocicepción, debido a que a la corteza cerebral ingresa la información sensitiva visceral proveniente de los segmentos medulares permitiendo la formación de representaciones corticales de los órganos. Esta información sensitiva visceral es interconectada y asociada con ella misma y con otros tipos de sensibilidad y puede producir percepción dolorosa en regiones diferentes a donde se origina el dolor (31).

Como conclusión, se podría decir que la información sensitiva visceral y cutánea está relacionada, asociada y unida con los segmentos medulares e interrelacionada con los centros o núcleos encefálicos de la percepción y asociación sensitiva; esto ocasiona la percepción dolorosa en regiones diferentes a donde se presenta el estímulo y de esta manera provoca la aparición del dolor referido (31).

#### **6.2.4 Planteamiento de una hipótesis con respecto a la relación del dolor referido visceral-cutáneo y las áreas de head**

Una vez recopilada y analizada la información extraída de textos de anatomía y neuroanatomía, entre los cuales puedo citar a Latarjet, Bonica, Pi Suñer, Moore, Bustamante, que se constituyeron en fuentes importantes de información, durante todo este proceso de investigación, y fundamentado además en las investigaciones de Henry Head, en las que describe que existe una relación directa entre el dolor visceral y su representación en la piel, decidí aventurarme a enunciar una hipótesis sobre la existencia de una vía a través de la cual se relaciona la información visceral y cutánea con las áreas descritas por Head; confío en que esta humilde iniciativa contribuya de alguna manera a motivar el despertar investigativo de muchos de los colegas que se desempeñan en el campo de la terapia neural. Comenzaré exponiendo algunas generalidades neuroanatómicas, que serán punto de partida y soporte de mis consideraciones con respecto al dolor referido visceral cutáneo descrito por Head (31).

#### **Descripción general del reflejo viscerocutáneo**

La información sensitiva de las vísceras se origina en los mecanorreceptores y quimiorreceptores de la pared de los órganos; al ser estimulados envían una información a través de las fibras tipo C que transcurren por los nervios simpáticos y vagos. Estas

fibras, siguiendo los preceptos de la vía clásica, ingresan a los ganglios simpáticos previscerales, o sea a los ganglios celiaco y cervicales, entre otros; desde aquí se dirigen hacia la cadena ganglionar simpática o tronco simpático, sin realizar sinapsis; desde estos ganglios ascienden hacia la médula, a través de los ramos comunicantes blancos, hasta la raíz posterior medular y terminan haciendo sinapsis en la sustancia gris medular, exactamente en el asta posterior (24, 25).

La información sensitiva de la piel es transportada por los nervios de las raíces posteriores medulares a través de fibras sensitivas de tipo A $\delta$  y C, las cuales hacen sinapsis con las neuronas del ganglio espinal para luego ingresar al asta posterior medular (24).

Tal como lo describió Head, la médula cumple un papel muy importante en la integración de la información sensitiva visceral y cutánea y ambos estímulos tienen conexiones con las neuronas de las láminas I, II, V y X del asta posterior; así mismo, se conoce la importancia de las láminas I y II en la formación de las vías medulares ascendentes sensitivas, conocidas también como haces espinotalámicos. Por otro lado, es preciso señalar que la lámina V es de gran interés porque se ha demostrado que en ella confluye la información de las fibras A $\delta$  y C, tanto cutáneas como viscerales, haciendo sinapsis con las neuronas de intervalo dinámico amplio WDR o neuronas de convergencia, llamadas así por su capacidad de converger los estímulos tanto cutáneos como viscerales. También se conoce que responden a estímulos nociceptivos múltiples y a estímulos mecánicos de baja intensidad, lo que podría explicar la formación del dolor referido visceral (24, 28, 31).

La hipótesis descrita por Head sobre el dolor referido visceral y cutáneo demuestra que una lesión orgánica produce un estímulo nociceptivo, que se dirige a uno o a varios segmentos medulares específicos, y puede provocar irritación en las neuronas medulares, ocasionando que la información sensitiva proveniente de la piel a través de las raíces posteriores, que ingresan al mismo segmento medular, sea apreciada como exagerada o álgida, debido a la perturbación o alteración previa de las neuronas medulares, y esto a su vez tiene que ver con la estimulación irritativa proveniente de los nervios sensitivos del órgano o víscera patológicamente afectada (31).



La médula representa el escenario donde se lleva a cabo la asociación de la información sensitiva visceral y cutánea. Esta característica neurofisiológica es de gran importancia para la formación del dolor referido; el estímulo nociceptivo, luego de llegar a la médula, se desplaza a través de las vías medulares ascendentes, que transportan los estímulos sensitivos hacia los núcleos ventral postero-lateral y ventral postero-medial del tálamo, amígdala, hipocampo y corteza cerebral, donde se realizan asociaciones entre los estímulos sensitivos viscerales y cutáneos. Además presentan interrelación con diversa información nerviosa proveniente de otros núcleos encefálicos que proporcionan el factor afectivo relacionado con el dolor (24).

### **Correlación de las áreas de Head y la inervación simpática visceral**

Henry Head describió detalladamente, a partir de sus investigaciones, áreas sensibles en la piel, que se corresponden con los dermatomas, las cuales frecuentemente aparecían en enfermedades orgánicas viscerales. En la presente tesis procuraré esbozar, de forma clara y concisa, un planteamiento anatómico que describe la posible relación de las fibras nerviosas que conducen la sensibilidad cutánea y visceral, desde los órganos descritos por Head, para producir reflejos viscerales-cutáneos (31).

### **Estómago**

Las áreas cutáneas sensibles encontradas por Head y relacionadas con patologías gástricas se ubican a nivel de los dermatomas T8, T9, T10, lo cual demuestra que la inervación de la piel es suministrada por los nervios sensitivos de las raíces posteriores T8, T9, T10.

Se sabe que el estómago es inervado sensitivamente por las fibras sensitivas de los nervios simpáticos que conforman el plexo gástrico y que estas fibras se dirigen al ganglio simpático celiaco; de allí, siguiendo el trayecto de los nervios espláncnicos mayores, se proyecta hacia los ganglios simpáticos T5 a T10, los cuales presentan conexión a través de los ramos comunicantes blancos y las raíces posteriores medulares con los segmentos medulares T5 a T10 (15, 20, 21, 22, 24).

Se puede afirmar, entonces, que la información sensitiva proveniente del estómago ingresa a los mismos segmentos medulares que la información sensitiva cutánea

encontrada por Head en patologías gástricas. Se describe también que la información sensitiva y visceral presenta una asociación en la lámina V del asta posterior medular, lo que puede explicar anatómicamente una posible vía de relación para la formación de reflejos sensitivos (10, 24, 30).

### **Hígado y vesícula biliar**

Las áreas cutáneas sensibles encontradas por Head y relacionadas con patologías hepáticas se encuentran a nivel de los segmentos medulares T5, T6, T7; el plexo hepático transporta la sensibilidad procedente del hígado y vesícula biliar hacia el ganglio simpático celiaco y desde aquí se dirige a través de los nervios espláncnicos mayores hacia los ganglios simpáticos T5 a T10, los cuales presentan conexión a través de los ramos comunicantes blancos y las raíces posteriores medulares con los segmentos medulares T5 a T10 (18, 23, 24, 25, 28).

El estímulo sensitivo proveniente del hígado y la vesícula biliar ingresa a los mismos segmentos medulares que la información sensitiva cutánea encontrada por Head en patologías hepáticas; esto puede explicar una posible asociación de las manifestaciones algidas en piel con lesiones provocadas en este órgano (10, 24, 30).

### **Intestino delgado**

La inervación del intestino delgado es transportada por las fibras nerviosas sensitivas del nervio simpático que conforman el plexo intestinal; estas fibras sensitivas ingresan al ganglio simpático mesentérico superior y desde aquí siguen su recorrido a través del nervio esplácnico menor, el cual ingresa, sin realizar sinapsis, a los ganglios simpáticos del tronco celiaco T10, T11 y T12. A la vez, desde aquí transcurren estas fibras por los ramos comunicantes blancos y las raíces espinales posteriores hasta llegar a las láminas del asta posterior de los segmentos medulares T10, T11 y T12 (15, 20, 21, 22, 24).

Las áreas descritas por Head, que presentaban hipersensibilidad cutánea en la enfermedad intestinal, se relacionaban en su gran mayoría con los dermatomas T10, T11 y T12; presentan los mismos segmentos medulares a donde ingresan las fibras nerviosas sensitivas viscerales, lo que puede explicar la teoría del dolor referido cutáneo visceral (15, 20, 21, 22, 24).

## **Riñones y vejiga**

La inervación de las fibras nerviosas procedentes del plexo renal ingresa al ganglio simpático mesentérico superior; desde aquí se dirige a los ganglios torácicos T9, T10, T11 y, a través del nervio esplácnico menor y del tronco simpático torácico, se dirige la información sensitiva hacia las astas posteriores de los segmentos de los mismos niveles de los ganglios simpáticos (15, 20, 21, 22, 24).

Las fibras sensitivas del nervio hipogástrico transportan la sensibilidad de la vejiga; se dirigen directamente hacia los ganglios simpáticos paravertebrales L5 a S4 y luego la información sensitiva es conducida a través de los ramos comunicantes blancos y las raíces posteriores medulares hacia los segmentos medulares de L5 a S4 (15, 20, 21, 22, 24).

Las áreas de hiperalgesias encontradas en la piel en casos de patología renal y de vejiga aparecen en los dermatomas L5 a S4; pueden relacionar el reflejo cutáneo-visceral de los riñones y la vejiga encontrado por Head en las patologías de estos órganos (10, 24, 30).

## **Próstata**

La inervación sensitiva de la próstata se conduce a través del plexo hipogástrico inferior o del ganglio mesentérico inferior y el nervio esplácnico mayor. La información sensitiva se transporta a través de los ganglios del tronco simpáticos T11, L3, L4, L5 y luego hacia los segmentos medulares del mismo nivel. Estos niveles medulares se relacionan con las regiones de dermatomas donde aparecen las áreas de hipersensibilidad cutánea descrita por Head en la patología de próstata (15, 20, 21, 22, 24).

## **6.3 Arcos reflejos del sistema simpático**

### **Reflejos del sistema simpático**

En la historia de la neuroanatomía se han descrito detalladamente reflejos externos en que los estímulos sensitivos desencadenaban a su vez estímulos motores, pero a partir del siglo XIX investigadores como Cyon, Ludwig y Claude Bernard reportaron que existían reflejos internos imperceptibles que se originaban en las vísceras y que permitían una autorregulación interna de las funciones metabólicas de los órganos (19).

Para que se formen arcos reflejos internos se necesitan las fibras nerviosas vegetativas, tanto simpáticas como parasimpáticas, que proporcionan estímulos excitatorios o inhibitorios y producen una regulación del trofismo, metabolismo, contracción muscular y secreción glandular de las vísceras. Los arcos reflejos internos se pueden determinar dependiendo de las estructuras con las que se relacionen; se llaman viscero-viscerales si el arco se origina en una víscera y tiene su efecto sobre la misma víscera u otras; también se describen reflejos mixtos como los somático-vegetativos o sensitivo-viscerales, que se originan en las terminaciones sensitivas externas y tienen efecto sobre órganos internos (19).

Neurofisiológicamente, los reflejos internos vegetativos se pueden subdividir, dependiendo del nivel de extensión nerviosa del arco reflejo, en tres tipos: axónicos, ganglionares y neuroaxiales (19).

Langley describía los reflejos axonales como reflejos interneurales sin sinapsis, que se originaban en la fibra nerviosa aferente y desde esta se emitían ramas para los vasos sanguíneos ocasionando vasodilatación (19).

Los reflejos ganglionares son formados por fibras aferentes viscerales que presentan sinapsis con los ganglios simpáticos y de estos emiten fibras eferentes hacia los órganos; este tipo de reflejo no realiza conexiones con la médula. El reflejo ganglionar lo describió inicialmente Claude Bernard en 1862, quien observó que a través de la estimulación ganglionar directa se producía secreción glandular. Roschanski en 1889 extirpó experimentalmente la médula en gatos y al realizar excitación del tronco simpático se producía estimulación y reflejo, y en 1913 Kuntz corroboró estos hallazgos reportando la existencia de reflejos viscerales sin la intervención del neuroeje (19).

Los reflejos neuroaxiales son los más importantes debido a su flexibilidad adaptativa y su capacidad de regulación en la actividad fisiológica de las vísceras; este reflejo se origina en las vías ascendentes o aferentes sensitivas que ingresan y presentan sinapsis con los núcleos vegetativos medulares y supramedulares en diferentes niveles del neuroeje, del cual emergen fibras nerviosas que se dirigen a los órganos, vísceras, glándulas y vasos sanguíneos (16).

## Reflejos circulatorios

Los reflejos vasculares se encargan de regular la hemodinamia circulatoria en los diferentes niveles y compartimentos del sistema circulatorio; el primer investigador en descubrir los reflejos vasculares fue Heger, en 1887; observó nervios rodeando a los capilares y arterias que modificaban el diámetro vascular; en 1932 se realizaron experimentos en que se inyectaba intraarterialmente sustancias irritantes que ocasionaba reacciones cardiovasculares por reflejo (19).

Alrededor de los vasos sanguíneos se encuentran plexos de fibras simpáticas que hacen sinapsis en la pared vascular con dos tipos de neuronas: las motoras, que presentan características multipolares y se distribuyen en la capa media de los vasos sanguíneos, las cuales al recibir un estímulo simpático se contraerán para producir vasoconstricción, y las sensitivas, que presentan dendritas alargadas y se ubican en la capa íntima y adventicia, las cuales se activarán ante estímulos mecánicos o químicos. Las conexiones que presentan las fibras simpáticas con las neuronas de la pared vascular son de tipo sináptico y de tipo reticular, aunque esta última no es tan reconocida ni tampoco aceptada por algunos neurofisiólogos (19).

Los reflejos vasculares pueden ser axonales, que generan reflejos locales, o neuroaxonales o reflejos extensos con los núcleos del neuroeje; estos arcos reflejos parten de las neuronas sensitivas que perciben los estímulos químicos y mecánicos. En el sistema cardiovascular se encuentran zonas vasosensibles que permiten regular el volumen vascular, la frecuencia cardiaca, la tensión arterial, entre otros factores vasculares. La zona más importante es el seno carotídeo, situado en la bifurcación de la carótida primitiva donde se originan las arterias carótidas externa e interna, y tiene una función barorreceptora que permite reconocer las variaciones de la presión sanguínea vascular y forma reflejos autónomos para regular la actividad cardiovascular. Otro grupo celular que se especializa en percibir los cambios vasculares es el cuerpo carotídeo, conformado por un tejido glomular parecido al tejido cromafín de la glándula suprarrenal, pero no es secretor de adrenalina. Este tejido presenta células glómicas tipo I y células de la vaina tipo II, que son las que perciben los cambios químicos. Este grupo celular sensitivo se ubica cerca del seno carotídeo, tiene una función quimiorreceptora con la capacidad de percibir los cambios de concentración del oxígeno, dióxido de carbono y los

niveles de hidrógeno; esta capacidad es importante para formar reflejos reguladores de la función cardiopulmonar y regular las alteraciones que se presentan en la acidosis respiratoria (19, 32).

El sistema cardiovascular posee otras zonas sensibles, localizadas en diferentes vasos de gran tamaño; conforma los cuerpos aórticos, situados en la bifurcación de la arteria carótida común y la arteria subclavia hacia ambos lados. Estos cuerpos sensitivos tienen funciones quimiorreceptoras similares al cuerpo carotídeo; cabe decir que en los grandes vasos también se encuentran quimiorreceptores similares que permiten la formación de reflejos vasculares (19, 32).

Uno de los mecanismos importantes que intervienen en la regulación del sistema cardiovascular lo representa el metabolismo tisular cuando los tejidos se encuentran en estado de hipoxia; la disminución de oxígeno, el aumento de dióxido de carbono e hidrogeniones y la acumulación de metabolitos en el tejido (ácidos láctico, pirúvico, adenílico, creatinina, etc.) crean un estímulo en los quimiorreceptores de las paredes de los vasos sanguíneos, los cuales a su vez emiten impulsos a través de las fibras nerviosas vasculares y ascienden por la pared arterial hasta llegar a las arterias aferentes generando vasodilatación y formando arcos reflejos axonales o plurineurales (19, 32).

Fleisch, en 1935, denominó reflejo nutritivo al reflejo vascular dependiente del metabolismo del tejido; este reflejo produce vasodilatación por efecto de acumulación de hidrogeniones y metabolitos, los cuales estimulan el sistema simpático para que este a su vez genere dilatación vascular; de este mecanismo de vasodilatación se tiene poco conocimiento, incluso se reconoce más el efecto directo sobre las capas vasculares que tienen los metabolitos y otras sustancias como la histamina y el óxido nítrico, las cuales son capaces de generar vasodilatación; pero también se tiene que reconocer que estas sustancias, además de provocar un efecto local sobre las capas vasculares, son las iniciadoras de un reflejo nervioso vascular (19, 32).

Las actividades fisiológicas y los hábitos generan de manera constante modificaciones vasculares, necesarias para adaptarse a los requerimientos metabólicos tisulares del individuo; esta capacidad de adaptación depende de los reflejos vasculares, los cuales tienen un efecto directo sobre el gasto cardíaco y la volemia. La vasodilatación periférica

que ocurre por estimulación local o por reflejos vasculares, además de la inervación simpática del bazo que ocasiona contracción de las fibras musculares esplénicas, producen la salida de gran cantidad de sangre al torrente sanguíneo aumentando de esta manera la volemia. El aumento del volumen sanguíneo afecta directamente al corazón; este se adapta a los requerimientos hemodinámicos, produciendo una dilatación funcional de los ventrículos, aumento del volumen diastólico y mayor gasto cardiaco. Con base en lo expuesto, podemos concluir que existe cierta plasticidad vascular en que los cambios metabólicos locales de tipo vascular forman sinergias vasculares que a su vez tienen un efecto regulador en todo el sistema cardiovascular (19, 32).

### **Reflejos respiratorios**

El control de la respiración depende en gran medida de los centros respiratorios que se encuentran en el tallo cerebral; estos son estimulados por el aumento de dióxido de carbono e hidrogeniones, los cuales son transportados a través de los vasos sanguíneos del tallo cerebral (19).

La estimulación de los centros respiratorios permite la emisión de señales nerviosas que regulan el ritmo respiratorio; la regulación respiratoria no solo depende del efecto directo del centro regulador de la respiración sino de reflejos respiratorios quimiosensibles, descubiertos por Heymans, Bouckaert y Regniers en 1933, quienes en animales llevaron a cabo la exclusión circulatoria del tallo cerebral y administraron aire rico en dióxido de carbono, lo que generó un aumento de la frecuencia respiratoria. Esas investigaciones explican por qué el estímulo periférico pulmonar puede ocasionar un reflejo respiratorio sin la intervención del tallo cerebral (19).

En el parénquima pulmonar se encuentran quimiorreceptores que se estimulan por el aumento de dióxido de carbono e hidrogeniones; además se reconoce la gran importancia de los quimiorreceptores vasculares periféricos, en especial los del cuerpo carotídeo y el cuerpo aórtico, en la regulación de la respiración. Cabe decir que estos quimiorreceptores forman arcos reflejos respiratorios que pueden o no incluir al tallo cerebral, utilizando únicamente al sistema nervioso autónomo, en especial el sistema parasimpático, a través del nervio vago para la formación de estos arcos reflejos (19, 33).

En la regulación de la respiración, además del control que ejercen los centros del tallo cerebral y los reflejos respiratorios dependientes de quimiorreceptores, también intervienen reflejos de tipo mecánico que se originan en los mecanorreceptores ubicados en el epitelio bronquial; estos se estimulan durante la expansión pulmonar emitiendo la información sensitiva a través de las fibras del nervio vago, que presentan conexiones con el centro respiratorio, el cual a su vez inhibe el proceso de expiración, permitiendo la regulación de las fases respiratorias. Este reflejo de expansión pulmonar –uno de los primeros reflejos respiratorios descritos fue descubierto por Hering y Breuer en 1868 (19, 33).

### **Reflejos digestivos**

El estudio del comportamiento de los reflejos digestivos se realizó a través de un modelo de observación en el que se pudo apreciar que sus efectos son inmediatos y observables a simple vista. El primer investigador que reportó el efecto reflejo fue Beaumont en 1833, quien describió que, al proporcionar una estimulación mecánica en el estómago, se produce también una estimulación secretora de las glándulas gástricas. Investigadores como Bidder y Schmidt también realizaron descubrimientos sobre el funcionamiento de los reflejos y Pavlov, a principios del siglo XX, describieron los reflejos gástricos y demostró los reflejos condicionados a partir de estudios experimentales en animales (19).

Los reflejos digestivos se originan en los mecanorreceptores, quimiorreceptores y neuronas aferentes intestinofugales que están presentes en las paredes del tubo digestivo; son transportados por fibras nerviosas sensitivas aferentes de diversos nervios. Estos estímulos ingresan a los núcleos de regulación digestiva distribuidos en la médula, tallo medular, hipotálamo, tálamo y corteza cerebral y, desde estos centros de control digestivo, emiten fibras eferentes que en su gran mayoría son de tipo autónomo. Las fibras simpáticas y parasimpáticas se distribuyen entre las capas del tubo digestivo, conforman los plexos de Auerbach y Meissner y producen un efecto motor o secretor sobre el sistema digestivo (19, 34).

En el sistema digestivo se encuentran diferentes tipos de reflejos; entre los más importantes podemos citar los reflejos de deglución y salivación, que son estimulados al ingresar los alimentos a la cavidad oral, lo cual activa los receptores sensitivos y las fibras aferentes sensitivas de los nervios trigémino, maxilar superior, vago y



glossofaríngeo; estos nervios a su vez transportan los impulsos nerviosos a centros digestivos, en especial al núcleo solitario del bulbo raquídeo, el cual emite proyecciones que interaccionan con núcleos adyacentes, como el núcleo ambiguo, que emite fibras eferentes de los nervios vago, glossofaríngeo, hipogloso, lo que genera los procesos mecánicos de la deglución. El estímulo secretor salival se origina en los núcleos parasimpáticos y salivales superiores e inferiores, que pertenecen a los pares craneales facial y glossofaríngeo, los cuales emiten fibras hacia las glándulas salivales sublingual, submaxilar y parótida (19, 34).

Los reflejos digestivos secretores y motores del estómago y el intestino se originan por la degradación de los alimentos y la presencia de sustancias como agua, alcohol, proteínas, lípidos, bilis y un estado ácido que estimula a los quimiorreceptores y mecanorreceptores de la pared del tubo digestivo, los que a su vez emiten la información sensitiva, que es transportada por las fibras aferentes simpáticas de los nervios esplácnicos mayor y menor, los cuales también tienen conexiones con los núcleos de control digestivo supramedulares; estos presentan conexiones con los núcleos autónomos, de los cuales emerge una inervación simpática y parasimpática, a través de los nervios de los ganglios simpáticos torácicos, abdominales y el nervio vago, que tendrán efectos sobre los plexos mientéricos de Meissner y Auerbach, ocasionando un estímulo secretor y motor sobre el tubo digestivo (19, 34).

La formación de los reflejos gástricos e intestinales no siempre tiene origen en los receptores de la pared del tubo digestivo; también pueden tener formación a nivel central, donde situaciones psíquicas o emocionales desencadenan secreción gástrica; otro arco reflejo digestivo se encuentra en los centros vestibulares del laberinto y en el encéfalo, los cuales al ser estimulados de manera exagerada provocan náuseas, vómito y aumento del peristaltismo (19, 34).

## **Reflejos urinarios**

La mayoría de los mecanismos reguladores de la micción y de la función urinaria son proporcionados por el sistema endocrino, pero también se conoce que el efecto nervioso autónomo tiene acción reguladora en la micción (19).

Entre 1915 y 1916 los investigadores Bellido, Seres y Cajal demostraron el control que los sistemas simpático y parasimpático ejercen sobre el sistema urinario y describieron la presencia de anuria refleja, debido a la acción inhibitoria sobre la micción por parte del ganglio mesentérico inferior. En la pared de la vejiga urinaria se encuentran mecanorreceptores que, al ser estimulados por la distensión vesical, transportan, a través de fibras nerviosas, el estímulo a núcleos medulares y supramedulares ubicados en el tallo cerebral, hipotálamo y corteza cerebral. Desde estos núcleos emergen fibras del sistema autónomo que inervan las células musculares lisas de la capa media de la vejiga, esfínter urinario y uréteres, permitiendo una contracción de las fibras musculares a fin de producir la eyección de la orina, formando arcos reflejos urinarios locales y centrales (19).

### **Reflejos neuroendocrinos**

Los reflejos neuroendocrinos son de gran importancia para la regulación del metabolismo corporal; estos reflejos se originan en los tejidos, vasos sanguíneos y glándulas endocrinas. Las fibras nerviosas aferentes transportan las señales desde estas estructuras hasta los núcleos del hipotálamo, donde se integran las funciones de regulación del sistema nervioso autónomo y el sistema endocrino. El hipotálamo posee diversas neuronas, las cuales a su vez tienen funciones diferentes: unas secretan hormonas que regulan la función de las glándulas endocrinas y otras son de tipo autónomo con estimulación simpática y parasimpática (19).

Se conoce ampliamente que el efecto hormonal del hipotálamo y la hipófisis sobre la glándula suprarrenal provoca la secreción de adrenalina, pero también hay que reconocer el efecto del sistema simpático sobre la secreción de adrenalina. Los reflejos nerviosos y endocrinos de la glándula suprarrenal se pueden originar en los centros sensitivos vasculares, como el seno carotídeo, cuerpo carotídeo y cuerpos aórticos, los cuales son estimulados cuando hay una disminución de la tensión arterial o disminución del oxígeno; este estímulo es transportado hacia los núcleos centrales y estos núcleos emiten un estímulo a través de las fibras simpáticas que inervan la glándula suprarrenal, produciendo contracción de esta y secreción de adrenalina, la cual tiene efectos vasoconstrictores; este tipo de reflejo se observa en pacientes con hemorragia y pérdida de la volemia. El reflejo adrenal también se presenta en estados de hipotermia, situación en la que el aumento de adrenalina incrementa el metabolismo corporal y la temperatura. Además, la hiperadrenalinemia tiene efecto sobre los hepatocitos estimulando la

glucogenia y por consiguiente el aumento de la glicemia, mecanismos necesarios para suplir los requerimientos energéticos exigidos durante el estado de hipotermia y otros estados metabólicos corporales (19).

El ganglio cervical estrellado emite fibras nerviosas simpáticas a la glándula tiroidea, las cuales llegan cerca a los folículos tiroideos; la estimulación simpática produce la secreción de las hormonas T3 y T4, que a su vez tienen injerencia en el metabolismo corporal. Estos reflejos son parecidos al de la glándula suprarrenal y aumentan su efecto en estado de hipotermia (19).

### **Reflejos metabólicos**

Es de conocimiento general que el metabolismo corporal es controlado en gran medida por el sistema endocrino, pero el sistema nervioso también ejerce un efecto sobre el metabolismo corporal, debido a que sus fibras nerviosas motoras o secretoras inervan directamente a los órganos y glándulas, además de inervar a los vasos que irrigan a los tejidos; pueden modificar el estado trófico y los requerimientos de los tejidos, modulando de esta manera el metabolismo corporal (19).

En 1855 Claude Bernard describió que, al estimular el bulbo raquídeo por una picadura, el estímulo viaja a través de la médula hasta el hígado, ocasionando un aumento de la liberación de glucógeno y por consiguiente un aumento de la glucosa en sangre; este efecto también ocurría en la estimulación del nervio vago, desencadenando al mismo tiempo un reflejo glucemiante. Cabe señalar que los primeros en describir el reflejo hipoglicemiante fueron Pfluger en 1903 y von Furth en 1913, quienes demostraron que, cuando los pacientes presentaban hipotermia, fatiga muscular o el tejido mostraba déficit de glucosa, se enviaba una información hacia la médula, hipotálamo y corteza, específicamente a los centros de control de la glucemia, descubiertos por Zunz y La Barre, y que estos centros de control de la glucemia al mismo tiempo enviaban fibras nerviosas hacia el hígado, lo que estimulaba la secreción de glucosa por los hepatocitos y provocaba la estimulación de la glándula suprarrenal, secretando adrenalina, la que a su vez estimulaba al hígado y a otros centros de almacenamiento de glucosa para su liberación hacia el torrente sanguíneo (19, 35).

De la misma manera que el sistema nervioso autónomo tiene efecto sobre la glucemia, también presenta efecto sobre el metabolismo de los lípidos. Geelmuyden determinó que existe una relación directa entre la hiperlipemia y la glucemia y describe que, cuando hay problemas en el metabolismo de la glucosa, este aumenta la movilización de lípidos a los tejidos para suplir el déficit energético. Por otra parte, Jones y Fish determinaron que los centros de control de los lípidos se encuentran cerca de los núcleos de regulación del metabolismo de glicemia en el hipotálamo y corteza cerebral y que a través de las fibras del sistema simpático tienen un efecto importante sobre el almacenamiento y liberación de lípidos en la sangre, provocando hiperlipemia (19, 35).

El sistema nervioso simpático suministra inervación al hígado, piel, músculo, glándula suprarrenal y otros órganos, lo que le permite regular el metabolismo de los lípidos y la glucemia. Los órganos antes mencionados, funcionan como centros de almacenamiento de proteínas como albúmina, globulinas y fibrinógenos, entre otros; este reflejo metabólico proteico se inicia por el trofismo y requerimiento metabólico de los tejidos, que envía señales hacia los centros del hipotálamo, regulando el sistema simpático y estimulando la liberación de la adrenalina por la glándula suprarrenal ejerciendo su efecto en el hígado principalmente y liberando proteínas en el torrente sanguíneo (19).

## 7. Discusión de resultados

En el presente trabajo de investigación se revisó ampliamente la anatomía del sistema nervioso simpático con el objetivo de conocer las extensas interrelaciones neuronales existentes las cuales pueden proporcionar un sustento para explicar los efectos segmentales y a distancia que en la práctica de la terapia neural se pueden generar a partir de la estimulación de una zona en particular.

Es importante señalar, que luego de una revisión bibliográfica minuciosa de los escasos textos de terapia neural publicados entre los que se puede mencionar el de Dosch (2) y el de Kidd (25); observamos que se trata de manera muy tangencial la relación existente entre la morfología del sistema nervioso simpático y la terapia neural. Lo que generalmente sucede es que se realiza una descripción somera de la morfología del sistema nervioso simpático con el objetivo de fundamentar las técnicas de aplicación de la terapia neural más no se tiene en cuenta la notable importancia de la morfología del sistema nervioso simpático, la cual no solamente es útil para determinar el sitio de abordaje de una técnica sino también para conocer las extensas interrelaciones neuronales existentes, que servirían de fundamento para poder explicar los efectos que a distancia se pueden generar a partir de la estimulación de una zona en particular.

Por otro lado, es importante mencionar que existen muchas publicaciones relacionadas con la morfología del sistema nervioso simpático (36-38); en las que se enfatiza la importancia del mismo desde una perspectiva clásica (analítica), donde se describen diversas técnicas de abordaje a los ganglios simpáticos, con fines diagnósticos y terapéuticos (como es el caso de la simpatectomía que se realiza en la hiperhidrosis, arritmias cardíacas y en hiperacidez gástrica); más es poco común encontrar publicaciones con una perspectiva sintética o integrativa (afín al programa de pensamiento de la terapia neural) que ponga una mayor acento en las relaciones e interconexiones más que en las divisiones.

En la presente investigación se encontró que cada uno de los ganglios cervicales y celiaco presenta numerosas interconexiones con diferentes estructuras anatómicas (ver tabla 2). El ganglio cervical superior presenta conexión con 5 ganglios, 5 arterias, 5 glándulas (1 endocrina, 4 exocrinas), 4 órganos. El ganglio cervical medio presenta conexiones con 2 ganglios, 3 arterias, una glándula endocrina y 2 órganos. El ganglio estrellado presenta conexiones con un plexo y dos nervios adicionales a las raíces nerviosas, 2 ganglios, 4 arterias, un sistema de glándulas exocrinas y 3 órganos. Finalmente, el ganglio celiaco presenta conexiones con el nervio vago, nervios del tubo digestivo, 2 arterias, 3 glándulas (una exocrina, 1 endocrinas y una mixta) y, 6 órganos digestivos. Aunque claramente no se encuentra en la literatura una conexión directa del ganglio celiaco con el ganglio estrellado, se podría hipotetizar que la conexión se daría vía nervio vago sustentado además en el gran componente aferente del mismo nervio que garantizaría que la información pueda viajar también de forma ascendente. Si se observa en conjunto todas las conexiones de estos 4 ganglios (cervicales y celiaco) se puede llegar a concluir que incidiendo por ejemplo en una estructura como el ojo o un diente, se podrían obtener efectos gastrointestinales “lejanos”, vía sucesivas conexiones que partirían desde el ganglio cervical superior hasta el ganglio celiaco, lo que permitiría sustentar los efectos a distancia vistos en la práctica diaria de la terapia neural. De hecho, reacciones tales fueron descritas en las investigaciones de Speransky, en las que, una lesión ocasionada en el nervio infraorbitario, el nervio maxilar o directamente la pulpa de un diente, podían manifestarse no sólo con patologías diversas a nivel de córnea y de cavidad oral, sino podían diseminarse a pulmones y órganos gastrointestinales (5).

Por otro lado, el sistema nervioso autónomo distribuye fibras nerviosas en casi toda la extensión de tejidos corporales; pero este sistema, a pesar de su nombre, no es tan autónomo, ya que se encuentra en conexión con el resto del sistema nervioso por medio de sinapsis y arcos reflejos a diferentes niveles, lo que, adicionalmente, sustentaría la “unidad” de todo el sistema nervioso no sólo desde el punto de vista funcional sino anatómico.

Por ejemplo, en el encéfalo, específicamente en el tallo cerebral, el hipotálamo y cerebro medio, se encuentran centros de procesamiento, control y regulación de los estímulos e información del sistema nervioso autónomo, en particular el sistema simpático, tiene efecto sobre la actividad de órganos, glándulas y vasos sanguíneos, a través de

neurotransmisores conocidos como catecolaminas; así se genera un efecto excitatorio o inhibitorio, dependiendo de los tejidos que inerva; pero hay que tener en cuenta que el sistema simpático no solo presenta una función autónoma sino que también los nervios simpáticos presentan fibras aferentes tipo C, las cuales tienen la capacidad de transportar la sensibilidad de las vísceras y la formación de arcos reflejos, que regulan la actividad funcional, metabólica y trófica de los órganos (24).

Desde el punto de vista clínico, el sistema nervioso autónomo es muy interesante, tanto para la medicina de tradición occidental como para la terapia neural. Los sistemas simpático y parasimpático están relacionados con la fisiopatología de algunas enfermedades, entre las que podemos mencionar la migraña, urticaria, rinitis, asma, dolores musculares, esofagitis, intestino irritable, taquicardias y arritmias, entre otras; desde el punto de vista neurológico, estos procesos patológicos se denominan disautonomías.

Tanto en el campo de la neurología como en el de la neurocirugía se ha intentado acceder al sistema simpático para el manejo de diferentes enfermedades, como es el caso de la hiperhidrosis, la enfermedad cerebrovascular, enfermedades vasculares periféricas y enfermedades cardíacas, entre otras, a partir de cirugías, bloqueos anestésicos o por medio de fármacos, cuyos resultados no siempre han sido exitosos (39).

En el desarrollo histórico de los conocimientos sobre la anatomía del sistema nervioso y el sistema nervioso simpático se han generado diversas polémicas y teorizaciones, lo cual deja entrever que el estudio de la anatomía no es estático y que no todo está dicho con relación a esta ciencia. Uno de los primeros debates históricos fue el descubrimiento del sistema nervioso simpático, que se creía que pertenecía al nervio vago; el anatomista Vesalio, en 1538, fue el primero en describir la diferenciación del sistema simpático y el sistema parasimpático (13, 14).

Otro punto de discusión fue establecer en un tejido qué tan profunda se encontraba la innervación del sistema simpático; algunos investigadores, como Stohr en 1922, describieron terminaciones simpáticas distribuidas en las paredes de las venas y en el interior de las fibras musculares lisas de la vejiga; Arnestein demostró que hay terminaciones nerviosas en las células de la glándula parótida y Riegele observó fibras nerviosas en el interior de los hepatocitos; no obstante, Claude Bernard y Pischinger

describieron el medio interno y el espacio extracelular y afirmaron que existen influencias vasculares, endocrinas y nerviosas en la regulación interna celular y que no es necesario que las fibras nerviosas tengan un contacto directo sobre la membrana celular; esto permite concluir que el sistema nervioso simpático, a través de sus neurotransmisores, puede tener un efecto distante a nivel celular, que repercute en el funcionamiento tisular (19).

Un punto problemático adicional ha sido la clasificación clásica de los nervios que ha consistido en dividirlos en mielínicos, amielínicos, sensitivos, motores, aferentes y eferentes. Esta clasificación ha mantenido además la concepción de que los impulsos neuronales se transmiten en una sola dirección; pero en las investigaciones anatómicas y de neurociencias actuales se describen axones neuronales que transportan los estímulos nerviosos de forma bidireccional, anterógrada y retrógrada, y nervios mixtos que son aferentes y eferentes al mismo tiempo, transmitiendo impulsos sinápticos en diferentes direcciones, dependiendo de la adaptación funcional que en el momento presenta el sistema nervioso. Este tipo de nervios se encuentran en la mayoría de los nervios raquídeos y en los nervios craneanos, por ejemplo el nervio vago, el cual, siendo un nervio supuestamente eferente, el 90% de sus fibras son del tipo amielínicas aferentes; el nervio esplácnico mayor presenta un 80% de fibras eferentes y un 20% de fibras aferentes, que comprenden unas 3.500 fibras amielínicas; los nervios dorsales esplácnicos menor e inferior tienen aproximadamente 2.000 fibras aferentes y los nervios esplácnicos lumbares unas 4.600 fibras aferentes. Estos ejemplos demuestran la versatilidad de la transmisión sináptica de los nervios periféricos y autónomos (24, 29, 40), y permitirían aumentar la posibilidad de generación de reflejos fisiopatológicos en el sistema nervioso, tal que, sería totalmente factible que si se genera un estímulo irritativo en algún punto del sistema nervioso, este pudiese de alguna manera reflejarse en cualquier parte del organismo, tal como lo planteaba Speransky (5).

La sensibilidad visceral también ha sido un tema de discusión en el desarrollo de la neuroanatomía. Inicialmente se pensó que no se presentaba dolor porque durante las cirugías al incidir las vísceras con un bisturí no se producía un estímulo doloroso; luego se descubrió que el dolor visceral se producía en procesos de distensión exagerada, torsión o estímulos químicos en las paredes de los órganos. Después de conocer que sí se producía dolor visceral, se dispuso describir cuáles fibras nerviosas transportaban



---

esta información; primeramente se pensó que eran fibras raquídeas posteriores, pero luego, con las investigaciones de Gaskell y Head, se descubrió que la transmisión se daba por fibras sensitivas aferentes tipo C, que pertenecían a los nervios simpáticos, que transportaban el estímulo autónomo a los órganos. Las fibras simpáticas también tienen innervación aferente y eferente hacia las glándulas endocrinas, como tiroides, páncreas y glándula suprarrenal, y a órganos anexos gastrointestinales, como el hígado, permitiéndole realizar reflejos o arcos sinápticos entre las glándulas, vísceras y los centros nerviosos centrales que se encuentran en el tallo cerebral, hipotálamo y corteza, lo que hace posible una regulación de las funciones endocrinas y metabólicas (19 ,24, 26).

Teniendo en cuenta la importancia del sistema simpático en las etapas de la enfermedad y que además es un punto de incidencia terapéutica para la medicina de tradición occidental y la terapia neural, es de suma importancia continuar investigando en busca de nuevos conceptos neuroanatómicos y neurofisiológicos del sistema simpático, con el objetivo de hacer una descripción experimental más exacta de sus conexiones y sinapsis con los órganos y sistemas (25).

## 8. Direcciones futuras

Se sugiere, para futuras investigaciones, realizar estudios experimentales neuroanatómicos en animales aislando las fibras nerviosas y aplicando estímulos externos en piel, órganos o vísceras y observando a través de microscopía de barrido los cambios morfológicos en las dendritas o axones de las neuronas a estudiar, en los diferentes niveles encefálicos. También se pueden realizar estudios no invasivos, por ejemplo métodos de transporte axoplásmico, marcadores metabólicos y neurografía por resonancia magnética o por la técnica sushi, la cual consiste en la sustracción de imágenes codificadas unidireccionalmente para la supresión de los objetos fuertemente isotrópicos, con el objetivo de visualizar selectivamente los nervios por resonancia magnética, para de esta manera poder identificar las interconexiones y sinapsis que tiene el sistema simpático con otras estructuras del sistema nervioso y con otros tejidos del cuerpo humano (20, 34). Esto con el fin de lograr una mayor y mejor comprensión de su función, con el firme objetivo de poder aplicar con suficiencia este conocimiento en pro del fortalecimiento del ejercicio de la terapia neural y de la medicina en general.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

Podemos concluir que el estudio y conocimiento de la morfología de las cadenas ganglionares cervical y solar simpática es de suma importancia en la fundamentación de las bases de la terapia neural, ya que nos permite conocer las extensas interrelaciones neuronales que constituyen estas cadenas ganglionares, lo cual en gran medida nos facilita comprender los efectos terapéuticos que se generan en tejidos y órganos distantes al ganglio simpático estimulado con un anestésico local. En el presente trabajo se planteó una hipótesis con respecto al sustento anatómico de los viscerotomas, lo cual brindaría un fundamento para los reflejos cuti-visceroles encontrados por Head.

Los nervios tradicionalmente se han clasificado como aferentes y eferentes, y consecuentemente, se ha pensado que los nervios eferentes sólo presentan fibras nerviosas eferentes y lo mismo aplicaría para los aferentes. Evidencia reciente ha demostrado que nervios como los nervios simpáticos y el nervio vago, entre otros nervios eferentes, presentan un porcentaje de sus fibras de tipo aferente con la capacidad de transportar los estímulos sensitivos. Este conocimiento es sumamente importante en la terapia neural porque permitiría sustentar la premisa de Speransky que hace referencia a que, si se causa un estímulo irritativo en algún punto del sistema nervioso, este se pueda reflejar en otras partes del mismo. Aplicado a la práctica de la terapia neural, esto posibilitaría que al colocar el neuralterapéutico sobre un nervio específico (que ha sido clasificado clásicamente como eferente) sea posible la transmisión de forma ascendente de la información del estímulo distribuyéndose a otras partes del organismo o del sistema nervioso (24, 26).

Al indagar sobre la morfología del ganglio simpático superior, se puede evidenciar que presenta conexiones con el ganglio ciliar y pterigopalatino. Tan sólo este hecho sustentaría el que con una sola infiltración sobre este ganglio podamos obtener un efecto extenso sobre diferentes estructuras de la cara como son mucosa nasal, mucosa del

paladar ganglios, glándulas, músculos y tímpano (15, 20). Así mismo, a través de sus conexiones con arteria carótida y sus colaterales se puede alterar el curso de una patología como una enfermedad cerebro vascular o una hipertensión arterial, hecho que también está sustentado en investigaciones de la medicina convencional (15, 20, 42, 43). Este ganglio presenta también conexiones con ganglio estrellado lo que ampliaría su posibilidad de efectos.

Por otra parte, al aplicar neural terapéutico en el ganglio estrellado se pueden presentar múltiples efectos sobre una gran extensión en las regiones de la cara, miembro superior y órganos del tórax como los pulmones y el corazón (15, 20). De la misma manera, a través de las conexiones con el nervio vago, se podrían obtener incluso efectos sobre la fisiología gastrointestinal a partir de este punto, teniendo en cuenta que también el nervio vago presenta conexiones con el ganglio celiaco (15,24).

El hallazgo de los reflejos cuti-viscerales evidenciado por las investigaciones de Henry Head y observado a diario en la práctica de la terapia neural, se puede sustentar gracias a las neuronas multirreceptivas de convergencia de amplio rango dinámico (WDR) que se encuentran en la lámina V de Rexed de la médula. Allí se integra la información que proviene de la piel con la información aferente visceral constituyendo el sustento anatómico no sólo para la formación del fenómeno del dolor referido, sino también para los reflejos cutáneo-viscerales. En otras palabras, desde la piel se pueden alterar estados patológicos viscerales y viceversa; pero no hay que olvidar que, las mismas vísceras presentan conexiones con estructuras del sistema nervioso como ganglios y el nervio vago, entre otros, a través de los cuales podríamos obtener efectos a distancia también (24, 28, 29).

Por otro lado, se han descrito reflejos internos como reflejos que se originan en las vísceras y que permitían una autorregulación interna de las funciones metabólicas de los órganos. Estos se forman a partir las fibras nerviosas vegetativas y proporcionan estímulos excitatorios o inhibitorios produciendo una regulación del trofismo. Los reflejos internos pueden ser viscero-viscerales y somático-vegetativos (incluyendo los viscerales-cutáneos). Este concepto de reflejo interno sustenta el que la aplicación de procaína sobre ganglios simpáticos que inervan ciertas vísceras puedan producir estímulos reflejos

que modifiquen el estado de vísceras vecinas y de tejidos somáticos distantes, vía interconexiones del sistema nervioso (19).

Otro aspecto importante es que el hallazgo de reflejos ganglionares y axónicos, que se pueden formar sin el control de centros nerviosos medulares ni superiores, aumentan la posibilidad de respuestas ante un estímulo focal, permitiendo una autorregulación dinámica y funcional de las vísceras (19).

Todos estos hallazgos explicarían el hecho de que al estimular los ganglios simpáticos en la práctica de terapia neural se puedan desencadenar reflejos reguladores digestivos, respiratorios, cardíacos, endocrinos, metabólicos, etc, alterando el trofismo tisular de todos los sistemas corporales manifestándose como una modificación del estado salud-enfermedad de un individuo determinado (19).



## Bibliografía

1. Universidad Nacional de Colombia. Rev. Fac. Med. Unal 2010; 58(2): 155-156. ISSN 0120-0011.
2. Montenegro, A. La Revolución Rusa. En: Montenegro A (Ed.) Historia del Antiguo continente. Editorial Norma. Colombia. 1987: 222-227
3. Bykov K. and Konradi G. Fundamental concepts of physiology. In: Bykov K.M. (ed.). Text-book of physiology. Foreign Languages Publishing House. Moscow, 1960: 15-45
4. Grashchenkov NI. Relationships between British and Russian medicine and neurology, and the role of the National Hospital, Queen Square, London, in the development of Russian neuropathology. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat, 1960, 23: 185-190
5. Speransky A.D. Bases para una nueva teoría de la medicina. 1° ed. Buenos Aires. Editorial Psique.1954.
6. Bykov KM. The cerebral cortex and the internal organs. Chemical Publising Co, Inc. New York, USA. 1957.
7. Speransky A. La corteza. En: Speransky A (Ed.) Bases para una nueva teoría de la medicina. Capítulo 3. Primera edición. Editorial Psique. Buenos Aires. Pág. 63.
8. Speransky A. Reacciones Específicas. En: Speransky A (Ed.) Bases para una nueva teoría de la medicina. Capítulo 19. Primera edición. Editorial Psique. Buenos Aires. Pág. 368.
9. Dosch, Peter; Dosch, Mathias. *Manual of neural therapy according to Huneke*. 2ª edición. Alemania: Thieme, 2007.
10. Head, Henry. On the disturbances of sensation, with special reference to the pain of visceral disease. Brain. 1893; 16:1–133
11. Cardozo, Ana María. El enfermar como proceso evolutivo emergente. Tesis de maestría en medicina alternativa. Facultad de medicina. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá, 2011.

12. Payán De la Roche, Julio César. *Lánzate al vacío, se extenderán tus alas*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2000.
13. French, Roger. The origins of the sympathetic nervous system from Vesalius to Riolan. *Med Hist.* 1971, January; 15(1): 45-54.
14. Ackerknecht, Eerwin. The history of the discovery of the vegetative (autonomic) nervous system. *Med Hist.* 1974, January; 18(1): 1-8.
15. Latarjet, Michael, Ruiz Liard, Alfredo. *Anatomía humana*. 4ª edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2005.
16. Bustamante, Jairo. *Neuroanatomía funcional y clínica*. 4ª edición. Colombia: Editorial Médica Celsus, 2007.
17. Gilman, Sid, Newman, Sarah Winanas. *Neuroanatomía y neurofisiología clínica de Manter y Gantz*. 5ª edición. México: El Manual Moderno, 2003.
18. Snell, Richards. *Neuroanatomía clínica*. 6ª edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2007.
19. Pi Suñer, Augusto. *Sistema neurovegetativo*. México: Uteha, 1947, pp. 95-429.
20. Rubin, Michael, Safdieh, Joseph. *Netter neuroanatomía esencial*. España: Elsevier, 2008, pp. 368-390.
21. Chusin, Joseph G. *Neuroanatomía correlativa y neurología funcional*. 7ª edición. México: El Manual Moderno, 1987.
22. Cardinali, Daniel P. *Neurociencia aplicada; sus fundamentos*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2007.
23. Kiernan, John, Barr, Murray. *El sistema nervioso humano: un punto de vista anatómico*. 8ª edición. México: McGraw-Hill, 2006.
24. Loesser, John, Butler, Stephen, Chapman, Richard. *Bonica. Terapéutica del dolor*. 3ª edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2003.
25. Kidd, Robert. *Neural therapy: applied neurophysiology and other topics*. Canadá: Custom Printers of Renfrew, 2005.
26. Pan Hui-Lin, Longhurst, John C. Ischaemia-sensitive sympathetic afferents innervating the gastrointestinal tract function as nociceptors in cats. *J Physiol.* 1996, May 1; 492(Pt 3): 841-850.
27. Escobar, Martha I., Pimienta, Hernán. *Sistema nervioso*. Cali: Universidad del Valle, 2008, pp. 283-294.



28. Torres L. M., Elorsa, J., Gómez, Sancho, Micó, J. A., Muriel, C., Reig, E., Rodríguez, M. *Medicina del dolor*. Barcelona: Masson, 1997, pp. 55-56.
29. Puelles López, Martínez Pérez, Martínez de la Torre. *Neuroanatomía*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2008, pp. 6-301.
30. Macmahon, Stephen B., Koltzenburg, Martin. *Wall y Melzack tratado del dolor*. 5ª edición. Madrid: Elsevier, 2007, pp. 73-80.
31. Head, Henry, Campbell, A. W. *Brain. The pathology of Herpes zoster and its bearing on sensory localisation. Original articles and clinical cases*, 1900.
32. Wei Wang, Guo-Qing Zhu, Lie Gao, Wen Tan, Zhong-Ming Quian. Baroreceptor reflex in heart failure. *Acta Physiologica Sinica*, June 25, 2004, 56(3): 269-281.
33. Hall, John E., Guyton, Arthur. *Tratado de fisiología médica*. 12ª edición. Barcelona: Elsevier, 2011.
34. Szurszewski, J. H., Ermilov, L. G., Miller, S. M. Prevertebral ganglia and intestinofugal afferent neurons. *International Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 2002; 51(Suppl I):i6–i10.
35. Fujita, Satoshi, Donovan, Casey M. Celiac superior mesenteric ganglionectomy, but not vagotomy, suppresses the sympathoadrenal response to insulin-induced hypoglycemia. *Diabetes*, 2005, Nov: 119-131
36. Song Jun-Gol, Hwang Gyu-Sam, Lee Eun Ho, Leem Jeong Gil. Effects of bilateral stellate ganglion block on autonomic cardiovascular regulation. *Circ j* 2009; 73: 1909 – 1.
37. Peterson Ryan C, Patel Lisa, Cubert kenneth, Gulati Amitabh. Serial stellate ganglion blocks for intractable postherpetic itching in a pediatric patient: a case report. *Pain physician* 2009; 12:629-632.
38. Nascimento M.S.A, Klamt J.G, Prado W.A. Intravenous regional block is similar to sympathetic ganglion block for pain management in patients with complex regional pain syndrome type I. *Braz J Med Biol Res*, December 2010, Volume 43(12) 1239-1244.
39. Song Jun-Gil, Hwang Guy-Sam, Ho Lee Eun, Jeong Gil Leem Chung Lee, Hwan Park Pyung, Woo Shin Jin. Effects of bilateral stellate ganglion block on autonomic cardiovascular regulation. *Circulation Journal*, 2009, 73(10): 1909-1913.
40. Afifi, Adel K., Bergman, Ronald A. *Neuroanatomía funcional, texto y atlas*. 2ª edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2006, p. 12.

41. Takahara Taro, Kwee, Thomas, Hendrikse, Jeroen, Cauteren, Marc Van, Koh Dow-Mu, Niwa Tetsu. Subtraction of unidirectionally encoded images for suppression of heavily isotropic objects (SUSHI) for selective visualization of peripheral nerves. *Neuroradiology*, 2011, 53:109-116.
42. Walsh Crosbie. Symposium on the treatment of cerebrovascular disease: stellate ganglion block in the treatment of cerebrovascular disease. *proceedings of the royal society of medicine*, 1955 november 16; vol.49 102-10
43. Min Park Hyeon, Kim Tae Wan, Gyu Choi Hong, Bong Yoon Kyung, Mi Yoon Duck. The change in regional cerebral oxygen saturation after stellate ganglion block. *Korean J Pain* 2010 June; Vol. 23, No. 2: 142-146
44. JE Schmidt, EA Wehrwein, LA Gronbach, JL Atkinson, RD Fealey, N Charkoudian, JH Eisenach. Autonomic function following endoscopic thoracic sympathectomy for hyperhidrosis. *Clin Auton Res*. 2011 Feb;21(1):11-7
45. Pello S, Miller A, Ku T, Wang D. Hemorrhagic gastritis and duodenitis following celiac plexus neurolysis. *Pain Physician*. 2009 Nov-Dec; 12(6):1001-3