UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Variaciones anatómicas en los nervios simpáticos torácicos, características histológicas e implicaciones clínicas asociadas: revisión ampliada de la literatura

Mayra Alejandra Borda Cárdenas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Departamento de Morfología Humana
Bogotá, D.C
2021

Variaciones anatómicas en los nervios simpáticos torácicos, características histológicas e implicaciones clínicas asociadas: revisión ampliada de la literatura

Mayra Alejandra Borda Cárdenas

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de: **Magíster en Morfología Humana**

Directora:
Dra. Mg. María Inés Maldonado Arango
Profesora Asociada Universidad Nacional de Colombia

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Departamento de Morfología Humana
Maestría en Morfología Humana
Bogotá, D.C.
2021

A mi madre

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Mayra Alejandra Borda Cárdenas

27 de mayo de 2021

Agradecimientos

Agradezco la orientación y el apoyo de la Directora del trabajo de grado, Doctora María Inés Maldonado Arango y a la Doctora Andrea Esperanza Rodríguez quien asesoró la parte metodológica y el estilo del trabajo.

Agradezco también a los profesores y compañeros de la Maestría de Morfología Humana.

Resumen

VARIACIONES ANATÓMICAS EN LOS NERVIOS SIMPÁTICOS TORÁCCICOS, CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS E IMPLICACIONES CLÍNICAS ASOCIADAS: REVISIÓN AMPLIADA DE LA LITERATURA

Se considera de suma importancia que se describan las variaciones del sistema nervioso simpático torácico reportadas hasta el momento y que los profesionales de ciencias de la salud tengan pleno conocimiento de la caracterización histológica y las implicaciones clínicas asociadas.

En este documento, se recopilaron las publicaciones sobre el tema de la última década a nivel internacional, y se realizó un análisis de las repercusiones en algunas técnicas quirúrgicas, como lo son la simpaticotectomía, simpaticotomía y ramicotomía. Así mismo, desde un punto de vista clínico, la caracterización de estas variaciones anatómicas permitió formular hipótesis que podrían explicar los fallos quirúrgicos, como lo es la hiperhidrosis persistente, o las respuestas inadecuadas al mismo, como ocurren en la hiperhidrosis compensatoria.

De otra parte, se permitió hacer un acercamiento a una serie de situaciones clínicas, en las que el común denominador fue el dolor intenso, de tal forma que caracterizar la vía nerviosa por la cual se trasmite esta información nociceptiva al sistema nervioso central, con las posibles variaciones, permite una resección más segura de la misma y de esta manera proporcionar una mejor calidad de vida a pacientes con trastornos dolorosos del abdomen superior.

Palabras clave: Cadena simpática torácica, tronco simpático torácico, variaciones anatómicas, implicaciones clínicas, cirugía, morfología.

Abstract

ANATOMIC VARIATIONS IN THE THORACIC SYMPATHIC NERVES, HISTOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ASSOCIATED CLINICAL IMPLICATIONS: EXPANDED LITERATURE REVIEW

It´s important that variations of the thoracic sympathetic nervous system are described and the health science professionals have full knowledge of the histological characterization and associated clinical implications.

In this document, international publications on the subject of the last decade were compiled, and an analysis of the repercussions was carried out on some surgical techniques, such as sympathotectomy, sympathicotomy and ramicotomy.

As well, in the same way, the characterization of these anatomical variations made it possible to formulate hypotheses that could explain surgical failures, like a persistent hyperhidrosis or inadequate responses to it, such as compensatory hyperhidrosis.

On the other hand, it was possible to make an approach to a series of clinical situations, in which of the common denominator was the intense pain, so knowing the way which is transmitted to central nervous system most frequently and the possible variations, allows to act upon, and thus provide better life quality for patients with upper abdominal pain disorders.

Keywords: Thoracic sympathetic chain, thoracic sympathetic trunk, anatomical variations, clinical implications, surgery, morphology.

CONTENIDO

Página

Introducción 16
1. Planteamiento del problema 17
1.1 Formulación del problema 17
1.2 Objetivos
1.2.1 Objetivo general 17
1.2.2 Objetivos específicos 17

2. Justificación 18

3. Referente conceptual 19
3.1 Sistema nervioso autónomo 19
3.1.2 Sistema nervioso simpático 19
3.1.2.1 Ganglios simpáticos, relaciones anatómicas y ramos colaterales 21
3.1.2.1.1 Ganglios paravertebrales 21
3.1.2.1.1.1 Región cervical 23
3.1.2.1.1.2 Región torácica 23
3.1.2.1.1.3 Región lumbar 25
3.1.2.1.1.4 Región sacro-coccígea 26
3.1.2.1.2 Ganglios prevertebrales 26
3.1.2.1.2.1 Ramos aferentes 28
3.1.2.1.2.1.1 Nervios esplácnicos 28
3.1.2.1.2.1.2 Tronco vagal posterior 30
3.1.2.1.2.1.3 Nervio frénico derecho 30
3.1.2.1.2.2 Ramas eferentes 30
3.1.3 Histología del sistema nervioso simpático 31
3.1.3.1 Nervios 31
3.1.3.2 Ganglios 37
3.1.4 Desarrollo embriológico del sistema nervioso simpático 39
3.1.4.1 Diferenciación de las neuronas autónomas 40

4. Diseño metodológico 42
4.1 Evaluación de la calidad metodológica 43
4.2 Cronograma 46

5. Resultados 47
5.1 Características de los estudios incluidos 47

6. Discusión 59
6.1. Variaciones ganglionares 60
6.2. Nervio de Kuntz 63
6.3 Ramos comunicantes 64

6.4 Nervios esplácnicos 69
6.5 Duplicación de la cadena simpática 60
6.6 Eferencias al corazón 71
6.7 Hallazgos histológicos 71

7. Conclusiones 72

Bibliografía 74

Lista de figuras

Página

Figura 1. Disposición general de la división simpática del sistema nervioso autónomo. 20
Figura 2. Troncos simpáticos. 22
Figura 3. Ganglios prevertebrales 27
Figura 4. Nervios esplácnicos. 29
Figura 5. Corte longitudinal nervio periférico 32
Figura 6. Relación de los axones amielínicos con la vaina de Schwann 32
Figura 7. Desarrollo de la vaina de mielina a partir de la célula de Schwann en las fibras nerviosas periféricas 33
Figura 8. Corte transversal de una vaina de mielina 34
Figura 9. Esquema axón mielínico 35
Figura 10. Organización del tejido conectivo en los nervios periféricos 36
Figura 11. Nervio periférico. Organización del tejido conectivo 37
Figura 12. Microscopía óptica. Ganglio simpático. 38
Figura 13. Microscopía óptica. Ganglio simpático. 38
Figura 14. Migración de las células de la cresta neural 39
Figura 15. Diagrama de flujo de la selección de artículos 45
Figura 16. Ubicación más frecuente de los ganglios simpáticos torácicos 62
Figura 17. Nervio de Kuntz 64
Figura 18. Clasificación de los ramos comunicantes en tres tipos, de acuerdo a las relaciones anatómicas entre el ganglio torácico y los nervios intercostales 64

Lista de tablas

Página

Tabla 1. Evaluación de la calidad de reporte 47
Tabla 2. Características y resultados de los estudios incluidos en la revisión ampliada 50
Tabla 3. Número de ramos comunicantes del segundo al cuarto ganglio torácicos 67
Tabla 4. Distancia de los ramos comunicantes al ganglio torácico 67

Lista de cuadros

Página

Cuadro 1. Bases de datos 42
Cuadro 2. Esquema de inclusión de los estudios en coherencia con la guía prisma. 43

Introducción

El sistema nervioso autónomo (visceral o vegetativo) es la parte del sistema nervioso encargada de mantener el medio interno en un estado de equilibrio, ejerciendo una actividad que escapa casi en su totalidad a la voluntad y la conciencia (1, 2); tiene tres divisiones: el simpático, el parasimpático y el sistema nervioso entérico, los cuales se distribuye a través del sistema nervioso central y periférico, y al igual que el sistema nervioso somático, tiene neuronas aferentes, conectoras y eferentes.

La información aferente se origina en los receptores viscerales y se dirige al sistema nervioso central por vías aferentes, donde se integra por medio de neuronas de conexión a diferentes niveles, para luego dirigirse a órganos efectores a través de vías eferentes. Por otro lado, las vías eferentes están constituidas por neuronas preganglionares y posganglionares; las neuronas preganglionares se encuentran en la columna gris lateral de la médula espinal y a nivel de los núcleos motores de los nervios craneales III, VII, IX y X, sus axones establecen sinapsis con los cuerpos de neuronas posganglionares que se reúnen formando ganglios fuera del sistema nervioso central (72). Dichos ganglios autónomos están conformados por neuronas multipolares, que tienden a disponerse de manera aleatoria, son más pequeñas que las del ganglio de la raíz dorsal y como se mencionó, sus dendritas se conectan por medio de los axones mielinizados de las neuronas preganglionares (ramos blancos) y con axones no mielinizados (ramos grises) a los nervios espinales y a las vísceras (73).

El sistema simpático está constituido por una vía eferente que procede de la médula espinal, dos troncos simpáticos ganglionares, plexos y ganglios regionales. Los ganglios conforman una cadena unida con axones interganglionares a cada lado de la columna vertebral desde la base del cráneo hasta el cóccix (1), lugar donde se une con la cadena contralateral a través de un ganglio impar. Así mismo, se establece una conexión con los nervios espinales regionales a través de los ramos comunicantes blancos y grises (3). Esta cadena recibe el nombre de tronco simpático y a medida que se extiende por la longitud del cuello y el tronco da origen a diferentes estructuras nerviosas que se encargan de la regulación de funciones viscerales, vasomotoras, pilomotoras y sudoríparas, con topografía metamérica (1).

Tradicionalmente se han descrito 11 ganglios en la cadena simpática torácica (1), sin embargo, existen casos que puede escapar al número y morfología usual ganglionar y a las características de las raíces nerviosas que origina, ingresando entonces a la categoría de “variación anatómica”, dentro de las cuales se encuentran la ausencia, la variación en el número de ganglios, las fusiones anómalas entre ellos, o trayectos nerviosos inusuales y hasta la conformación anormal de los nervios esplácnicos (4).

Por otra parte, se desconoce la existencia de una relación, entre la presencia de una de estas variaciones anatómicas y alguna situación clínica o implicación

quirúrgica; en este sentido, se han establecido relaciones indirectas de cambios vasomotores, hipertensión esencial, tromboangitis obliterante, fenómeno de Raynaud, dolores precordiales o viscerales, síndrome de túnel carpiano o síndrome de salida torácica (5), pero sin establecerse una asociación directa, por lo que se hace necesaria una revisión de la literatura explícita que aclare esta hipótesis.

Planteamiento del problema

1.1 Formulación del problema

¿Cuáles son las variaciones anatómicas, características histológicas e implicaciones clínicas asociadas a las variantes del sistema nervioso simpático torácico registradas en la literatura científica hasta el momento, en pacientes adultos e infantes de ambos géneros, de todas las edades; identificadas mediante cirugía toraco-abdominal, estudios histológicos y/o estudios cadavéricos?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Investigar las variaciones anatómicas del sistema nervioso simpático torácico, su descripción histológica y la posible asociación clínica, reportadas en la literatura científica de la últimos veinte años, que hayan sido identificadas quirúrgica o cadavéricamente en pacientes adultos y niños de ambos géneros.

1.2.2 Objetivos específicos

- Investigar las variaciones anatómicas del sistema nervioso simpático torácico registradas en artículos científicos.
- Indagar si existe descripción histológica de las variaciones anatómicas del sistema nervioso simpático torácico en la literatura científica.
- Rastrear las posibles manifestaciones clínicas reportadas en la literatura consultada, asociadas a las variaciones anatómicas del sistema nervioso simpático torácico.

1.Justificación

En el marco del estudio de la Morfología Humana, se considera importante la descripción de las variaciones anatómicas, entre ellas, las del sistema nervioso simpático torácico que hayan sido reportadas hasta el momento, sus características histológicas y que los profesionales de ciencias de la salud tengan pleno conocimiento de la existencia de reportes de las implicaciones clínicas asociadas a estas variaciones nerviosas.

De igual forma, las publicaciones en la literatura biomédica progresan de manera cotidiana para renovar los conocimientos científicos a nivel mundial, siendo la predilección de investigadores y lectores de la salud, las bases de datos, con especial énfasis en las revisiones ampliadas o sistemáticas de la literatura y los meta-análisis, como investigaciones integrativas alrededor de un tema específico.

Así, el presente trabajo de grado intenta proponer y desarrollar de manera explícita, una revisión ampliada de la literatura sobre las variaciones anatómicas del sistema nervioso simpático torácico, como contribución al estado actual de conocimiento. Para ello, se siguieron las directrices de Cardona Arias, Higuita Gutiérrez y Ríos Osorio (6) para la realización de una revisión ampliada de la literatura.

3. Referente conceptual

3.1 Sistema Nervioso Autónomo

El sistema nervioso autónomo (visceral o vegetativo) junto con el sistema endocrino, es el encargado de establecer las relaciones entre los diferentes órganos (7). Está constituido por neuronas aferentes, conectoras y eferentes, organizadas en dos subsistemas (72):

1. El sistema nervioso aferente visceral, que se origina en los receptores viscerales, y tiene un trayecto por vías aferentes hacia el sistema nervioso central (SNC), donde se integra mediante las neuronas de conexión a diferentes niveles.

2. El sistema nervioso eferente visceral, el cual a través de vías eferentes lleva a los órganos efectores la respuesta del sistema nervioso central ante el estímulo aferente, y se encuentra constituido por neuronas preganglionares y posganglionares. Así mismo, en este sistema existen dos divisiones especiales: el simpático, parasimpático; esta división se realiza con base en diferencias anatómicas, diferencias en los neurotransmisores y diferencias en los efectos fisiológicos, los cuales son opuestos en la mayoría de los órganos, y por ello se consideran antagonistas fisiológicos. Sin embargo, debe quedar claro que ambas divisiones trabajan en conjunción mutua, y que es el equilibrio de sus funciones lo que mantiene un medio interno estable (20).

Los cuerpos de las neuronas preganglionares se encuentran en la columna gris lateral de la médula espinal y a nivel de los núcleos motores bulbares, protuberanciales y pedunculares de los nervios craneales III, VII, IX y X. Los axones de estas neuronas establecen sinapsis con los cuerpos de las neuronas posganglionares, que se reúnen formando los ganglios, externamente al sistema nervioso central; conviene subrayar que un axón preganglionar puede establecer sinapsis con varias neuronas posganglionares, de esta forma los plexos autónomos del tórax, abdomen y pelvis están formados por grandes colecciones de fibras aferentes y eferentes, junto con sus ganglios asociados.

3.1.2 Sistema nervioso simpático

Tanto el sistema nervioso simpático como el parasimpático, constituyen las vías finales eferentes viscerales; no obstante, el simpático constituye la mayor de las dos partes del sistema nervioso autónomo y se distribuye ampliamente a lo largo del cuerpo, inervando el corazón, los pulmones, los músculos de las paredes de los vasos sanguíneos, de los folículos pilosos, las glándulas sudoríparas y las vísceras abdomino-péllvicas (20).

Su función es preparar al cuerpo para una emergencia, por lo tanto, la frecuencia cardíaca se acelera, las arteriolas de la piel y del intestino se contraen, las arteriolas del músculo esquelético se dilatan, e incrementa la presión arterial, produciendo una redistribución de la sangre, de modo que ésta abandona la piel y el tubo

digestivo, pasando al cerebro, al corazón y al músculo esquelético. Además, los nervios simpáticos dilatan las pupilas, inhiben los músculos lisos de la pared de los bronquios, del intestino y de la pared de la vejiga, se cierran los esfínteres y se produce piloerección y sudoración.

Este sistema está constituido por neuronas eferentes que proceden de la médula espinal, dos troncos simpáticos ganglionares, plexos y ganglios regionales.

Como se mencionó anteriormente, los cuerpos de estas neuronas eferentes se encuentran en las astas laterales de la médula espinal, en el núcleo intermedio-lateral de la lámina VII de Rexed, desde el primer segmento torácico hasta el segundo lumbar (a veces hasta el tercer segmento lumbar) (20); (Fig. 1), desde allí se extienden axones mielínicos, que abandonan la médula espinal a través de las raíces nerviosas anteriores, llamados ramos comunicantes blancos (la rama es blanca porque las fibras nerviosas se encuentran recubiertas de mielina) en dirección a los ganglios paravertebrales del tronco simpático (se detallan más adelante). Dado que estos axones se distribuyen antes del ganglio paravertebral, se les asigna el nombre de preganglionares.

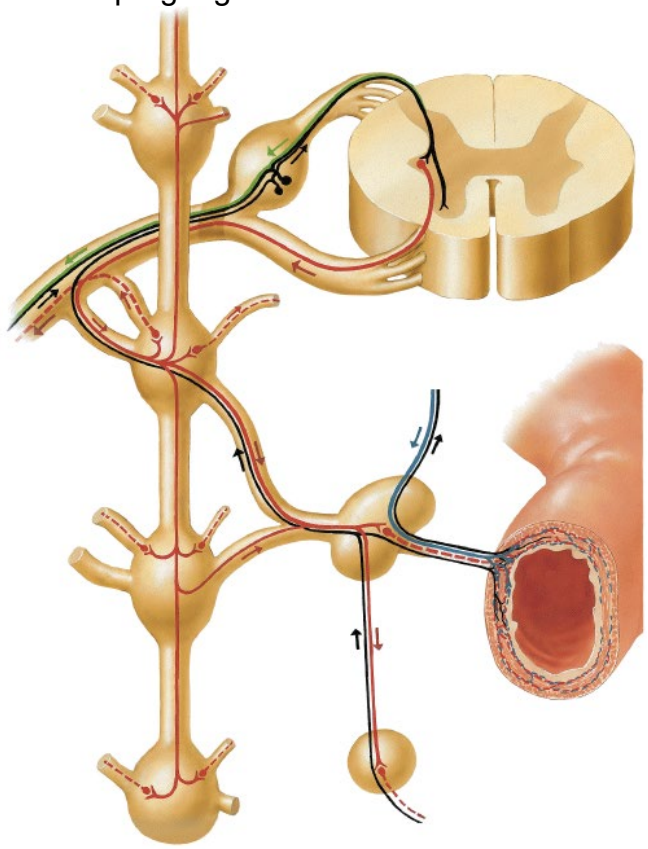


Figura 1. Disposición general de la división simpática del sistema nervioso autónomo. Observe la ubicación de los cuerpos neuronales preganglionares, los axones eferentes (rojo) y las sinapsis con la gran cadena ganglionar simpática paralela. Tomado Netter F. Atlas de Anatomía Humana. 5ª Ed. Editorial Elsevier. España. 2011 (74)

Una vez que estas fibras (preganglionares) alcanzan los ganglios paravertebrales en el tronco simpático, se pueden distribuir de la siguiente manera:

1. Estableciendo sinapsis con las neuronas posganglionares en el ganglio paravertebral (fig. 1). Los axones posganglionares no mielínicos abandonan el ganglio y pasan a los nervios raquídeos torácicos formando las ramas comunicantes grises (son grises porque las fibras nerviosas carecen de mielina). Éstos se distribuyen en las ramas de los nervios raquídeos en dirección al músculo liso de las paredes de los vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas y músculos erectores del folículo piloso de la piel.

2. Se dirigen en dirección cefálica o caudal para establecer sinapsis con otros ganglios de la cadena simpática, un ejemplo de esto son los ganglios cervicales superior, medio e inferior, que reciben axones preganglionares de los segmentos torácicos superiores y los ganglios lumbares inferiores y sacros que hacen sinapsis con axones preganglionares provenientes de los segmentos torácicos inferiores y lumbares superiores. Los ganglios entre estos dos grupos reciben información de los segmentos torácicos del nivel correspondiente (72).

3. Las fibras mielínicas preganglionares pueden pasar a través de los ganglios del tronco simpático sin establecer sinapsis y en su lugar formar los nervios esplácnico mayor, esplácnico menor y nervio esplácnico inferior o mínimo, que inervaran ganglios prevertebrales, los cuales formaran plexos periféricos, desde los cuales surgirán fibras posganglionares que se distribuirán en el músculo liso y en las glándulas de las vísceras. Unas pocas de las fibras preganglionares terminan directamente en las células de la médula suprarrenal, viajando a través del nervio esplácnico mayor. Estas células medulares, que pueden considerarse como neuronas excitadoras simpáticas modificadas, son responsables de la secreción de adrenalina y noradrenalina. La proporción entre las fibras simpáticas preganglionares y posganglionares es de alrededor de 1:10, lo que permite un amplio control de las estructuras involuntarias (20).

3.1.2.1 Ganglios simpáticos, relaciones anatómicas y ramos colaterales

Los ganglios simpáticos son el lugar donde las fibras nerviosas preganglionares hacen sinapsis con las neuronas posganglionares, y corresponden a los localizados en la cadena paravertebral y a los ganglios prevertebrales, y son el lugar donde se agrupan los cuerpos de las neuronas posganglionares.

3.1.2.1.1. Ganglios paravertebrales

La cadena simpática paravertebral está constituida por 23 a 25 ganglios bilaterales unidos entre sí por dos filamentos nerviosos, y como su nombre lo indica se

encuentra situada a ambos lados de la columna vertebral desde el cráneo al cóccix. (Fig. 2) (9).

El número de ganglios no se corresponde con el número de nervios espinales y se distribuyen habitualmente de la siguiente forma:

- Tres cervicales
- Once o doce en la región torácica.
- Tres a cinco en la región lumbar.
- Cuatro o cinco ganglios en la región sacra.
- Y un ganglio impar por delante del cóccix.

A continuación, se describirán las relaciones anatómicas de los ganglios simpáticos paravertebrales en las regiones cervical, torácica, lumbar y sacro-coccígea de dichos ganglios y los territorios de inervación

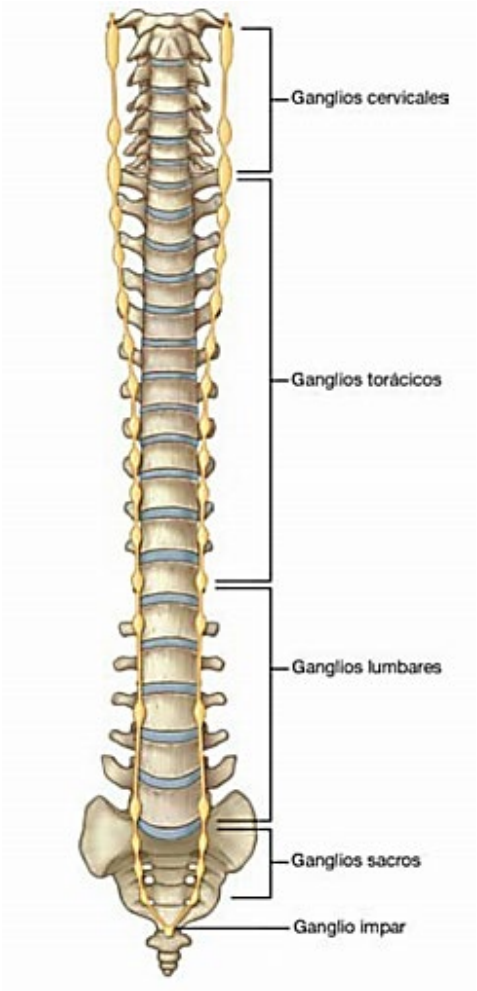


Figura 2. Troncos simpáticos. Observar la disposición paravertebral de la cadena ganglionar simpática y las diferentes porciones. Tomada de Drake R, Wayne A, Mitchell A. Gray Anatomía Básica. Editorial Elsevier. 2013 (9)

3.1.2.1.1.1 Región cervical

En el cuello, se extiende desde la base del cráneo al opérculo superior del tórax y comprende tres ganglios: superior, medio e inferior, distribuidos por detrás de la vaina carotídea (9). El ganglio cervical superior es el más voluminoso de los tres, fusiforme, de color gris, con medidas de 2 a 5 centímetros de longitud, 6 a 12 milímetros de anchura y 3 a 4 milímetros de espesor y se ubica entre la segunda y tercera vértebra cervical. El ganglio cervical medio es de forma irregular, aplanado y no excede nunca los 10 milímetros de longitud por 3 a 4 de anchura; y se encuentra localizado por debajo del tubérculo carotideo.

Finalmente, se encuentra el ganglio cervical inferior en la fosa suprarretropleural por detrás de la arteria vertebral, por delante de la arteria intercostal superior (7); la mayoría de las veces este ganglio se fusiona con el primer ganglio torácico para constituir el ganglio cervico-torácico o estrellado, cuyas dimensiones son 2 centímetros de longitud por 8 a 12 milímetros de ancho y 8 a 10 de espesor.

Las fibras postganglionares que se originan del ganglio cervical superior inervan vasos sanguíneos y estructuras que corresponden a los territorio de los primeros cuatro nervios cervicales (cara, cuero cabelludo, cuello), además inervan las glándulas salivares, nasales, lacrimales, los músculos tarsales superior (Müller) e inferior y el músculo dilatador de la pupila.

Así mismo, las que se originan del ganglio estrellado se encargarán de la inervación simpática de la extremidad superior, cursando con el nervio mediano y el ulnar.

3.1.2.1.1.2 Región torácica

Al descender al tronco, en la parte superior del tórax, la cadena ganglionar se extiende a cada lado de la columna vertebral por delante del cuello costal, mientras que en la parte inferior del tórax se distribuye por la cara lateral de los cuerpos vertebrales (9).

Allí, el tronco simpático comprende generalmente once ganglios, excepcionalmente doce; ello se debe a la formación ocasional del ganglio cervico-torácico o ganglio estrellado antes descrita. El cordón intermedio que une los ganglios suele ser único y a veces está dividido longitudinalmente en dos o tres cordones paralelos (8). La cadena pasa a la cavidad abdominal a través del intersticio entre el pilar del diafragma y el ligamento arqueado medial.

Relaciones anatómicas:

- ✓ Posterior: al igual que el cordón intermedio son cruzados por los vasos intercostales posteriores.
- ✓ Anterior e izquierda: de superior a inferior primero está cubierto por la aorta y en el resto de su extensión se relaciona con la fascia endotorácica y la pleura correspondiente.

- ✓ Anterior, medial y derecha: limita con la vena ácigos.

Territorios de inervación:

Las fibras posganglionares que están conectadas a los nervios espinales correspondientes, van a inervar los vasos sanguíneos de los músculos y la piel, las glándulas sudoríparas y los músculos piloerectores de la pared toracoabdominal. La distribución de esas fibras simpáticas es similar a la que corresponde a los nervios somáticos. Estas estructuras no reciben innervación parasimpática, por lo que la inervación dual no se presenta.

Adicionalmente, otras fibras posganglionares originadas tanto de la cadena cervical como la cadena torácica superior, junto con ramas del nervio vago, formarán plexos que se encargarán de la inervación del corazón, el esófago y el tracto respiratorio, de la siguiente forma:

- ✓ Plexo cardíaco: Está constituido por las comunicaciones que unen entre sí los ramos cardíacos del nervio vago y del tronco simpático. Los ramos simpáticos que forman este plexo no proceden de los ganglios torácicos superiores sino de los ganglios cervicales. Los ramos son tres a cada lado y se denominan nervios cardíacos cervicales superior, medio e inferior; nacen de los ganglios cervicales superior, medio e inferior, o bien del ganglio cervico-torácico.

Los ramos cardíacos del nervio vago también son tres: superior, medio e inferior. El ramo superior nace del nervio vago cervical a un nivel variable; el ramo medio procede del nervio laríngeo recurrente; el ramo inferior nace del nervio vago inferiormente al nervio laríngeo recurrente. Todos estos ramos se comunican alrededor de los grandes vasos de la base del corazón y forman el plexo cardíaco.

Este plexo puede dividirse en dos partes: una anterior o plexo cardíaco superficial y otra posterior o plexo cardíaco profundo. Se describen de la siguiente manera:

- El plexo cardíaco anterior o plexo cardíaco superficial está constituido por los ramos cardíacos cervicales superiores de los nervios vagos y por la totalidad o una parte del nervio cardíaco cervical superior del tronco simpático izquierdo; se extiende por la cara anterior del arco de la aorta, desciende a lo largo del pedículo arterial del corazón, tanto por su cara posterior como por su cara anterior.
- El plexo cardíaco posterior o plexo cardíaco profundo está constituido por los ramos cardíacos cervicales inferiores y los ramos cardíacos torácicos de los nervios vagos y por todos los nervios cardíacos cervicales del tronco simpático, excepto el nervio cardíaco cervical superior izquierdo. Este plexo es bastante más extenso y denso que el plexo cardíaco anterior. Está situado anterior a la tráquea, en la cara posterior del arco de la aorta, aborda el corazón a la altura de los atrios, en particular posteriormente al atrio derecho.

Los dos plexos cardíacos, anterior y posterior, están unidos por comunicantes que discurren por la cara inferior del arco de la aorta; estas comunicaciones forman una red o plexo que contiene entre sus mallas un voluminoso ganglio, el ganglio cardíaco superior (de Wrisberg), situado superior al arco de la aorta, inferior al tronco pulmonar y lateral al ligamento arterioso; este ganglio puede estar ausente y ser sustituido por numerosos y pequeños ganglios diseminados en el plexo (Laignel-Lavastine).

- ✓ Ramos cardíacos torácicos y ramos pulmonares torácicos que se dirigen a la aorta, a la columna vertebral y al plexo pulmonar posterior (8).
- ✓ Ramos esofágicos que se pierden en el esófago y cuya existencia es discutible (8).
- ✓ Plexos pulmonares. En general se distinguen dos plexos pulmonares: anterior y posterior, respecto a las raíces pulmonares. Estos dos plexos pueden dividirse, desde un punto de vista anatomo-fisiológico, en plexo funcional y plexo nutricio (8).

    - El plexo funcional comprende el plexo pulmonar anterior y la mayor parte del plexo pulmonar posterior. Sus ramos proceden en parte del plexo cardíaco, que es en realidad un plexo cardiopulmonar (8); acompañan a los bronquios y a los vasos pulmonares de donde proviene su denominación.

    - El plexo nutricio está formado por los ramos procedentes del compartimiento mediastínico posterior del simpático, el cual es satélite de las ramas bronquiales de la aorta torácica descendente, relación de la que proviene su nombre.

3.1.2.1.1.3 Región lumbar

Cuando la cadena simpática atraviesa al abdomen, penetra bilateralmente entre el pilar del diafragma y el ligamento arqueado medial y se extiende hasta el promontorio sacro donde a su vez se continua con el simpático pélvico.

Esta porción del simpático se encuentra constituida en general por cuatro (4) ganglios unidos por un cordón intermedio y se ubica a cada lado de la línea media, sobre la cara anterior de la columna lumbar, medial al músculo psoas, la cadena derecha es posterior a la vena cava inferior y la izquierda está cubierta parcialmente por la aorta y sobre todo por ganglios linfáticos. Solo los dos primeros nervios espinales lumbares poseen ramos comunicantes blancos.

Territorio de inervación:

A excepción de unos fascículos óseos para la columna vertebral, otros vasculares satélites de las arterias lumbares y unos musculares destinados al psoas, las ramas eferentes de los ganglios lumbares se dirigen hacia adelante contorneando la aorta:

unos terminan en el plexo intermesentérico; otros, los más importantes constituyen los nervios esplácnicos pélvicos.

3.1.2.1.1.4 Región sacro-coccígea

Esta porción desciende aplicada a la cara anterior del sacro por dentro de los forámenes sacros anteriores, comprende a cada lado cuatro ganglios, rara vez cinco y el cordón intermedio que los une, termina por delante del cóccix en forma variable; para unirse con el del lado opuesto, formando un asa nerviosa coccígea en la cual se observa un ganglio coccígeo o ganglio impar (8).

Los ganglios están unidos a los ramos anteriores de los nervios sacros por ramos comunicantes grises.

Territorios de inervación:

Las cadenas simpáticas envían:

1. Ramos internos que hacen sinapsis con los del lado opuesto y forman un plexo alrededor de la arteria sacra media

2. Ramos anteriores que se expanden en el plexo hipogástrico.

Plexo hipogástrico:

Inerva la vejiga, el recto y los órganos genitales, se encuentra constituido por pequeños ganglios unidos entre sí por numerosos cordones nerviosos delgados y cortos: en conjunto, el plexo constituye una estructura nerviosa irregularmente cuadrilátera, perforada por numerosos orificios que limitan los ganglios y los nervios anastomóticos llamado ganglio de Lee o Frankenhauser (8).

Está situado por debajo del peritoneo, por encima del diafragma pélvico, por dentro de los vasos del espacio pelvirrectal superior, por fuera del recto y de las vesículas seminales en el hombre y por fuera del recto y de la parte postero-superior de la vagina en la mujer, contenido en el espesor de la vaina hipogástrica.

3.1.2.1.2 Ganglios prevertebrales

Se encuentran relacionados con la aorta abdominal y sus ramas principales, reciben las fibras preganglionares que forman los nervios esplácnicos, fibras colaterales del sistema aferente visceral y neuronas locales (72) y conformarán el plexo celíaco (solar). Se distinguen tres pares: semilunares, mesentéricos superiores y renales o aorticorrenales.

- **Ganglio celíaco (semilunar):** Son dos ganglios voluminosos (derecho e izquierdo) en forma de media luna, situados en la parte postero-superior del abdomen, proximales a los pilares del diafragma (7), y al tronco celíaco (1). Se encuentran aplanados transversalmente, presentan un borde inferior

convexo, un borde superior cóncavo, dos extremos uno postero-externo y otro antero-interno.

El ganglio celíaco derecho recibe en su extremo postero-externo al nervio esplácnico mayor y en su extremo antero-interno a la rama terminal del neumogástrico derecho; estos dos nervios, unidos a través del ganglio, constituyen el asa memorable de Wrisberg, además el derecho recibe por su borde cóncavo algunos ramos terminales del frénico derecho (inconstante) y por su borde convexo algunos filetes del esplácnico menor.

Por otro lado, el ganglio celíaco izquierdo recibe en su extremidad postero-externa al nervio esplácnico mayor, así mismo, algunos fascículos del esplácnico menor abordan el ganglio por su borde convexo, para luego emitir numerosos fascículos nerviosos por todo el borde convexo que contribuirán a forman el plexo solar.

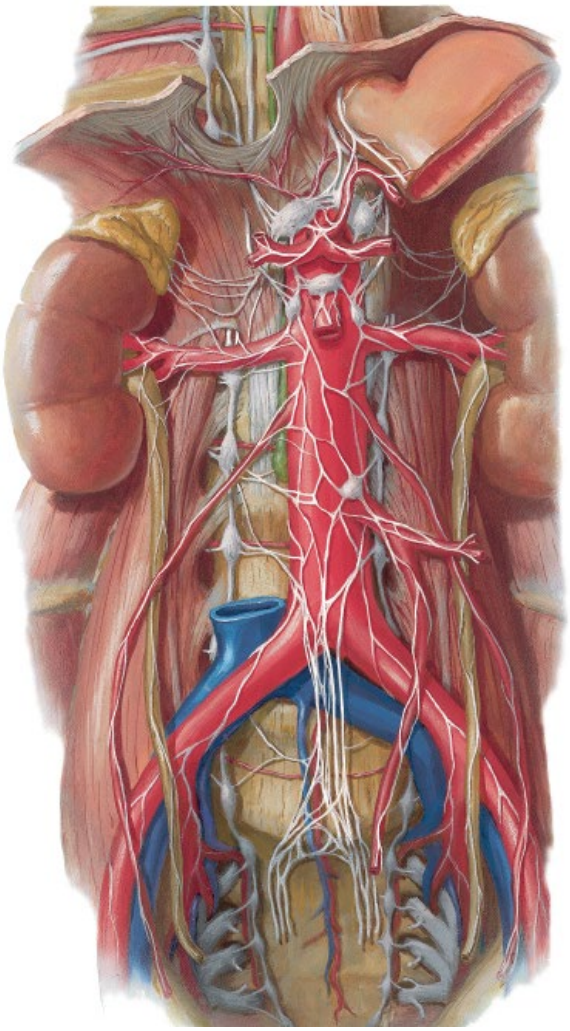


Figura 3. Ganglios prevertebrales. Observar la disposición prevertebrales de los ganglios celiaco, mesentérico superior e inferior y aorticorrenales. Tomado Netter F. Atlas de Anatomía Humana. 5ª Ed. Editorial Elsevier. España. 2011 (74)

Ganglios mesentéricos superiores: Están situados a cada lado del origen y por debajo de la arteria mesentérica superior (7), conectados entre sí por detrás del páncreas, algo por encima de la vena renal izquierda. Se hallan únicos por arriba a los ganglios celíacos y lateralmente a los aorticorrenales (Latarjet).

- **Ganglios aorticorrenales:** son más bajos y más laterales, entán en la vertiente anteroinferior del origen de las arterias renales (Latarjet), unidos a los ganglios celíacos por medio de filetes cortos y gruesos, están conectados entre sí (7).

De estos ganglios descritos se originan fibras posganglionares que inervan las mismas estructuras viscerales que la rama de la aorta relacionada, tal es el caso de las fibras posganglionares que se originan del ganglio celíaco, las cuales van a acompañar al tronco celíaco para inervar el bazo y estructuras derivadas del intestino anterior, las que se originan del ganglio aorticorenal acompañan las arterias renales e inervan los vasos del riñón, las que se originan del ganglio mesentérico superior acompañan la arteria mesentérica superior e inervan estructuras viscerales que provienen del intestino medio, etc.

3.1.2.1.2.1 Ramos aferentes:

Corresponden a los tres nervios esplácnicos, el tronco vagal posterior, y en forma accesoria, al nervio frénico derecho.

3.1.2.1.2.1.1 Nervios esplácnicos

Proceden de los seis o siete últimos ganglios torácicos y se distribuyen en los órganos intrabdominales; se unen para formar los nervios esplácnicos mayor, menor e IMO (Fig. 2), de la siguiente forma:

- ✓ Nervio esplácnico mayor: resulta de la unión de los ramos que proceden de los ganglios torácicos sexto, séptimo, octavo y noveno; también recibe algunas veces ramos de los ganglios décimo (8) y quinto (9).

Estos ramos descienden oblicuamente en sentido inferior, anterior y medial, aplicados por medio de la pleura sobre la cara lateral de los cuerpos vertebrales. Cada ramo se une con el cordón nervioso formado por la unión de los ramos más superiores. Se forma así un solo tronco a la altura del cuerpo de la décima o undécima vértebra torácica. El nervio así formado atraviesa el diafragma pasando entre el fascículo principal y el fascículo accesorio del pilar correspondiente, a la altura de la duodécima vértebra torácica, y se une a la asta lateral del ganglio celíaco del mismo lado.

El nervio esplácnico mayor presenta frecuentemente, en su origen, a la altura de la décima o undécima vértebra torácica, un abultamiento denominado ganglio torácico esplácnico; este ganglio es casi constante a la derecha y raro a la izquierda.

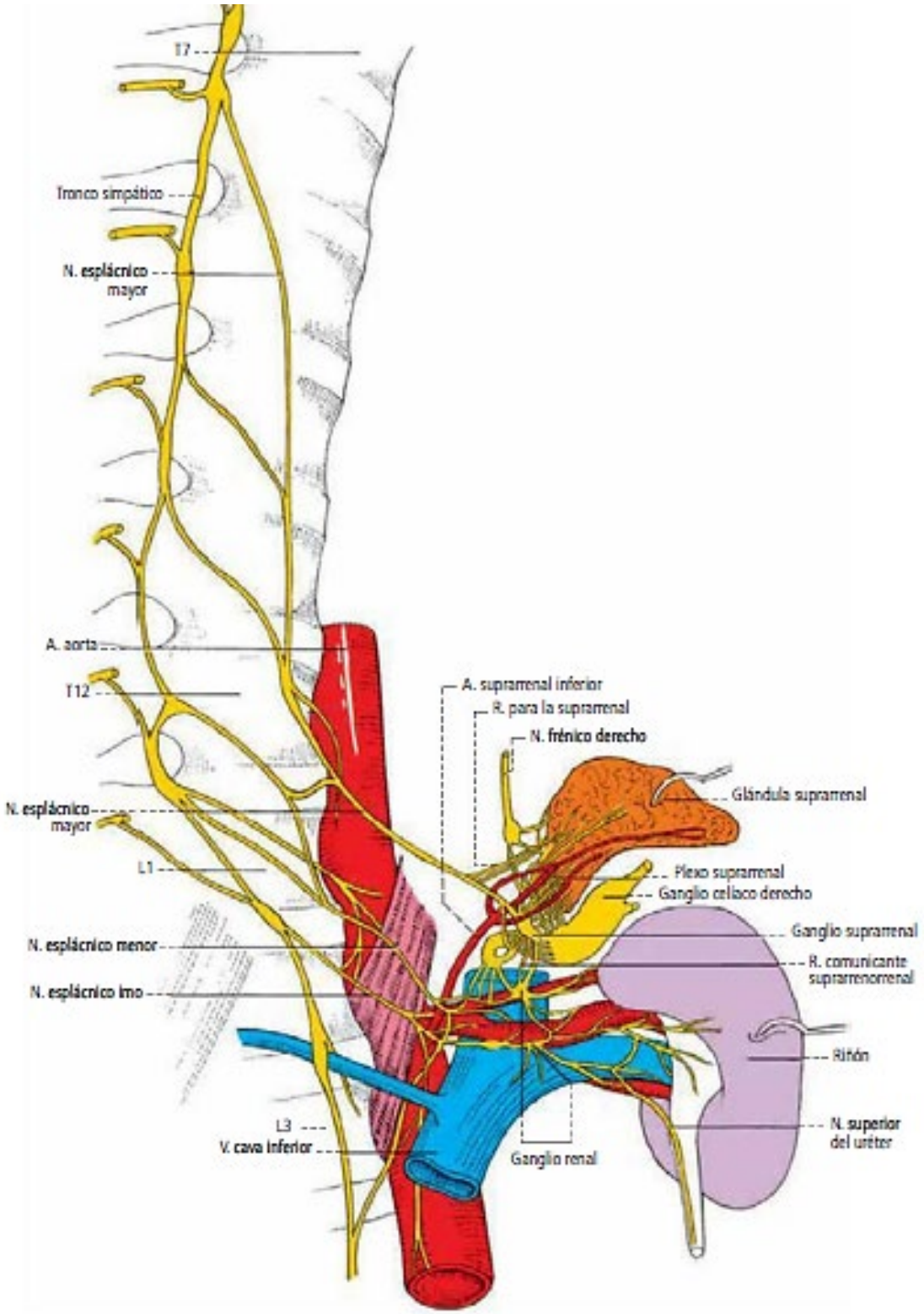


Figura 4. Nervios esplácnicos. Observe el origen de los nervios esplácnicos torácicos. Tomada Latarjet M, Ruiz A. Anatomía Humana. 4ª ed. Buenos Aires Argentina: Editorial Panamericana; 2009. (1)

- ✓ Nervio esplácnico menor. Está formado por los ramos inferiores de los ganglios torácicos décimo, undécimo y duodécimo (8), en ocasiones noveno (9); desciende un poco lateral y posterior al nervio esplácnico mayor y atraviesa el diafragma, normalmente por el intersticio que da paso al tronco simpático, pero superior y anteriormente a éste; en raras ocasiones atraviesa el mismo orificio por donde pasa el nervio esplácnico mayor o bien el hiato aórtico.

El nervio esplácnico menor se divide poco después en tres grupos de ramos: unos se dirigen a la porción lateral del borde convexo del ganglio celíaco; otros se unen al ganglio mesentérico superior y por último, otros se unen directamente al plexo renal.

- ✓ Nervio esplácnico inferior o IMO: Se forma cuando la raíz procedente del duodécimo ganglio torácico es independiente, es caso abdominal desde el comienzo, termina en el origen de la arteria renal y en el ganglio aorticorrenal. (1). El acrónimo IMO del inglés IMUS, significa el más bajo, el más inferior o caudal de varias estructuras similares (75).

3.1.2.1.2.1.2 Tronco vagal posterior

Proporciona un ramo constante para el asta medial del ganglio celíaco derecho, un ramo inconstante para el asta medial del ganglio celíaco izquierdo y filetes para los plexos mesentéricos superior, esplénico y hepático. El ramo celíaco del tronco vagal posterior forma con el ganglio celíaco y el nervio esplácnico derecho el asa "memorable" [de Wrisberg] (1).

3.1.2.1.2.1.3 Nervio frénico derecho

Proporciona un filete inconstante al ganglio celíaco derecho que lo aborda por su borde superior (1).

3.1.2.1.2.2 Ramos eferentes:

Del plexo celiaco se desprenden plexos secundarios que se distribuyen por todos los órganos del abdomen siguiendo el trayecto de las ramas de la aorta abdominal, todos los nervios son mixtos, parasimpáticos y simpáticos a la vez, y se les mencionará con los órganos correspondientes:

- Los plexos diafragmáticos que acompañan a las arterias diafragmáticas (7).
- Los plexos suprarrenales (7).
- El plexo celíaco: que se divide en tres ramas: el plexo coronario estomáquico que se dirige a la curvatura menor del estómago para anastomosarse con los dos neumogástricos. El plexo hepático a la derecha del plexo celiaco y recibe la rama hepática del neumogástrico izquierdo y origina el plexo coledociano y esplénico (10).
- El plexo mesentérico superior que acompaña a su arteria homologa e inerva el intestino delgado y parte del intestino grueso (7).

- Plexos renales: proceden de los ganglios aorticorrenales, de los semilunares y de los mesentéricos superiores, de los nervios esplácnicos menor, mayor e inferior y se anastomosa con el plexo mesentérico inferior (7).
- Los plexos espermáticos u ováricos, satélites a sus arterias homónimas (7).
- Plexo intermesentérico: corresponden a los plexos que se distribuyen entre ambas arterias mesentéricas (7).
- Plexo mesentérico inferior: conformado por ganglios, ramas aferentes y eferentes que se distribuyen junto con la arteria mesentérica inferior (7).

3.1.3 Histología del Sistema Nervioso Simpático

Como se ha detallado anteriormente, el sistema nervioso simpático se puede describir en términos de nervios y ganglios.

3.1.3.1 Nervios

Un nervio corresponde a un conjunto de axones unidos por medio de un tejido de sostén que moldea un “tronco” observable macroscópicamente; dichos axones, pueden ser aferentes o eferentes, mielinizados o no mielinizados (76). Durante su transcurso los axones se acompañan de células que forman los distintos tipos de vainas nerviosas. Estas células acompañantes se denominan células satélites cuando rodean el cuerpo de una célula nerviosa, como ocurre en los ganglios periféricos y/o cuando rodean los axones, se denominan células de Schwann.

La célula de Schwann desarrollada posee un núcleo alargado y aplanado (Fig. 5) y su membrana plasmática (plasmalema) forma una invaginación que rodea el axón (Fig.6). El plasmalema de la célula de Schwann está muy cerca del axón y forma un pliegue en el sitio donde se separa de la superficie de éste hacia la superficie de la célula de Schwann. Este pliegue doble se denomina mesaxón, y la capa circundante de la célula de Schwann se relaciona con el espacio extracelular.

Cada célula de Schwann puede rodear desde 1 hasta 30 axones individuales, los axones que sólo tienen una vaina de Schwann se denominan amielínicos, y las fibras nerviosas periféricas amielínicas por lo general se componen de axones de neuronas relativamente pequeñas y conducen los impulsos con una velocidad inferior a 1 m/s. En su parte externa, la célula de Schwann está recubierta por una lámina externa que ella misma forma.

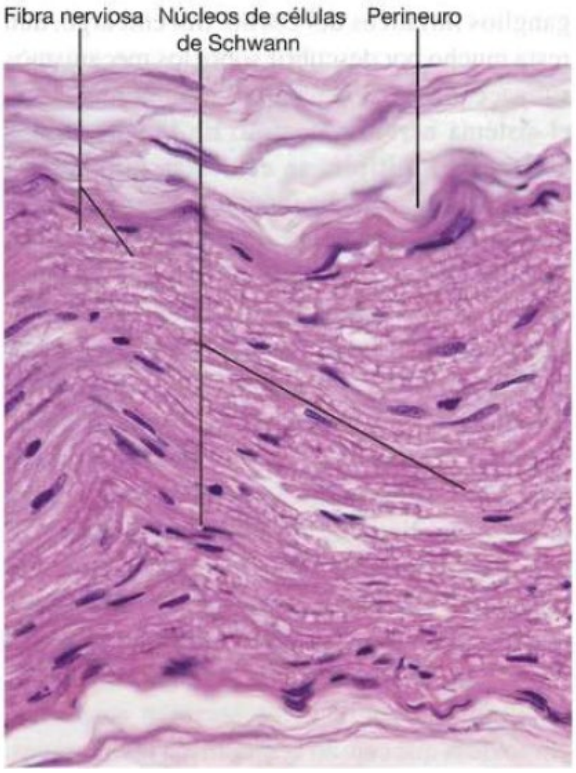


Figura. 5. Corte longitudinal de un nervio periférico. Microscopía óptica (M.O.). Tinción hematoxilina y eosina (H&E). Observe el aspecto ondulado característico. Tomado Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014 (73).

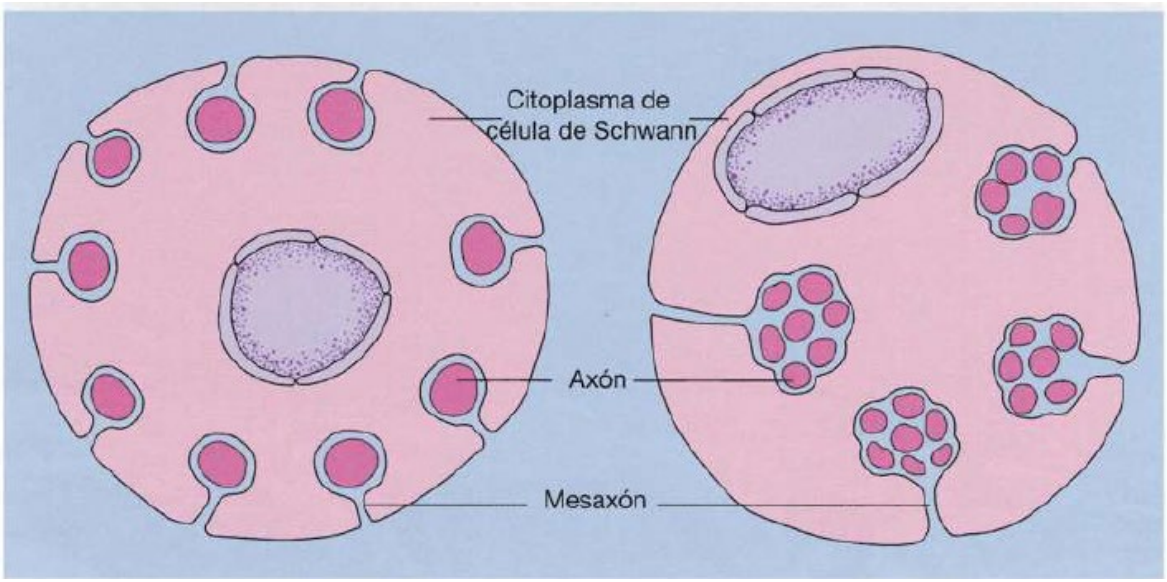


Figura 6. Relación de los axones amielínicos con la vaína de Schwann. Tomado Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014 (73).

Las células de Schwann desarrollan una vaina de mielina alrededor de muchos axones periféricos, el proceso de mielinización implica que primero se polarice la célula de Schwann y forme una lámina externa que conformará el borde externo de la fibra mielínica (Fig.7) y sobre la cual se apoya la superficie "basal" de la célula de Schwann. La superficie "apical" de la célula de Schwann se orienta hacia el axón que se mieliniza. Luego, la célula de Schwann emite una lengüeta aplanada de citoplasma con el plasmalema circundante en una espiral orientada hacia adentro, alrededor del axón. Así se prolonga el mesaxón de la célula de Schwann y forma una espiral de membrana laxa alrededor del axón (Fig.7).

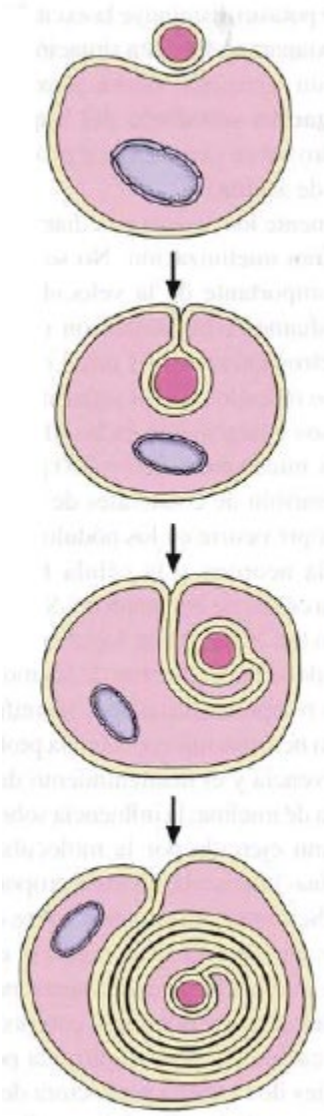


Figura 7. Desarrollo de la vaina de mielina a partir de la célula de Schwann en las fibras nerviosas periféricas. Tomado Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014 (73).

Gradualmente, se forma un largo segmento de plasmalema girado en espiral que se compacta en laminillas apiladas muy juntas, dado que el citoplasma de las células de Schwann es eliminado por presión del espacio entre las laminillas. Sólo queda citoplasma de las células de Schwann alrededor del núcleo celular y cerca de los futuros nódulos de Ranvier y en una estrecha banda junto al axón. Durante la compactación, las superficies de membrana externas se ubican una contra otra y forman la denominada línea intraperiódica (Fig. 8), donde las membranas están unidas por molécula de adhesión celular específicas que impiden los desplazamientos internos de las membranas. Las superficies de membrana citoplasmática se fusionan y forman la línea densa mayor de la vaina de mielina.

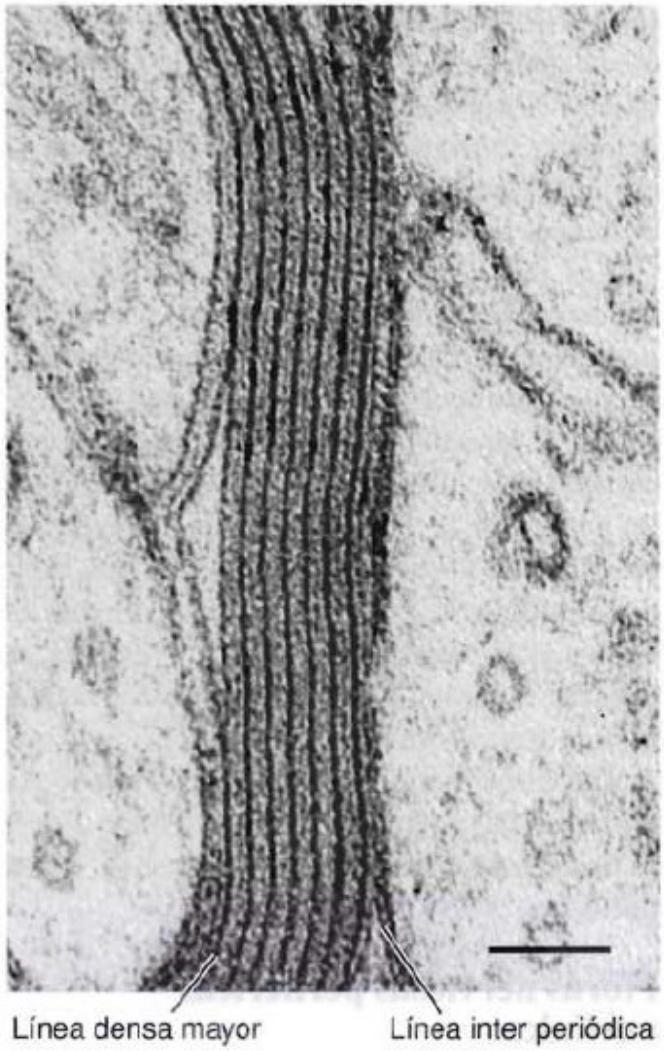


Figura 8. Microscopia electrónica de transmisión (MET) de un corte transversal de una vaina de mielina. Observe la línea interperiódica. Tomado Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014 (73).

Cada célula de Schwann forma un segmento de mielina a lo largo del axón, con el núcleo celular ubicado cerca de la parte central de cada segmento. En el sitio donde se encuentran dos segmentos, hay un estrangulamiento anular denominado nódulo de Ranvier (en honor a su descubridor, Louis A. Ranvier), ya que el axón a menudo muestra un leve engrosamiento allí, y la distancia entre dos nódulos se denomina segmento internodal **(**Fig. 9).

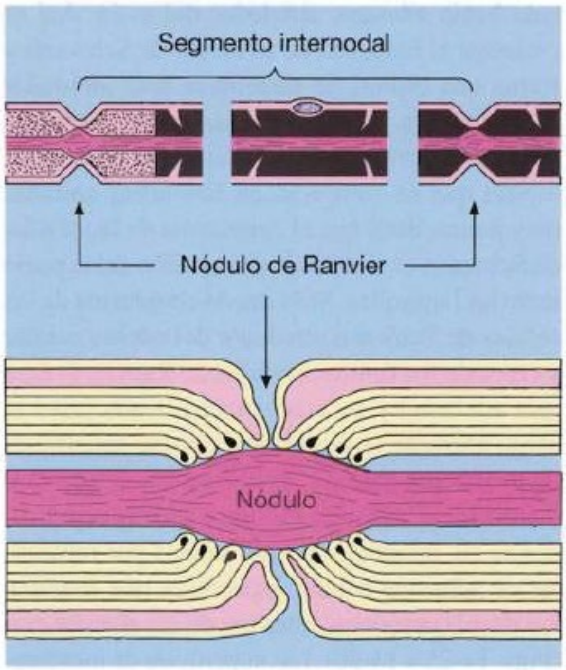


Figura 9. Dibujo esquemático de una parte de un axón mielínico. Observe el nódulo de Ranvier y el segmento intermodal. Tomado Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014 (73).

Como se mencionó antes, el citoplasma de la célula de Schwann persiste en el nódulo de Ranvier. Cada pliegue que contiene citoplasma está en contacto con el axolema, al que se fijan las asas a través de un contacto oclusivo. La zona de fijación de los pliegues que contienen citoplasma se denomina región paranodal, mientras que se denomina región yuxtaparanodal a la zona vecina, correspondiente a los primeros 10- 15 micras del segmento internodal.

Respecto de la mielinización del axón, se produce una concentración de canales de sodio activados por voltaje en el axolema de la región nodal, es decir, en la zona entre dos regiones paranodales limitantes, además de una concentración correspondiente de canales de potasio activados por voltaje en el axolema frente a la región yuxtaparanodal. El axolema de la parte restante (y más larga) del segmento internodal, que "provee" los canales iónicos en relación con las concentraciones, queda casi sin contenido de canales iónicos. Se cree que la región paranodal contribuye a mantener estas diferencias de contenido de canales iónicos

del axolema. Además, los contactos oclusivos "sellan" los segmentos internodales respecto del resto del espacio extracelular, por lo que en ese sitio no puede pasar un flujo iónico sobre la *superficie* del axolema, sino sólo en el axoplasma. La acumulación de canales de sodio aumenta la excitabilidad de la región nodal, mientras que, por el contrario, la acumulación de canales de potasio disminuye la excitabilidad de la región yuxtaparanodal. Esta situación y el sellado de la región internodal tienen importancia para la propagación saltatoria del impulso. Únicamente los axones con diámetro de 1 micras o más sufren mielinización.

Por otro lado, un nervio además de contener células de Schwann, continen células fibroblásticas con forma de huso (que producen el tejido fibrocolagenoso de sostén) y algunos vasos sanguíneos. En cuanto al tejido de sostén, los hay de tres tipos: endoneuro, perineuro y epineuro.

El endoneuro está compuesto por fibras de colágeno orientadas longitudinalmente, una matriz extracelular rica en glucosaminoglucanos y fibroblastos escasos, se encuentra rodeando axones individuales y las células de Schwann asociadas, así como los capilares sanguíneos (Fig. 10).

El perineuro rodea grupos de axones y al endoneuro, y forma pequeños haces (fascículos), está compuesto por 7-8 capas concéntricas de células aplanadas de tipo epitelial separadas por capas de colágeno. El epineuro es una vaina externa de tejido fibrocolagenoso laxo que reúne a los fascículos nerviosos individuales en un tronco nervioso más voluminoso. El epineuro también puede incluir tejido adiposo, así como una arteria muscular principal que irriga el tronco nervioso (Figs. 10 y 11).

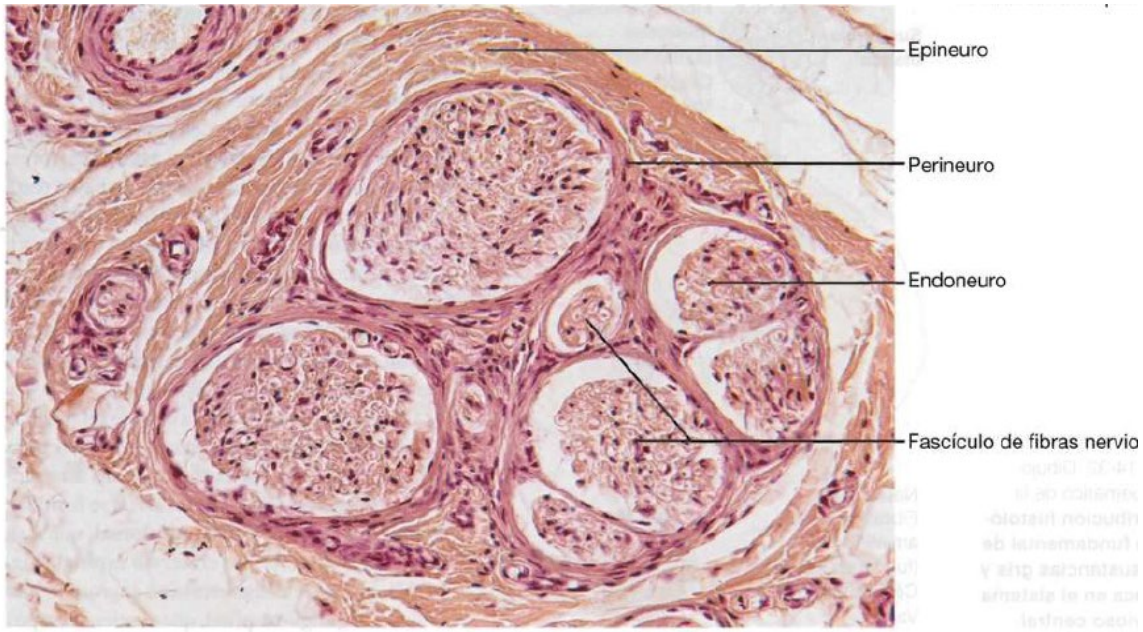


Figura 10. M.O. H&E. Corte transversal de un nervio periférico. Observe la organización histológica del tejido conectivo en los nervios periféricos. Tomado Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014 (73).

Figura 11. Nervio periférico. a) Microfotografía del borde de un fascículo aislado de un nervio periférico teñido con osmio, que tiñe la mielina de negro. El perineuro (P) rodea al fascículo. Los axones mielinizados aparecen con perfiles circulares con un área central no teñida ocupada por el axón. b) Microfotografía de un pequeño fascículo nervioso incluido en resina y teñido con azul de toluidina. El aumento de resolución permite ver los axones mielinizados (M) y los núcleos de las células de Schwann asociadas (S), así como el tejido de sostén endonéurico (E), el perineuro (P) es visible en forma de dos o tres capas delgadas de células y colágeno. Tomado Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014 (73).

3.1.3.2 Ganglios

Se denomina ganglio a una agrupación periférica de cuerpos celulares nerviosos fuera del sistema nervioso central; los cuales se encuentran acompañados de axones aferentes, eferentes, células de sostén (células satélite y células de Schwann) y tejido de sostén fibrocolagenoso laxo (76). A diferencia de los ganglios parasimpáticos, los ganglios simpáticos están rodeados por una cápsula de tejido conectivo que se continúa con el epineuro y el perineuro de los nervios periféricos adyacentes, las cuales emiten trabéculas de tejido conectivo hacia el interior del ganglio y forma un estroma muy vascularizado.

Los cuerpos celulares son multipolares, de tamaño grande, bastante uniforme (desde 15-60 11m) (Fig. 12), tienen núcleos grandes, redondos, claros, a menudo excéntricos, con nucléolos prominentes, el citoplasma es abundante (Fig.13) y contiene abundantes cuerpos de Nissl (73,76). Cada soma neuronal está rodeado por pequeñas células planas de sostén que recuerdan a las células de Schwann, las células satélites (Figs. 12 y 13) (11).

Por otro lado, los ganglios autónomos presentan sinapsis, dado que la primera neurona del sistema eferente visceral hace sinapsis con las células ganglionares

que representan la segunda neurona. Las neuronas son multipolares y el axón amielínico se denomina fibra eferente visceral posganglionar (gris).

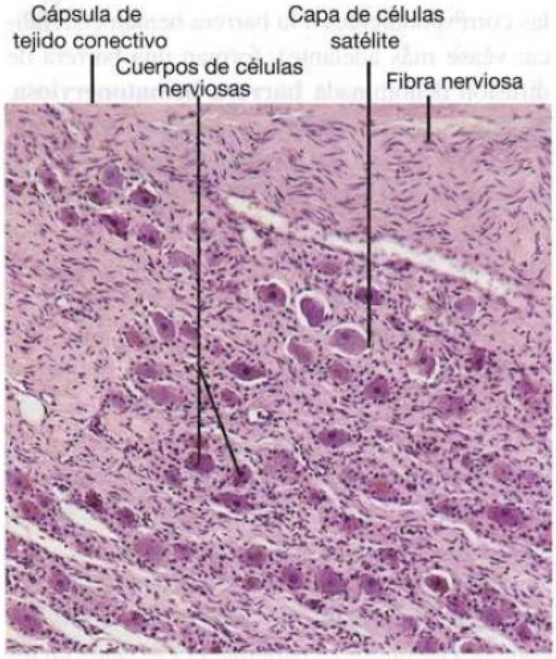


Figura 12. M.O. Ganglio simpático. Observe el tamaño uniforme de los cuerpos de las células nerviosas. Tomado Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014 (73).

Algunos ganglios autónomos también contienen interneuronas y pueden recibir fibras sensitivas provenientes de las vísceras, lo cual sugiere que estos ganglios también actúan como *centros reflejos* para los reflejos viscerales simples.

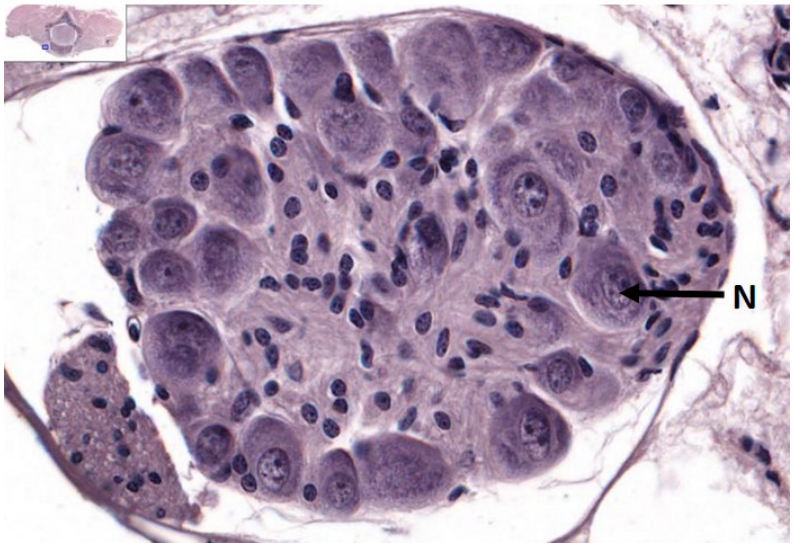


Figura 13. Ganglio simpático. H&E. Observe neuronas (N) con grandes núcleos y nucléolos prominentes, rodeados de pequeñas células satélite de sostén teñidas en

tono oscuro Los axones que discurren hacia y desde el ganglio se sostienen gracias a células de Schwann y a un estroma fibrocolagenoso laxo. Tomado de Atlas virtual Histologyguide.com (12)

3.1.4 Desarrollo embriológico del Sistema Nervioso Simpático.

Durante la quinta semana, las células de la cresta neural existentes en la región torácica pueden migrar a varios lugares, en primer lugar, migran a lo largo de cada una de las regiones laterales de la médula espinal, donde forman masas celulares bilaterales (ganglios) en una localización dorsolateral a la aorta (14) (Fig. 14), segundo, migran ventralmente a la aorta y forman neuronas en los ganglios preaórticos, como los ganglios celíaco y mesentérico (Fig. 14). Así mismo, algunas células de la cresta neural migran hacia la zona del corazón, los pulmones y el tracto gastrointestinal, donde forman ganglios terminales en los plexos orgánicos simpáticos, localizados en la proximidad o en el interior de estos órganos (15).

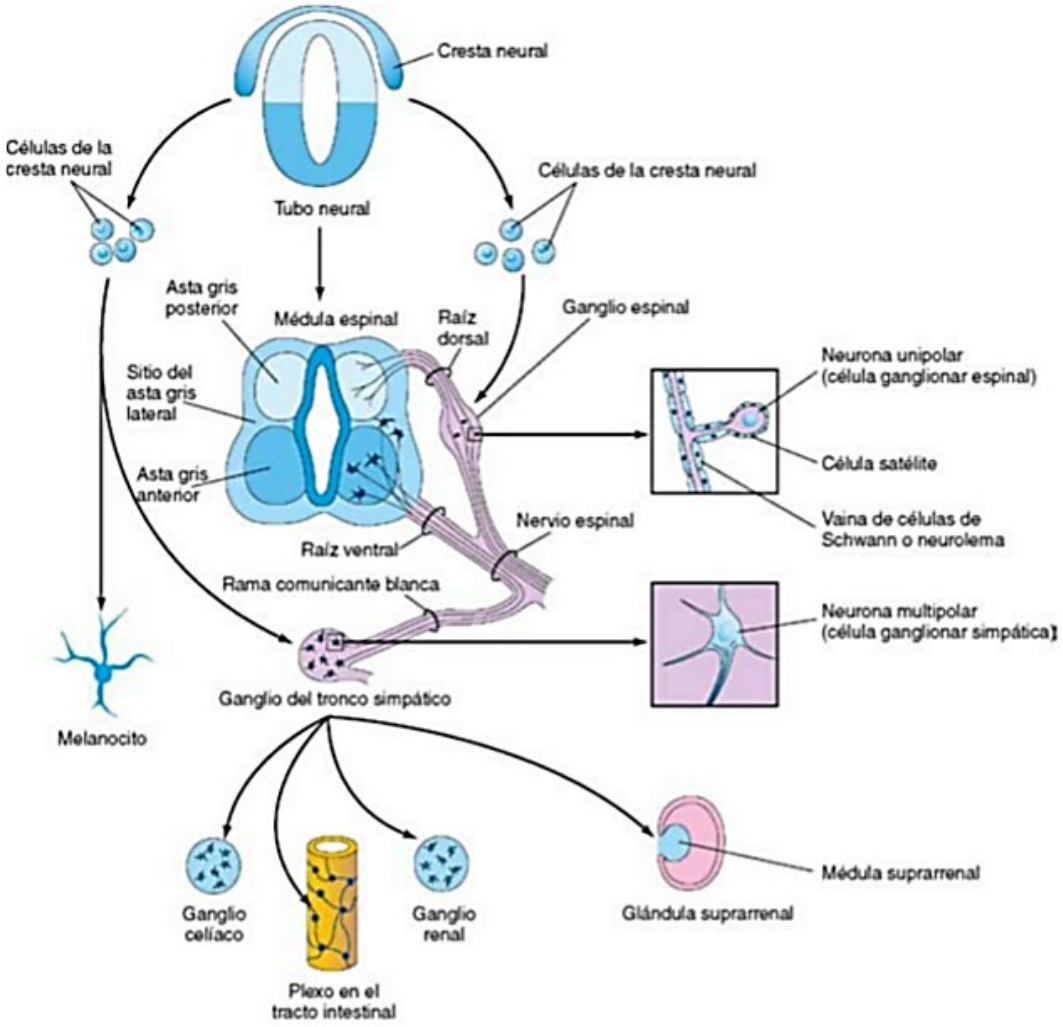


Figura 14. Migración de las células de la cresta neural. Tomada de Moore K, Persaud T, Torchia M. Embriologia Clínica de Moore. 9ª Edición. Elsevier. 2013 (14)

Una vez se originan las raíces ventrales y dorsales espinales, se fusionan y conforman el nervio espinal a nivel del foramen intervertebral. Desde allí los axones de las neuronas preganglionares simpáticas (que derivan del neuroepitelio del tubo neural), salen de los nervios raquídeos a través del ramo comunicante blanco para penetrar en el ganglio simpático, donde establece sinapsis con las neuronas posganglionares originadas en la cresta neural (15).

En este punto, dichos axones pueden establecer sinapsis con otras neuronas o bien ascender o descender a lo largo del tronco simpático hasta establecer sinapsis en otros niveles. Otras fibras presinápticas pasan a través de los ganglios paravertebrales sin establecer sinapsis y forman los nervios esplácnicos que alcanzan los órganos. Las fibras postsinápticas discurren a través de una rama comunicante gris y van desde un ganglio simpático hasta un nervio espinal; por tanto, los troncos simpáticos están constituidos por fibras ascendentes y descendentes. La vía de señalización de la BMP regula el desarrollo del sistema simpático a través de la molécula señalizadora Smad-4 (14).

3.1.4.1 Diferenciación de las neuronas autónomas

Al menos existen dos pasos en la diferenciación de las neuronas autónomas. El primero es la determinación de ciertas células migratorias de la cresta neural para que se conviertan en neuronas autónomas en lugar de en otros derivados posibles de la cresta neural (15).

La diferenciación de las preneuronas se lleva a cabo gracias a la producción de proteína morfogénica de hueso (BMP) (16) que conducen a las células expuestas a estas señales a ser neuronas autónomas. Durante los primeros estadios del desarrollo, las células de la cresta neural tienen la opción de convertirse en componentes del sistema simpático o parasimpático. Esto se mostró mediante trasplantes, cambiándolas de nivel en las aves. Cuando la cresta neural cefálica, que se transforma en condiciones normales en neuronas parasimpáticas, se trasplantaba a la altura de las somitas del 18 al 24, las células trasplantadas emigraban y se instalaban en la médula suprarrenal como células cromafines, que forman parte del sistema nervioso simpático. Por el contrario, las células de la cresta neural del tronco trasplantadas a la región de la cabeza con frecuencia emigraban hacia el revestimiento intestinal y se diferenciaban en neuronas parasimpáticas posganglionares (15).

Un segundo paso principal en la diferenciación de las neuronas autónomas es la elección del neurotransmisor que van a utilizar. Las neuronas parasimpáticas posganglionares suelen emplear acetilcolina (son colinérgicas), mientras que las simpáticas utilizan noradrenalina o adrenalina (son adrenérgicas o noradrenérgicas) (17,34). Se sabe actualmente la implicación de cascadas de factores de transcripción en la diferenciación de precursores neurales autónomos hacia neuronas simpáticas o parasimpáticas.

Por ejemplo, Hand-2, que está implicado en la formación del corazón, es requerido también para la diferenciación de neuronas noradrenérgicas (15). Cuando llegan a su destino final, las neuronas autónomas son noradrenérgicas. Después entran en una fase durante la cual seleccionan la sustancia neurotransmisora que va a caracterizar a su estado maduro.

Existen abundantes pruebas experimentales que indican que esta elección se produce con independencia de otros acontecimientos concurrentes, como el alargamiento del axón o la inervación de los órganos de destino específicos. En estadios tardíos de su desarrollo, las neuronas autónomas todavía conservan suficiente flexibilidad como para elegir su neurotransmisor (15).

Las neuronas simpáticas de las ratas recién nacidas suelen ser adrenérgicas y, si crecen en condiciones estándar de cultivo in vitro, producen una gran cantidad de noradrenalina y un volumen despreciable de acetilcolina (15).

Sin embargo, si estas mismas neuronas se cultivan en un medio preparado con la presencia de células musculares cardíacas, sufren una conversión funcional y generan una gran cantidad de acetilcolina. Un ejemplo de la transición natural del fenotipo de neurotransmisor desde noradrenérgico a colinérgico se encuentra en la inervación simpática de las glándulas sudoríparas en la rata (15).

Los cambios de neurotransmisor dependen de una serie de señales producidas por la zona de destino. Una de ellas es el factor de diferenciación colinérgico, una proteína básica glucosilada de 45 kDa. Esta molécula, que está presente en el medio preparado con miocitos cardíacos, es uno de los muchos factores químicos ambientales que pueden influir en gran medida sobre las últimas fases de la diferenciación de las neuronas autónomas (15).

4.**Diseño metodológico**

Esta investigación corresponde a una revisión ampliada de la literatura, la cual constituye una búsqueda sistemática de diferentes tipos de documentos científicos que indaguen sobre las variaciones del sistema nervioso simpático torácico, usando una estrategia metodológica y teniendo como finalidad obtener resultados que permitieron responder la pregunta de investigación, que puede ser base para el desarrollo científico. Así mismo, corresponde a una investigación cualitativa, cuya estrategia incluyó un proceso detallado, ordenado y lógico de búsqueda de artículos científicos de revistas digitales indexadas internacionales, en los idiomas inglés y español, durante el periodo comprendido entre 01 de enero de 2000 hasta el 01 de mayo de 2021. Es importante aclarar que se incluyó el primer artículo donde se documentó esta variable anatómica del sistema nervioso simpático torácico del año 1927.

Para la búsqueda, se incluyeron términos y combinación de términos que aparecieron en el título, abstract y palabras clave, con el siguiente motor de búsqueda (Ítem #8 de la declaración PRISMA): 'sympathetic chain' OR 'sympathetic trunk' OR 'thoracic sympathetic nervous system' OR 'autonomic nervous system' AND 'corpse' AND 'surgical findings' AND 'anatomic variations' OR 'anatomic landmark' AND 'clinical implications' AND 'clinical autcome' AND 'surgical complications' AND 'thorax surgery' AND 'sympathectomy' OR 'symptoms' NOT (parasympathetic), en un primer momento en bases de datos electrónicas (cuadro 2) y, en un segundo momento, mediante una búsqueda manual, consultando la bibliografía de los artículos seleccionados.

Cuadro 1. Bases de datos

Base de Datos
Google Scholar Buscador especializado en bibliografía dirigido a la comunidad científico-académica
Pubmed De acceso libre y especializada en ciencias de la salud, con más de 28 millones de referencias bibliográficas.
Ovid Acceso instantáneo a más de 8.4 millones de registros a partir de 1973, con más de 360.000 resúmenes añadidos cada año. Contiene una lista creciente de más de 40.000 documentos de texto completo. El repositorio contiene PDF de texto completo.
Proquest Reúne las 39 bases de datos más utilizadas en la base de datos de investigación multidisciplinaria más amplia, diversa y relevante disponible
Science Direct Acceso a las revistas científicas Elsevier, con más de 12 millones de artículos en las áreas científica, tecnológica y médica, representando aproximadamente 25% de la producción científica mundial.

Embase Base de datos bibliográfica de biomedicina con más de 23 millones de registros de artículos y conferencias indexados en más de 7.500 revistas internacionales

Fuente: Compilación de autora

Fueron considerados como unidad de interés, según el tipo de estudios, los observacionales, reportes de casos y series de casos; teniendo en cuenta los criterios de inclusión detallados en el cuadro 2. Aquellas publicaciones que por su tipo, publicación, idioma, población o resultado abordado no cumplan con las características previamente expuestas fueron excluidos.

Cuadro 2. Esquema de inclusión de los estudios en coherencia con la guía prisma

Población	Estudios que incluyan la identificación (cadavérica, imagenológica o quirúrgicamente) de las variaciones de la cadena simpática torácica, en adultos de ambos géneros de todas las edades e infantiles, entre 01-01-2000 a 01-05-2021 publicados en inglés y español
Intervención	No aplica
Comparación	No aplica
Outcome (desenlace)	Identificación de las variaciones del sistema nervioso simpático torácico, hallazgos histológicos e implicaciones clínicas asociadas.
Tipos de estudio	Observacionales, reportes de caso, series de casos

Fuente: Autora

Posteriormente, para la extracción de datos se diseñó y diligencio una tabla de almacenamiento en una hoja de cálculo electrónica en formato Excel estándar, la cual fue discriminada por asignación de colores según el título, la Información bibliográfica, correspondiente al autor(es) y año de publicación, resumen, tipo/diseño de estudio, objetivo principal; características del estudio, como características de los participantes; principales resultados.

Criterios de exclusión: Aquellas publicaciones que, por su tipo, publicación, idioma, población o resultado abordado, no cumplan con las características previamente expuestas.

4.1 Evaluación de la calidad metodológica

Se evaluó la calidad del reporte de los estudios seleccionados con la herramienta STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) (17), donde se incluyen 22 recomendaciones sobre lo que debe contener una notificación precisa de un estudio observacional; dichas recomendaciones guardan relación con el título, el resumen, la introducción y las secciones de métodos, resultados y discusión de los artículos. Dieciocho puntos son comunes a las 3

modalidades de estudio, y 4 se refieren específicamente a los estudios de cohortes, de casos y controles o transversales. De acuerdo con esto, se estableció que un mayor número de cumplimiento de dichos criterios caracterizarían un mejor reporte, los artículos debían indicar:

1- En el título o en el resumen debe señalar, el diseño del estudio con un término habitual, proporcionar en el resumen una sinopsis informativa y equilibrada de lo que se ha hecho y lo que se ha encontrado.
2- Las razones y el fundamento científico de la investigación que se comunica
3- Los objetivos específicos, incluida cualquier hipótesis pre-especificada
4- Al principio del documento los elementos clave del diseño del estudio
5- El marco, los lugares y las fechas relevantes, incluido los períodos de reclutamiento, exposición, seguimiento y recogida de datos.
6- Para los estudios transversales: proporcionar los criterios de elegibilidad y las fuentes y métodos de selección de los participantes
7- Todas las variables: de respuesta, exposiciones, predictoras, confusoras y modificadoras del efecto.
8- Para cada variable de interés, proporcionar las fuentes de datos y los detalles de los métodos de valoración (medida). Si hubiera más de un grupo, especificar la comparabilidad de los procesos de medida.
9- Todas las medidas adoptadas para afrontar fuentes potenciales de sesgo
10- Cómo se determinó el tamaño muestra
11- Cómo se trataron las variables cuantitativas en el análisis. Explicar qué grupos se definieron y por qué.
12- Todos los métodos estadísticos, incluidos los empleados para controlar los factores de confusión, los métodos utilizados para analizar subgrupos e interacciones, el tratamiento de los datos ausentes (missing data), si procede debe especificar cómo se tiene en cuenta en el análisis la estrategia de muestreo y describir los análisis de sensibilidad
13- El número de participantes en cada fase del estudio; por ejemplo: cifras de los participantes potencialmente elegibles, los analizados para ser incluidos, los confirmados elegibles, los incluidos en el estudio, los que tuvieron un seguimiento completo, los analizados y describir las razones de la pérdida de participantes en cada fase.
14- Las características de los participantes en el estudio (p. ej., demográficas, clínicas, sociales), la información sobre las exposiciones y los posibles factores de confusión.
15- El número de eventos resultados
16- Las estimaciones no ajustadas y, si procede, ajustadas por factores de confusión, así como su precisión; describir los límites de los intervalos, si fuera pertinente, valorar las estimaciones del riesgo relativo con estimaciones del riesgo absoluto para un período de tiempo relevante.
17- Otros análisis efectuados (de subgrupos, interacciones o sensibilidad)
18- Los resultados principales de los objetivos del estudio
19- La discusión de las limitaciones del estudio, teniendo en cuenta posibles fuentes de sesgo o de imprecisión.

20-La interpretación de los resultados, considerando objetivos, limitaciones, multiplicidad de análisis, resultados de estudios similares y otras pruebas empíricas relevantes.
21-La posibilidad de generalizar los resultados (validez externa)
22-La financiación, el papel de los patrocinadores del estudio y, si procede, del estudio previo en el que se basa el presente artículo.

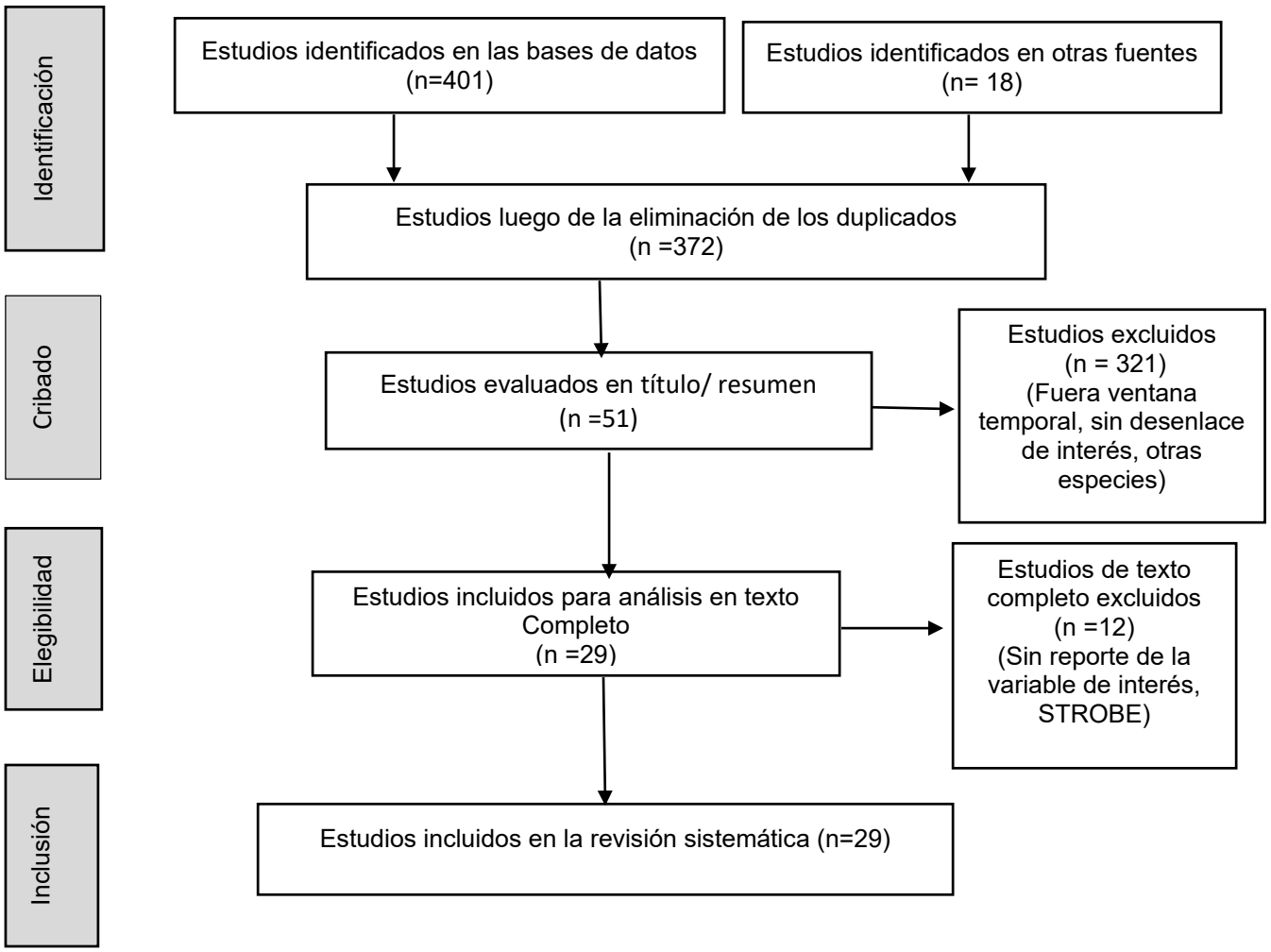
Y teniendo en cuenta estos 22 criterios se elaboró la tabla 1, donde se discriminan los criterios por cada artículo incluido en esta revisión ampliada-

En el siguiente diagrama de flujo (PRISMA), se describen las cuatro fases del proceso de búsqueda y selección de estudios de la presente revisión (Figura 7).

Figura 15. Diagrama de Flujo de la selección de artículos (según directrices PRISMA)

Google Scholar= 6 Pubmed= 270 ProQuest=0

Science Direct= 103 Embase= 22 Ovid= 0



4.2 Cronograma

ACTIVIDADES 2020	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**			
Planeación de la revisión Sensibilización al método- Revisión de la literatura										
ELABORACIÓN DEL ANTEPROYECTO 1. Estructura de la Fase Conceptual: Elaboración del Planteamiento del problema y la Justificación										
Formulación del objetivo y de la pregunta de investigación con la estructura PICO										
2. Estructura de la Fase metodológica Proyección de las etapas de identificación, tamización, elección e inclusión.										
3. Estructura del análisis de la información										
Proyección de cronograma y presupuesto										
Revisión y aval por parte de tutora.										
Radicación en la Coordinación Maestría										
Ajustes de observaciones										
4. Desarrollo de las fases										
ACTIVIDADES 2021	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Diciembre**
Análisis de la Información										
Escritura de la Revisión										
Revisión y aval por parte de tutora										
Ajuste de observaciones										
Revisión jurados calificadores										
Elaboración correcciones de jurados calificadores										
ACTIVIDADES 2022	**Enero**	**Febrer**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Diciembre**
Sustentación final										

Fuente: Autora

5.Resultados

Un total de 29 estudios fueron seleccionados en la presente revisión ampliada y conforme con las puntuaciones obtenidas con la comprobación de la lista STROBE, se seleccionaron aquellos que reunían los criterios de un buen reporte, (Tabla 1).

Adicionalmente se extrajeron datos de libros clásicos de anatomía, neuroanatomía y cirugía (Tabla 1).

5.1 Características de los estudios incluidos

Según el año de publicación, se incluyeron 29 estudios, publicados en 1927 (n 1), 2001 (n 3), 2002 (n 2), 2003 (n 3), 2004 (n 1), 2005 (n 3), 2006 (n 2), 2008 (n 2), 2009 (n 2), 2010 (n 2), 2011 (n 2), 2012 (n 2), 2014 (n 1), 2016 (n 1), 2018 (n 1), 2020 (n 1), 2021 (n 1), los estudios fueron realizados principalmente en Sudáfrica (n 6), Corea (n 5), Estados Unidos(n 5), China (n 5), India (n 3), Reino Unido (n 2), Austria (n 1), Venezuela (n 1), Suiza (n 1) y España (n 1)

Para la presentación de las características de los estudios incluidos en la revisión ampliada, se estimó agruparlos de acuerdo con las variaciones anatómicas encontradas: número y características de los ganglios, conexiones simpáticas adicionales, presencia de nervios de Kuntz y/o cambios en los nervios esplácnicos, variaciones de la cadena simpática, importancia clínica e información adicional de interés (Tabla 2)

Tabla 1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL REPORTE																							
Directrices para la comunicación de estudios observacionales – STROBE Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology																							
Estudios Observacionales																							
	No. de criterio (1 a 22)																						**Total calidad del reporte**
Estudio	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	
Pather N, et al., 2003 (24)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	1	1	1	22/22
Cho H, et al., 2005 (42)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22/22
Singh B, et al., 2005 (44)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22/22
Jacob T, et al., 2005 (41)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	20/22
Pather N, et al., 2006 (23)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	21/22
Zhang B, et al., 2009 (26)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	20/22
Song Z, et al., 2010 (43)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	21/22
Kuntz A, et al., 1927 (46)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	18/22
Marhold F, et al. 2008 (47)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	19/22
Chung I, et al. 2002 (27)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	20/22
Wang Y, et al., 2002 (39)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22/22
Antonetti C, et al., 2011 (25)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	20/22
Marcer N, et al., 2012 (28)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	21/22
Kommuru H., et al., 2014 (29)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	20/22
Street E, et al., 2016 (30)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	20/22
Chaudhry A, et al., 2018 (31)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	20/22
Ramsaroop L, et al., 2001 (32)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	20/22
Moya J, et al., 2003 (68)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	19/22
Ramsaroop L, et al., 2003 (70)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	19/22

Ramsaroop L, et al., 2004 (33)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	19/22
Lin T. 2001 (71)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	19/22
Won H, et al., 2001 (51)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21/22
Atkinson J, et al., 2011 (48)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	20/22
Shantharam V, et al., 2012 (49)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	21/22
Loukas M, et al., 2010 (60)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22/22
Yang H, et al., 2008 (59)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22/22
Naidoo N, et al. 2001 (58)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	20/22
Zhang X, et al., 2006 (67)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	21/22
Gest T, et al., 2009 (61)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22/22

1 (si cumple el criterio), 0 (no cumple con el criterio, o no lo reporta)

Fuente: autora

Tabla 2. Características y resultados de los estudios incluidos en la revisión ampliada

No.	Autor	País	Tamaño muestra n=	Medio de hallazgo	Edad población	GÉNERO		VARIACIÓN				IMPORTANCIA CLÍNICA	INFORMACIÓN ADICIONAL DE INTERÉS:
						F n=	M n=	Número de ganglios	Característica ganglionar	Conexiones simpáticas adicionales, nervios de Kuntz y/o nervios esplácnicos	Variaciones en la cadena simpática		
1	The sympathetic contributions to the cardiac plexus (24)	South Africa	29 (58 lados)	Disección cadavérica	21 fetos Entre 16 SDG a término 8 adultos (18-55 años)	10 4	11 4	8-11	GCT[1]: 85%	Conformación del plexo cardiaco: RCC[2]: GCS[3]: 100% (53% del ganglio, 47% interganglionar) GCM[4]: 88% (71% del ganglio, 17% interganglionar) RCCT[5]: GCT[1]: 100% (84% del ganglio, 16% interganglionar) RCT[6]: $GT^7$2: 85% (50% ganglionar, 35% interganglionar), $GT^7$3: 71% (43% ganglionar, 28% interganglionar), $GT^7$4: 83% (54% ganglionar, 29% interganglionar), $GT^7$5: 60% (35% ganglionar, 26% interganglionar)	NR	Caracterización para manejo del dolor anginoso de difícil control farmacológico y/o no apto de revascularización convencional	La histología de segmentos interganglionicos revelaron ausencia de cuerpos de células ganglionares
2	Anatomical variations of rami communicantes in the upper thoracic sympathetic trunk (42)	Korea	42 (84 lados)	Disección cadavérica	NR	16	26	NA	NA	**Ramos comunicantes:** **$GT^7$2:** Normal: 33.3% RA[9] 17.8%% RD[10] 15.4% Bilateral 33.3% **$GT^7$3:** Normal 67.9% RA[9] 5.9%, RD[10] 26.2% **$GT^7$4**: Normal 86.9% RA[9] 4.8% RD[10] 8.3% Nervio de Kuntz: 59.5%	**Distancias:** T2 (Izq: 7.81 +- 4.16mm – Der: 9.4 +- 5.24 mm) T3 (Izq: 6.81 +- 2.82mm – Der: 7.94 +- 3.35 mm) T4 (Izq: 7.48 +- 3.21mm – Der: 10.92 +- 4.41 mm)	Relaciona hiperhidrosis palmar esencial	La media oscilo entre 1.6 a 2.5 comunicaciones, **La variación anatómica de T2 fue encontrada más frecuentemente que en T3-T4**
3	Anatomical variations of the second thoracic ganglion (44)	South Africa	20	Cadáveres adultos	NR	NR	NR	Ubicación $GT^7$2: 92.5% en el 2do espacio intercostal 10% $GT^7$1 - $GT^7$2: 2.5% de ellos ubicado 4en		47.5% conexiones entre GCT[1], $GT^7$2, ubicadas en una media distancia de 8.66 mm lateral a la cadena simpática a lo largo del borde inf. de la 2da costilla Nervio de Kuntz 27.5%	NR	Relaciona hiperhidrosis palmar esencial	Estos hallazgos ayudan al cirujano durante la simpatectomía para el reconocimiento del ganglio T2 y de esta manera mejorar la tasa de éxito en el control de los síntomas.

								cuello de la 2da costilla y 2.5% en borde superior de la 3ra costilla					
4	Variations of Thoracic Splanchnic Nerves and its Clinical Implications (41)	India	90	Cadáver	NR	NR	NR	NR	NR	Ausencia de los N. esplácnicos mayor, menor y mínimo tradicionales. En la cadena simpática accesoria se reportan unos nervios originados desde GT[7]3 con comunicaciones con la CSP[8] a nivel de T9-10-11 que suponen los N. esplácnicos En el lado izquierdo la cadena simpática fue normal. Origen nervio esplácnico mayor; T5-T9, nervio esplácnico menor: T10-T11 y esplácnico menor: T12	Existencia de cadena simpática accesoria originada desde GT[7]3 (1.11%) en hemitórax derecho finalizando el plexo suprarrenal y celiaco.	El nervio esplácnico mayor en este estudio originado de T3 puede conllevar alteraciones en la inervación simpática de la extremidad superior, cabeza, cuello y vísceras torácicas modificando en tono vasomotor en dichos órganos ocasionando hipertensión esencial, tromboangitis obliterante, Raynaud, Angina de Hoffman, síndrome de Tunel Carpiano, dolor referido en las vísceras abdominales y síndrome de salida torácica.	Histológicamente se encontró que la cadena simpática accesoria estaba ganglionada en todo su curso, núcleos prominentes excéntricos, nucléolos prominentes, y se encontraban rodeadas por 5 -8 células satélite.
5	Cervico-Thoracic Ganglion: Its Clinical Implications (23)	South Africa	48	Cadaver	31 fetos (16SDG – a término, media 34 SDG) 617 adultos	12 6	19 11	GCT[1] 84.3% Bilateral: 65.3% Ubicación: borde inferolateral de vertebra C7 y borde superolateral de la vértebra T1, cuello primera costilla y 1er espacio intercostal,		NR	NR	NR	Relaciones anatómicas de medial a lateral: vena intercostal suprema, arteria intercostal superior, raíz T1 de plexo braquial, borde superior arteria subclavia, profundo esta la raíz de C8 del PB Dimensiones GCT[1]: Derecho: Largo 15.08 – 17.92 mm

					(37-64 años, media 48)			cubiertos por pleura parietal todos. 17 fetos tenían GCT[1]en cuello del 1 costilla					Ancho: 3.35 – 6.84 mm Izquierdo: Largo: 9.48-15.10 mm Ancho: 4.66 – 6.45 mm
6	Anatomical Variations of the Upper Thoracic Sympathetic Chain (26)	China	50	Cadáver	25	7	18	GCT[1]: presente en el 80% Localización en espacio intercostal correspondiente: GT[7]2: 92% GT[7]3: 68% GT[7]4: 50% En frente de la apófisis transversa de C7 74% anterior al 8° nervio torácico 26% inferior al borde superior de la segunda costilla		GCT[1] presentó RD 46% GT[7]2 presentó RA[9] y RD[10] en un 54% unilaterales, 16% bilaterales GT[7]3 presentó RA[9] y RD[10] en un 24% GT[7]4 presentó RA[9] y RD[10] en un 14% Distancia más lejana de CGS[11] – ramos comunicantes: 29.11mm Nervio de Kuntz: 40% (bilateral 16%)	NR	NR	Relaciona hiperhidrosis esencial superior, síndrome de dolor regional, fenómeno de Raynaud
7	Anatomical Study and Clinical Significance of the Rami Communicants between Cervicothoracic Ganglion and Brachial Plexus (43)	China	33	cadáver	33 60 años (50-70 años)	6	27	NR	NR	Ramos comunicantes entre GCT[1] y PB[12]: GCT[1] a C8: 100% (8.66mm) GCT[1]-C7: 95.4% (19.94mm) GCT[1]-C6: 9%	Comunicaciones entre C8-C7: 77% Comunicaciones entre C7-C6: 62% Comunicaciones entre C5-C6: 3%	NR	Se relaciona como causa del dolor de cuello crónico recurrente y el dolor de hombro a la estimulación sensorial cervical de C5 por hiperplasia del tejido conectivo adyacente a las vértebras cervicales, sin embargo ramas comunicantes entre GCT[1] y C5 solo se observó en dos lados de 66.
8	Distribution of the sympathetic rami to the brachial plexus (46)	USA	48	Cadáver	NR	NR	NR	NR	NR	62.5% (21 bilateral- 9 unilateral)	NR	NR	En 6 casos, la rama se unió al primer nervio intercostal distal a su origen. En los otros 24 casos, la rama se unió proximal al origen del primer nervio intercostal.
9	Thoracoscopic and Anatomic Landmarks of Kuntz's Nerve: Implications for Sympathetic Surgery (47)	Austria	33	Cadaver (Disección vs VAT[13])	NR	NR	NR	NR	NR	Identicación de N. kuntz: VAT[13]: 12.1% Disección 66.7%	NR	NR	De los Nervios de Kuntz identificados por VAT[13] el 81% transcurrían paralelos a las venas intercostales superiores (50% medial y 50% lateral)

													Distancia promedio entre GT[7]1 y el Nervio de Kuntz fue 9.7 +- 3.0 mm
10	Anatomic variations of the T2 nerve root (including the nerve of Kuntz) and their implications for sympathectomy (27)	Korea	39	Cadaveres	NR	NR	NR	GCT[1]: 84.8% (n:56) GT[7]2 se localizó 50% en 2espacio IC	NR	N.Kuntz: 68.2% (n:45) Bilateral 48.1% (n:27) N. intra-torácico T2-T3: 7.6%	NR	NR	NO
11	Anatomical location of T2–3 sympathetic trunk and Kuntz nerve determined by transthoracic endoscopy (39)	Taiwan	70	Pacientes – VAT[13]	11- 57 años	40	30	NR	NR	10% Der: 1.4% como ramos de T3 Izq: 8.6% como ramos de T3	NR	NR	Los nervios de Kuntz se originaron principalmente del ganglio T3 y no de T2. La ubicación más frecuente de estos ganglios T2 y T3 fue entre el cuello de la costilla y el borde medial de la costilla del mismo nivel.
12	Variaciones del tronco simpático torácico. Origen y trayecto (25)	Venezuela	26 fetos (EG 9-35 SDG)	Cadáver	26 fetos (EG 9-35 SDG)	NR		Completa 12 ganglios: Der 31.94% Izq.: 23.61% Cadena incompleta 9 ganglios: Der: 5.56% Izq.: 4,17%		Origen N. esplácnico mayor: Der: GT[7]7, GT[7]6, GT[7]5 Izq.: GT[7]4, GT[7]6, GT[7]7 Origen N. Esplácnico menor: Der: GT[7]8, GT[7]9, GT[7]10 Izq.: GT[7]8, GT[7]10, GT[7]6 Origen N. Esplácnico inferior: Der: GT[7]1, GT[7]9, GT[7]2. Ausente: 43.06% Izq.: GT[7]10, GT[7]9, GT[7]1-2 Ausente: 40.28% Origen N. Esplácnico accesorio: Der: GT[7]10, GT[7]11, GT[7]9 Ausente: 20.83% Izq.: GT[7]10, GT[7]12, GT[7]8 Ausente 23.61% Presencia 100% de la cadena ganglionar Origen cadena ganglionar simpática torácica en el 1er ganglio 90.28%		NR	NO
13	An Anatomical Investigation of the Cervicothoracic Ganglion (28)	Suiza	42 (84 lados)	Cadáveres	NR	20	22	Presencia de GCT[1]: 82%	NR		NR	NR	Un punto de referencia importante en el acto quirúrgico es la arteria vertebral normalmente (75.8%) es lateral al ganglio, en este estudio se encontró a una distancia media del polo superior del ganglio de

													2.78mm, un hallazgo importante para neurocirujanos, anestesiólogos y anatomistas.
14	Thoracic Part of Sympathetic Chain and its Branching Pattern Variations in South Indian Cadavers (29)	India	**31**	Cadáveres	NR	N R	N R	Presencia de GCT[1] bilateral 12.9% (n:4) Unilateral 48.38% (n:15)	NR	Origen del NE[14] mayor: GT[7]7, GT[7]8, GT[7]9 en el 37% de los casos. GT[7]8, GT[7]9, GT[7]10 en el 31% de los casos Origen NE[14] menor: GT[7]10, GT[7]11 en el 63% de los casos, GT[7]9, GT[7]10, GT[7]11 en el 21% de los casos Origen NE[14] inferior: GT[7]11 en el 70,83% de los casos, GT[7]12 en el 29.17% de los casos	NR	NR	NO
15	Anatomical variation of rami communicantes in the upper thoracic sympathetic chain: A human cadaveric study (30)	UK	20	Cadaver	NR	N R	N R	GCT[1] 70% Ubicación GT[7]2: cara sup. del segundo espacio intercostal (93.75%), cara inferior (6.25%) Ramas comunicantes derechas más abundantes y extensas y en niveles sup.		Ramo intra-torácicos: EIC[15] T1 y T2: 55% EIC[15] T2 y T3: 22.5% EIC[15] T3 y T4: 2.5% N. de Kuntz40%	NR	NR	NO
16	Detection of the Stellate and Thoracic Sympathetic Chain Ganglia with High-Resolution 3D-CISS MR Imaging (31)	New York	24	IRM	51.7 años	14	10	GCT[1] en 100%, infero-medial a la Arteria Subclavia, anteroinferior a la apófisis transversa de C7	Los ganglios de la cadena simpática torácica se identificaron ventrales a la articulación costo-vertebral de T2 a T10 en el 100% de sujetos		NR	NR	Los ganglios de la cadena simpática torácica, incluido el GCT[1] pueden identificarse bien con las imágenes de RM 3D CISS pre-contraste y puede permitir la planeación quirúrgica adecuada.

17	Thoracic origin of a sympathetic supply to the upper limb: the ‘ nerve of Kuntz’ revisited (32)	South África	99 lados	Cadaver	32 fetos 18 adultos	NR	NR	GCT[1]: 92%	NR	Incidencia N. Kuntz: 34% Ubicación: Lateral al GT[7]2 +- 2.3 – 15.7 mm en adultos y 2.1 – 4.3 mm en fetos Nervios intratorácicos entre T1-T5: 60% T1-T2: 46%	NR	NR	La clasificación como N. de Kuntz debe restringirse a las descripciones de la rama intratoraccica del 1er espacio intercostal. Tinción con HE de segmentos inter-gangliónicos confirma ausencia de cuerpos gangliónicos intercostales. Proponen clasificación de los ramos comunicantes del primer espacio intercostal
18	Cambios histopatológicos en los ganglios simpáticos de pacientes intervenidos de hiperhidrosis palmar-axilar (68)	España	55	Ganglioectomías	29 años	NR	NR	NR	NR	NR	5,5% inflamación, 61,8% de cromatólisis, 41,8% de depósitos de lipofuscina. 32.1% cromatólisis + lipofuscina	Hiperhidrosis primaria palmar (HPP)	Los ganglios simpáticos de los pacientes con HPP presentan lesiones similares a las encontradas en procesos de envejecimiento neuronal. La presencia de cromatólisis pone de manifiesto la deficiente modulación del estímulo neuronal, el cual llegaría a los órganos diana sin la atenuación o el filtro ganglionar adecuados.
19	A thoracoscopic view of the nerve of Kuntz (70)	South Africa	1	Toracoscopía	19 años	NR	NR	NR	NR	Presencia de N. de Kuntz a la izq, a 2.5cm de la cadena simpática anterior al cuello de la 2 costilla	NR	HHP	NO
20	Anatomical basis for a successful upper limb sympathectomy in the thoracoscopic era (33)	South Africa	25 (50 lados) 22 (43 lados)	Pacientes, simpatectomia toracoscópica Cadáveres	NR	NR	NR	GCT[1] 86% GCI[16]: independiente 14% por encima de la segunda costilla y GT[7]1 en segundo espacio intercostal		Nervio de Kuntz 86% de los casos Nervio de Kuntz 18%	NR Tipo A: 44.2% Tipo B. 25.6%	NR	Gangliectomías: al lado derecho vena intercostal superior 12% anterior, 38% posterior al GT[7]2 Disecciones cadavéricas: ramos comunicantes en el 86% a la derecha y 51.2% a la izquierda, distancia media de 7.33mm lateral al GT[7]2
21	Video-assisted thoracoscopic "resympathicotomy" for palmar hyperhidrosis: analysis of 42 cases (71)	Taiwan	42	Qx	25.1 años	25	17	NR	NR	N. de Kuntz 18.8%	NR	HHP	No

22	Anatomic variations of the intrathoracic nerves and the neural connections of the second and third thoracic sympathetic ganglia to the brachial plexus (51)	South Korea	26 50 lados	Cadaver	74.7	11	15	NR	NR	Nervios intra-torácicos entre: T1-T2: 74% tipo I T2-T3: 6%	NR	NR	NO
23	Endoscopic transthoracic limites sympathotomy for palmar-plantar hyperhidrosis: outcome and complications during a 10 year period (48)	USA	155	Qx	NR	111	44	NR	NR	N. Kuntz: 10%	Cadenas simpáticas accesorias: Izq: 5 lados Der: 6 lados Bilateral: 5 lados	NR	NO
24	A morphological study of the nerve of Kuntz (49)	India	56 pacietnes 112 lados	cadaver	46 adultos 10 fetos	NR	NR	NR	NR	N. Kuntz 37.5% Tipo A: 13.39% Tipo B: 11.61% TipoC:8.93% TipoD: 3.57%	NR	NR	NO
25	A review of the thoracic splanchnic nerves and celiac ganglia (60)	USA	1	cadaver	NR	NR	NR	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T6 - T9 (n:1)		NR	NO
26	Thoracic splanchnic nerves: Implications for splanchnic Denervation (58)	UK	NR	Cadaver	5 adultos 14 fetos	NR	NR	NR	NR	Origen nervios esplácnico mayor: (presente 100% de los casos) T6 - T9 (73%). Origen nervio esplácnico menor (presente en 92%) T10 - T11 (29%). Origen nervio esplácnico inferior (presente en 55% de los casos) T11 -T12		NR	NR
27	Anatomy of thoracic splanchnic nerves for surgical resection (59)	Korea	26 46 lados	Cadaver	30-89 años	20	26	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T9 (21,7%), Origen del nervio esplácnico menor: T10 - T11 (32,6%), Origen del nervio esplácnico mínimo: T12 (30,4%)		NR	NR

28	The celiac ganglia: Anatomic study using MRI in cadavers. (67)	China	65	Cadaver	NR	NR	NR	Ubicación ganglio celiaco: T12-L1 (94%) Diámetros: largo 21,43 +- 5,53 mm en el lado derecho y 20,02 +- 10,13 mm en el lado izquierdo	NR	NR	NR	Análisis histológico: H.E células ganglionadas, con escasas fibras nerviosas entre las células ganglionares.
29	The pattern of the thoracic splanchnic nerves as they pass through the diaphragm (61)	USA	24	Cadáver	54 – 92 años	16	8	NR	NR	NR	NR	NR	Paso de los nervios esplácnicos mayor y menor juntos en el 39% de los casos. Y los tres (mayor, menor e inferior) a través de un único pilar, derecho 38%, izquierdo 38%
Resultados extraídos de libros del área													
1	Gray´s Anatomy. 39th Ed. (9)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T9 o T5 -T10 Origen del nervio esplácnico menor: T9-T10 o T10 - T11 Origen del nervio esplácnico inferior: NR	NR	NO	
2	Clinical Oriented Anatomy – Moore and Dallet (3)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T9 o T5 -T10 Origen del nervio esplácnico menor: T10 - T11 Origen del nervio esplácnico inferior: T12	NR	NO	
3	Clinical Anatomy by Regions. Snell. (20)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T9 Origen del nervio esplácnico menor: T10 - T11 Origen del nervio esplácnico inferior: T12	NR	NO	
4	Lasts Anatomy—Regional and Applied. Abdomen. (52)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T9 Origen del nervio esplácnico menor: T10 - T11 Origen del nervio esplácnico inferior: T12	NR	NO	
5	Mastery of Surgery, Part VII: The Gastrointestinal Trunk. (53)	NA	NA	NA	Na	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T9 Origen del nervio esplácnico inferior: T9 - T11	NR	NO	
6	Splanchnic Nerve Block: Single-Needle Technique. (54)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T10 Origen del nervio esplácnico menor: T10 - T11 Origen Nervio esplácnico inferior: T11 - T12	NR	NO	
7	Celiac Plexus. 2nd Ed. Oxford: Blackwell Science. (55)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T10 Origen del nervio esplácnico menor: T10 - T11 Origen Nervio esplácnico inferior: T11 - T12	NR	NO	
8	Atlas of Pain Injection Techniques. 5.6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T10 Origen del nervio esplácnico menor: T10 - T11 Origen Nervio esplácnico inferior: T11 - T12	NR	NO	

	Splanchnic Nerve Block. (56)											
9	Surgical Anatomy of the Head and Neck (57)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NR	Origen de nervio esplácnico mayor: T5 - T9 Origen del nervio esplácnico menor: T9 -T10 Origen Nervio esplácnico inferior T12	NR	NO

GCT[1]: Ganglio cervico-torácico, RCC[2]: Ramo cardiaco cervical, GCS[3]: Ganglio cervical superior, GCM[4]: Ganglio cervical medio, RCCT[5]: Ramo cardiaco cervico-torácico, RCT[6]: Ramo cardiaco torácico, GT[7]: Ganglio torácico, CSP[8]: Cadena simpática principal, RA[9]: Ramo ascendente, RD[10]: Ramo descendente, CGS[11]: Cadena ganglionar simpática, PB[12]: Plexo braquial, VAT[13]: Toracoscopía asistida por video, NE[14]: Nervio esplácnico, EIC[15]: Espacio intercostal, GCI[16]: Ganglio cervical inferior

Fuente: autora

6. Discusión

La división simpática del sistema nervioso autónomo está compuesta por neuronas preganglionares situadas en el núcleo intermediolateral de las astas laterales del cordón espinal y neuronas posganglionares ubicadas en ganglios para o prevertebrales (1,2,3), desde donde se originan eferencias a órganos o tejidos y está disposición anatómica puede presentar variación.

La porción torácica no es ajena a esta variación, de ella se describen 10 a 12 ganglios, con una forma variable , más frecuentemente once (1,8, 9, 19 , 21, 22, 23), número similar al reportado por Pather et al. (24), y Antonetti et al. (25), quienes describieron un número de 8 a 12 ganglios; esta variabilidad corresponde a procesos de fusión o división ganglionar, por ejemplo, tradicionalmente se describe la fusión del ganglio cervical inferior con el primero torácico conformándose el ganglio cervico-torácico (GCT) o también llamado ganglio estrellado por los numerosos radios que emite en diversas direcciones; el cual en este estudio presentó una incidencia del 62 al 100% de los casos (23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33), así mismo, él constituye el límite entre el simpático cervical y el torácico.

Los ganglios de esta región, reciben fibras preganglionares de los segmentos espinales torácicos 2 (T2) al 7 (T7) (26), desde allí abandonan la médula espinal por la raíz ventral respectiva, y por medio de un ramo comunicante blanco (mielinizado) ingresan a un ganglio simpático, allí hacen sinapsis con una segunda neurona (posganglionar) y se genera un ramo comunicante gris (amielínico) que participará en la inervación del miembro superior y tronco, con el aporte a los plexos cardiaco, pulmonar, abdominal, pélvico y sus órganos efectores corresponden al músculo liso de vasos, vísceras, vías urinarias, el sistema de túbulos renales, bronquios, músculo pilo-erector, glándulas (sudoríparas y anexas al sistema digestivo), células adiposas y el tejido linfoide (8).

Las fibras pos-ganglionares que viajan al miembro superior se originan desde el ganglio cervical medio, cervicotorácico y ganglios torácicos superiores (26, 31), principalmente de los ganglios simpáticos de T2 – T3 (41), y en ocasiones T4 (42), para luego unirse por medio de ramos grises al plexo braquial (26), el cual se encarga de la inervación autónoma de la extremidad superior, incluida la región axilar, por lo tanto, variaciones en su morfología habitual puede conllevar a fallos en procedimientos quirúrgicos que requieran denervación simpática de la extremidad superior, como por ejemplo en el tratamiento de la hiperhidrosis primaria.

La hiperhidrosis primaria es un trastorno caracterizado por una sudoración excesiva que está por encima de las necesidades fisiológicas, ocurre más frecuentemente en las manos y en las axilas, pero también puede ocurrir en las plantas de los pies, su etiología es diversa, e incluye la hiperactividad del sistema nervioso simpático, la cual provoca una respuesta anormal de las glándulas sudoríparas ecrinas. Actualmente el tratamiento de elección es la simpatectomía toracoscópica (35), que consiste en la escisión de los ganglios simpáticos T2 – T3 para la hiperhidrosis

palmar, y a nivel de T2-T3-T4, cuando se asocia a hiperhidrosis axilar (36, 37, 38, 39), por ello es importante conocer sus ubicaciones más frecuentes.

Debido al desconocimiento de las variaciones anatómicas, estos ganglios pueden no ser vistos por toracoscopia, así como fue reportado por Lee et al. (40), quien en 19 de 79 pacientes no logró identificar estos ganglios simpáticos, con la consecuente imposibilidad para su resección, así mismo, ellos indican otras dificultades para la plena identificación ganglionar como la presencia de estructuras vasculares colindantes no esperadas, de allí la necesidad del conocimiento de las relaciones anatómicas más frecuentes.

Estas variaciones también son importantes en procedimientos quirúrgicos como en las simpaticotomías y las ramicotomías, donde se corta el tronco simpático o sus ramos a nivel de la costilla, situación que requiere un conocimiento profundo de la localización exacta de la cadena simpática, de la anatomía adyacente en especial alrededor del segundo ganglio torácico, y de las variaciones más frecuentes de los ramos comunicantes.

6.1. Variaciones ganglionares

La caracterización del ganglio cervico-torácico (GCT) es de interés clínico, dado que en práctica clínica se realizan bloqueos para tratar diversas patologías, a saberse, el síndrome de dolor regional complejo, la neuralgia pos-herpética, las anginas o arritmias intratables, el vaso-espasmo, el fenómeno de Raynaud y más frecuentemente las hiperhidrosis primarias (43), por ello es vital conocer su morfometría, ubicación y relaciones anatómicas; para ello, además de la caracterización en disecciones cadavéricas, se ha conseguido exitosamente su identificación con ecografía, fluoroscopia y con tomografía axial computarizada con contraste, siendo esta última, una técnica segura y confiable (31).

La ubicación más frecuente del GCT fue entre el borde infero-lateral de la vértebra C7, el borde supero-lateral de la vértebra T1 (23), frente a la raíz de la apófisis transversa de la séptima vértebra cervical y el cuello de la primera costilla (26, 33); a una distancia promedio de 1,72 mm de la primera articulación costo-vertebral, y a 2.89 mm en promedio de la arteria vertebral e infero-medial a la arteria subclavia (31), siempre cubiertos por la pleura parietal (Fig. 16) (28), además, en fetos se encontró en el cuello de la primera costilla; estos hallazgos contrastan lo descrito por Pather et al. (23), quienes en el 26% de 48 cadáveres ubicaron este ganglio en la parte inferior del borde superior de la segunda costilla. El tamaño más frecuente fue 36.76mm^2 (31), con unas dimensiones promedio para el ganglio del lado derecho de 15.08 – 17.92 mm en longitud, 3.35 – 6.84 mm de ancho y un tamaño para el lado izquierdo de 9.48-15.10 mm en longitud y de 4.66 – 6.45 mm de ancho (23), diferentes a las descritas por Zhang et al. (26), quienes reportaron un tamaño promedio mayor de 19.3 +- 2.3 mm a 6.5 +- 1.7mm.

En cuanto a las relaciones anatómicas importantes en el momento de su manipulación, Pather et al. (23), encontraron en el 84.3% de los casos se encontraba de medial a lateral la vena intercostal suprema, la arteria intercostal superior y la raíz T1 del plexo braquial; así mismo, cefálico a él, describieron la presencia de la arteria subclavia, y dorsal a él la raíz C8 del plexo braquial.

El GCT recibe aferencias a través de ramos comunicantes blancos de C6, C7 (31), T1 (43, 31) y T2 (43), con contribuciones ocasionales de T3 y T4 (31), y proporciona ramos grises a los nervios espinales C6, C7, C8 y T1 (43). Lo que concuerda parcialmente con los hallazgos de Song et al. (43), dado que de 33 cadáveres estudiados el 100% de los casos el GCT dio ramos grises para C8, los cuales se extendieron a una longitud promedio de 8.66 mm +- 2.21 del GCT; así mismo, en el 95,4% de los casos dio ramos grises a C7 con una longitud promedio de 19.94 +- 4.06mm del GCT, en el 9% dio ramos grises a C6, y curiosamente hallaron que en el 3% de los casos también había ramos hacia C5; y que existían comunicaciones entre C8 y C7 en el 77% de los casos, entre C7 y C6 en el 62% de los casos y entre C6 y C5 en el 3%.

Caracterizar las aferencias y eferencias del GCT, permite evitar lesiones iatrogénicas que conlleven a la interrupción de las fibras simpáticas para la cabeza, cuello, miembro superior, vísceras torácicas, el posible desarrollo de arritmias o síndrome de Horner (23), dado que este ganglio es el que emite el impulso simpático en la región facial. Del mismo modo, es de vital importancia en los procedimientos que requieran bloqueos del GCT, por ejemplo, en los bloqueos nerviosos por dolor de cuello y/o hombro crónico recurrentes, que cuando son refractarios al manejo fisioterapéutico pueden corresponder a una estimulación sensorial cervical en el cual pueden estar relacionados dicho ganglio o el quinto nervio cervical con su contribución al plexo braquial y cervical (43).

El número restante de ganglios torácicos son triangulares en su mayoría, y están a la izquierda y la derecha de la columna vertebral, aplicados sobre las articulaciones costo-transversas y unidos entre sí por uno o varios ramos interganglionares que cruzan por encima los vasos intercostales (26). Sing et al, encontraron en una muestra de 20 cadáveres que en el 10% de los casos, los ganglios T1 y T2 están fusionados, en el 2.5% se encuentran ubicados sobre el cuello de la segunda costilla, en el primer espacio intercostal y en el 2.5% están ubicados en el borde superior de la tercera costilla (Fig. 16) (44).

Cuando se encuentran separados, el segundo ganglio torácico se ubica en la mayoría de los casos en el segundo espacio intercostal (26, 27 44), adyacente a la articulación costo-vertebral (32); en este sentido Street et al. (30), en una muestra de 20 cadáveres encontraron que el 93.75% de los ganglios T2 se situaron en el borde superior de ese espacio, lugar en el que Chung et at. (27), en 39 cadáveres reportaron que solo 7.6 % se encontraba, siendo mayor el porcentaje (19.7%) ubicado en el borde superior de la tercera costilla, dada esta variabilidad se

recomienda una evaluación de ambos lugares al momento de realizar la ablación. Teniendo en cuenta estos trabajos, se intuye que en algunos individuos las variaciones anatómicas puedan hacer que la parte más baja del primer ganglio simpático torácico se incluya en la sección al realizar la simpaticólisis a nivel de T2, y la generación de síndrome de Horner.

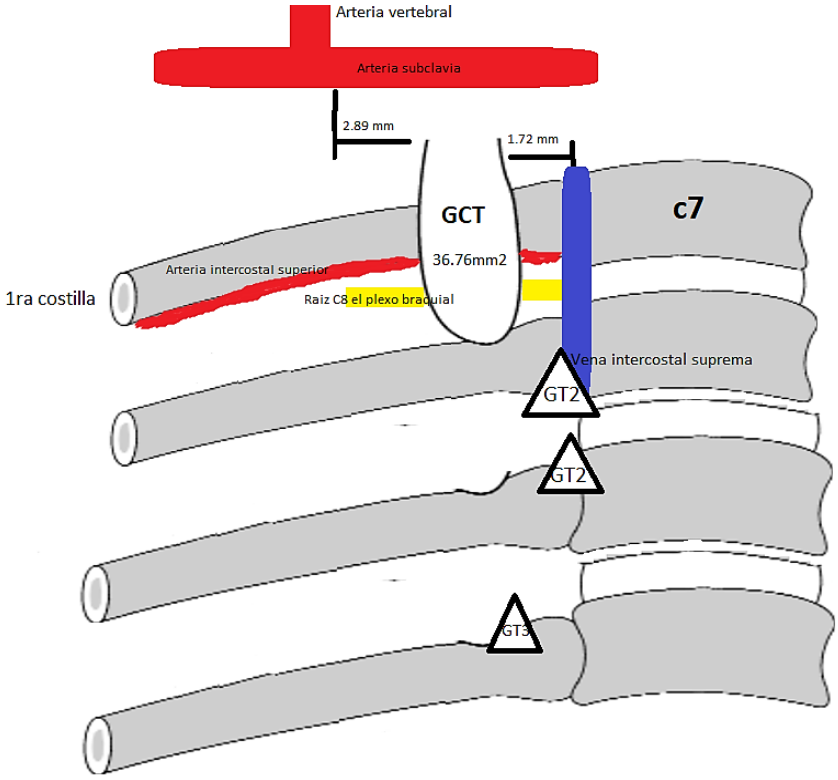


Figura 16. Ubicación más frecuente de los ganglios simpáticos torácicos. GCT: Ganglio cervico-torácico, GT2: Ganglio torácico 2, GT3: Ganglio torácico 3, C7: séptima vértebra cervical, observe las relaciones anatómicas referenciadas en el texto. Fuente: autora.

En relación al ganglio T2, Ramsaroop et al. (33), analizaron las gangliectomías realizadas a 25 pacientes por hiperhidrosis primaria y describieron sus relaciones anatómicas, identificando como referencias anatómicas importantes en el hemitórax derecho a la vena intercostal superior, ubicada anterior al ganglio en el 12% de los casos y posterior en el 38% de los casos, lo que puede predisponer a sangrado. En el lado izquierdo, en la mayoría de los pacientes la vena intercostal superior estaba fuera del campo de disección.

Respecto a la morfología del tercer ganglio torácico, Wang et al. (39), concluyeron al analizar las imágenes de 70 simpatectomías transtorácicas endoscópicas realizadas en pacientes con diagnóstico de hiperhidrosis palmar, que la ubicación más frecuente tanto el lado derecho como en el izquierdo, fue el tercer espacio intercostal, proximal al cuello de la tercera costilla, hecho concordante con los hallazgos de Zhang et al. (26), quienes reportaron en dicha ubicación el 68% de los

terceros ganglios torácicos estudiados, y en el 24% en el borde superior de la cuarta costilla y acerca del cuarto ganglio torácico se reportó una ubicación en el 50% de los casos en el cuarto espacio intercostal y en el 36% en el borde superior de la quinta costilla.

Todo el simpático torácico está cubierto de pleura parietal, pero sin estar adherido a ella, sino que están incluidos en el espesor de la aponeurosis endotorácica (1), por lo cual se descubren con facilidad levantando la pleura; son razones de fracaso de simpatectomías las adherencias pleurales (57.7%), vasos cerca del nervio simpático (11.5%), nervios simpáticos mediales (7.7%), presencia de nervio de Kuntz (18.8%) y regeneración nerviosa (18.8%) (44)

6.2 Nervio de Kuntz (NK)

El nervio de Kuntz se reportó por primera vez en 1927 por Albert Kuntz, quien público un artículo en el que describía la presencia de una comunicación entre el segundo nervio intercostal (46) y la rama ventral o lateral del primero (Fig. 17) (44) y lo asoció al fracaso de la denervación de la extremidad superior si no se diseccionaba durante las simpatectomías. La incidencia del mismo en el artículo original fue de 40% unilateral y 16% bilateral (46), en este estudio se encontró una amplia variabilidad en la incidencia, la cual, para la identificación cadavérica fue de 20 - 86% (27, 30, 32, 33, 44,46, 47, 48, 49), y para la identificación clínica con toracoscopia videoasistida (VAT) de 10 – 12.1% (47), así mismo, las sinapsis con las ramas laterales del primer nervio intercostal fueron de 17.5% (32, 44).

Un estudio realizado en 2008 por Marhold et al. (47), describe la identificación de los ramos comunicantes del primer espacio intercostal usando como herramientas, la toracoscopia asistida por video (VAT) y la disección cadavérica en 33 hemitórax, e investigaron las estructuras anatómicas que servirían como puntos de referencia para la identificación del NK. Mediante VAT se identificaron 4 casos (12, 1%), en 3 de estos casos los nervios se situaron paralelos y laterales a las venas intercostales superiores y con el procedimiento de disección cadavérica se encontró que 22 hemitórax (66,7%) tenían la estructura, de los cuales 18 estaban paralelos a la vena intercostal superior (50% medial – 50% lateral) y en otros 6 especímenes se encontraron venas sin NK.

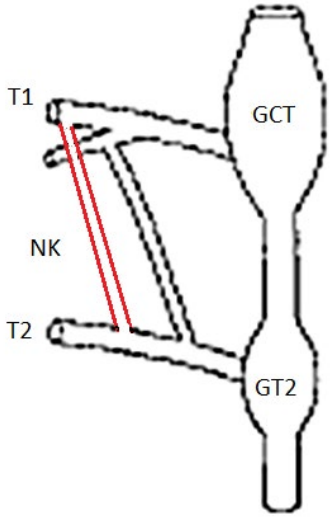


Figura 17. Anatomía de Nervio de Kuntz (NK). GCT: Ganglio cervico-torácico, GT2: Ganglio torácico 2, T1: Primer nervio intercostal, T2: Segundo nervio intercostal. Tomada y modificada de Chung I, et al. 2002 (27)

6.3 Ramos comunicantes

Es importante caracterizar la disposición más frecuente de los ramos comunicantes. Estos son fibras nerviosas (ramos grises) que comunican la cadena simpática con los nervios espinales, la descripción anatómica incluye a ramos comunicantes transversales u oblicuos que hacen sinapsis con un nervio espinal del mismo nivel o con un nervio espinal ubicado uno o varios niveles ascendentes o descendentes, (Fig. 18).

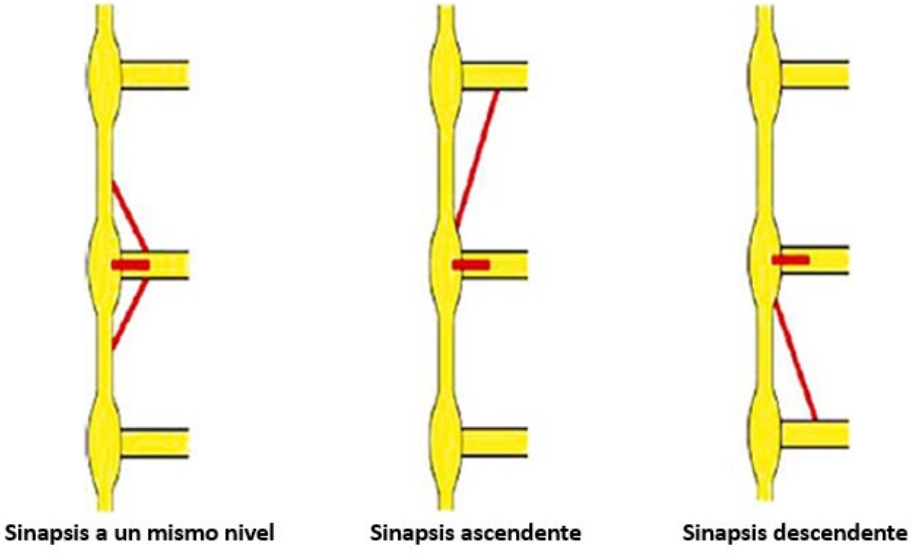


Figura 18. Clasificación de los ramos comunicantes en tres tipos, de acuerdo a las relaciones anatómicas entre el ganglio simpático y el nivel de sinapsis con los nervios intercostales. Tomado y modificado de Cho et al. (42)

Esta disposición variable puede ser la razón de las simpatectomías fallidas, las cuales pueden ocurrir entre el 1.9 – 16% de los casos para hiperhidrosis palmar y 65% en hiperhidrosis axilar (47), así como conocer su disposición más frecuente permitiría preservarlos y de esta manera evitar el desarrollo de sudoración compensadora masiva o incapacitante, que ocurre del 50-86% de los casos (la sudoración compensadora es un mecanismo de compensación termorreguladora del propio organismo y ocurre cuando hay una disección amplia de la cadena simpática) (50), provocando un incremento en el mecanismo compensador y los síntomas no deseados.

Los hallazgos de los ramos comunicantes se resumen en la Tabla 3. Respecto a los ramos comunicantes del segundo ganglio torácico, Cho et al. (42), realizaron 84 disecciones cadavéricas, encontrando una mayor cantidad de disposiciones en esta zona, de tal forma, que únicamente 28 lados (33.3%) tenían sinapsis al mismo nivel, porcentaje similar a las observaciones de varios autores, como Shing et al. (44), quienes en 40 hemitórax encontraron que casi la mitad (47.5%) presentaban ramos ascendentes entre el segundo ganglio torácico y en ganglio cervico-torácico, así mismo, Zhang et al (26), identificaron en 43 de 50 cadáveres mayor variabilidad en esta región, siendo la mayoría ramos ascendentes. Otros autores como Street et al. (30), estudiaron 20 cadáveres e identificaron en el 55% la presencia de nervios intercostales adicionales entre los espacios T1 y T2, muestra contrastada con la de Ramsaroop et al. (32), quienes en 50 cadáveres encontraron conexiones simpáticas intratorácicas adicionales en el 60% de los primeros 5 espacios intercostales superiores y 46% estaban en el primer espacio intercostal, lo mismo que lo planteado por Won et al. (51) que encontraron que el 74% de los sujetos estudiados presentaban un número mayor de ramos comunicantes intratorácicos a este nivel, lo que confirma la importancia de una adecuada inspección intra-operatoria del segundo espacio intercostal a fin de seccionar los ramos colaterales que pudieran provocar recidivas.

Zhang et al. (26), y Cho et al. (42), concluyeron que el segundo sitio de mayor variabilidad fue el tercer ganglio torácico, tanto para ramos ascendentes como descendentes y respecto al ganglio torácico 4 Cho et al. (42), encontraron 4,8% - 8,3% de ramos ascendentes y descendentes respectivamente en 42 cadáveres, hallazgos similares a los descritos por Zhang et al. (26), quien reporta una incidencia para el ganglio T3 de 14% para ramos ascendentes y descendentes, y concluyen que todos los ramos comunicantes adicionales cursaron sobre las costillas correspondientes. El conocimiento de la frecuencia de ramos comunicantes adicionales en cada espacio intercostal y la presencia del nervio de Kuntz es clave para el éxito del tratamiento quirúrgico de patologías simpáticas torácicas, dado que no resecarlos conlleva denervaciones incompletas como en algunos casos de hiperhidrosis remanente, y para ello también se hace necesaria la determinación de la distancia que hay entre los mismos y la cadena simpática.

Cheng et al. (18), en el 2001 realizaron un estudio para determinar la forma ideal de tratar una hiperhidrosis palmar evitando la compensación fisiológica, y concluyeron que la mejor forma de hacerla es que además de la simpatectomía, se corten todos los ramos comunicantes del ganglio y el tejido circundante a él; sin embargo, dada la gran variabilidad morfológica en la zona, es necesario determinar la distancia que hay entre la rama comunicante y la cadena simpática, para saber hasta dónde llevar la escisión.

Así que, la distancia promedio recorrida por los ramos comunicantes desde la cadena simpática hasta el punto de unión con los nervios intercostales en todos los niveles se resume en la tabla 4; siendo similares entre los lados derechos e izquierdo del segundo ganglio torácico y diferentes para el tercer y cuarto ganglio; además, la distancia atravesada por las ramas fue mayor en el ganglio T2 en comparación con los ramos inferiores y los del primer ganglio torácico, por lo que se recomienda una ablación lateral mayor a este nivel. Sin embargo, el cirujano debe tener en cuenta las distancias horizontales más lejanas reportadas, Zhang et al. (26), encontraron que el punto de conexión más distal de los ramos comunicantes a los ganglios segundo y cuarto fue de 29,11mm y 24.7 mm respectivamente, longitud comparativa a la publicada por Singh et al. (4), de 30 mm del ganglio T2, por lo que se recomienda seccionar transversalmente al menos 3 centímetros lateralmente y de esta forma evitar los síntomas recurrentes.

Tabla 3. Número de ramos comunicantes del segundo al cuarto ganglio torácicos.

REFERENCIA	N=	GANGLIO	TRANSVERSAL	RAMO ASCENDENTE	RAMO DESCENDENTE	RAMOS ASCENDENTES Y DESCENDENTES	RAMOS INTERCOSTALES
42	**84**	T2	28 (33,3%)	45 (53.6%)	39 (46.4%)	28 (33.3%)	NR
		T3	57 (67.9%)	5 (5.9%)	22 (26.2%)	0 (0.0%)	
		T4	73 (86.9%)	4 (4.8%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	
44	**40**	T2	NR	19 (47,5%)	NR		NR
26	**50**	T2	NR	20 (40%)	15 (30%)	8 (16%)	NR
		T3		8 (16%)	5 (10%)	1 (2%)	
		T4		3 (6%)	4 (8%)	0 (0.0%)	
30	**20**	T2	NR				11 (55%)
32	**50**	T2	NR				46 (46%)
51	**26**	T2	NR				19 (74%)
69	**26**	T2	NR				18 (72%)
		T3	NR				2 (6%)

NR: no reporta. Fuente: autora

Tabla 4. Distancia de los ramos comunicantes al ganglio torácico (mm)

REFERENCIA	GT1 - GCT	GT2		GT3		GT4	
		DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA
42	NR	9,40+-5,24	7,81 +-4,16	7,94 +-3,35	6,81 +-2,82	10,92 +-4,41	7,48 +-3,21
44	NR	10,15 (3,0-30)	7,18 (2,3 - 12,3)	NR	NR	NR	NR
26	NR	8,9 +-5,6 (2,2 -29,1)	7,8 +-3,8 (2,3 - 17,2)	8,5 +-3,3 (2,8 - 16,7)	9,1 +-3,5 (2,0 - 13,3)	10,1 +-4,3 (3,2 - 18,5)	9,7 +- 5,2 (2,8 - 24,7)

47	9,7 +-3,0 (3 - 18)		NR	NR	NR	NR	NR
27	7,3 MM	NR	NR				
30	NR	11,7	13,5				
32	NR	6,7 (2,3 a 15,7)					
70	NR	25					
33	NR	7,33 (2,3 - 15,7)					
51	NR	14,1 +-6,5		16,2 +-4,1			
PROMEDIO	**8,5**	11,66 +-5,78	11,17+-4,82	10,88+-3,58	7,9+-3,16	10,51+-4,35	8,59 +-4,2

NR: no reporta, GT: Ganglio torácico, GCT: Ganglio cervico-torácico.
Fuente: Autora

6.4 Nervios esplácnicos

Algunas fibras preganglionares se agrupan para formar los nervios esplácnicos mayor, menor y mínimo e inervan las vísceras abdominales, también pueden presentar gran variabilidad en su origen, número y paso diafragmático, lo que puede ser una de las razones del fallo quirúrgico en el control del dolor abdominal.

Respecto a su morfología, los textos clásicos describen que el nervio esplácnico mayor puede presentar un origen desde T5 o T6 a T9 o T10 (9, 10, 20, 52, 53, 54, 55, 57), estos hallazgos se han corroborado por años, dado que existe literatura que reporta similares orígenes en diversas décadas, por ejemplo, en el 2001 Naidoo et al. (58), analizaron la morfología simpática en cadáveres adultos y fetales con similares resultados, en 2005 Jacob T., et al. (41) reportaron el origen más alto en T5, concordante con los hallazgos de Yang et al. (59) del 2008, quienes diseccionaron 26 cadáveres y también reportaron el origen superior a nivel de T5 hasta T9, así mismo, en 2010 Loukas et al. (60), reportaron origines desde los ganglios T6 a T9 y más recientemente Kommuru et al. (29) en el 2014 diseccionaron 31 cadáveres y reportaron en el 37% de los casos un origen en el séptimo, octavo y noveno ganglio torácico, y en 31% de los casos en los ganglios octavo, noveno y décimo.

Desde mencionados ganglios, se originan raíces que pueden variar de 1 a 8, pero lo más frecuente es que sean 4. Así constituido, el nervio esplácnico mayor atraviesa el diafragma, por el intersticio comprendido entre el ligamento arqueado medial y lateral junto con la vena lumbar ascendente (1), llega a la cavidad abdominal y va a parar en el cuerno externo del ganglio semilunar correspondiente. Por encima del diafragma, el nervio esplácnico mayor presenta algunas veces un pequeño engrosamiento ganglionar llamado ganglio esplácnico.

En el caso del nervio esplácnico menor, tradicionalmente se describen uno, dos o tres ramos, procedentes de los ganglios noveno, décimo o undécimo, (9, 10, 20, 52, 53, 54, 55, 56, 57), similares orígenes a los descritos por Naidoo et al (58), Jacob et al (41), Yang et al (59), y Kommuru et al. (29), no obstante, Antonelli et al (2011) también incluye la participación del octavo ganglio torácico. Una vez es conformado, atraviesa el diafragma por el intersticio comprendido entre el pilar principal y el ligamento arqueado medial (29), junto a la cadena simpática (41, 1) y termina de forma muy variable en los plexos aórtico-renal (41). Los puntos diafragmáticos en los que atraviesan los nervios esplácnicos mayor y menor fueron analizados por Gest et al. (61), quienes diseccionaron 24 cadáveres adultos y encontraron que en el 38% de los casos ambos nervios atraviesan el diafragma juntos a través de un único pilar.

Adicionalmente, se describe un tercer nervio esplácnico, el cual se denomina como inferior o abdominal, cuyo origen es descrito por Naidoo et al (58) en los ganglios torácicos undécimo y duodécimo en el 55% de los casos, por Jacob et al (41) y Yang et al (59) en el ganglio torácico duodécimo y por Kommuro et al (29) en 70,83% de los casos, en el undécimo y 29.17% en el duodécimo, para finalizar en el plexo renal.

El nervio esplácnico accesorio es muy inconstante, por lo general nace del ultimo ganglio torácico (1,2), sin embargo, Antonetti et al. (25), reporta un origen superior a nivel de GT8, GT9, GT0 y el GT11 y termina en el plexo renal.
.
Esta caracterización, reviste especial interés en el manejo del dolor crónico de varias patologías, por un lado el tronco simpático y los nervios esplácnicos son comúnmente afectados por osteofitos anteriores de la columna vertebral y provocar dolor (41), así mismo, son los que trasmiten la nocicepción en pacientes con pancreatitis crónica que tengan daño en los nervios intra-pancréaticos (59), además, es importante en las esplecnicectomías de T5 para el manejo de diversas patologías como la pseudo-obstrucción crónica (62), dolor abdominal superior, pancreatitis crónica u otros cánceres de abdomen superior (63) con una eficacia mayor al 80% en el control del dolor, disminución de dosis de opiáceos y mejoría de la calidad de vida (64, 65, 66). Así mismo, esta variabilidad debe ser conocida por cirujanos que realicen VATs en el mediastino posterior, dado que lesiones en estas estructuras nerviosas, el conducto torácico o en el tejido adyacente puede conllevar a quilotórax posoperatorio, además de, cambios fibróticos que conduzcan al dolor de espalda crónico y dolor abdominal.

Dentro de este marco, conviene mencionar el rol del ganglio celiaco, dado que su bloqueo ha sido usado como terapia complementaria a la esplacninectomía en el manejo del dolor; en este sentido cabe destacar el trabajo de Zhang et al. (67), quienes tomaron imágenes de resonancia magnética (IRM) a 65 cadáveres para evaluar su sensibilidad en la ubicación del ganglio celiaco, resultando una identificación en el 94% en T12-L1, con unas dimensiones promedio 21,43 +- 5,53 mm de largo en el lado derecho y 20,02 +- 10,13 mm en el lado izquierdo, ubicación que no presenta variación a lo descrito por Pró (2) y Latarjet (1).

6.5 Duplicación de la cadena simpática

Jacob et al., (41), reportaron una ramificación anómala de la cadena simpática derecha, la cual denominaron cadena simpática accesoria (CSA) que se originaba a nivel del ganglio torácico tres y que atravesaba el diafragma por el pilar derecho para finalizar en el plexo suprarrenal, después de dar ramas para el plexo celíaco. Adicionalmente, reportaron comunicaciones entre la cadena simpática principal y la CSA a niveles de los ganglios simpáticos T9, T10 y T11, diferentes a los nervios esplácnicos mayores, menores o inferiores, y se registró a un nervio como nervio esplácnico mayor que tenía un origen en el ganglio T3; este origen alto, puede conllevar alteraciones vasomotoras de la extremidad superior, cabeza, cuello y vísceras torácicas, dado que un tono vasomotor modificado puede ser responsable de enfermedades como hipertensión esencial, tromboangitis obliterante, síndrome de Raynaud o angina pectoris y es una de las causas infrecuentes de síndrome de Tunel Carpiano y síndrome de Salida Torácica (41).

Años después, esta variación también fue reportada por Atkinson et al. (48), quienes analizaron retrospectivamente 155 pacientes a quienes practicaron simpaticotomías por hiperhidrosis palmar refractaria y reportaron cadenas simpáticas accesorias en 6 de ellos, todas al lado izquierdo, 2 troncos en 3 pacientes y 3 troncos en 3 pacientes.

6.6 Eferencias al corazón

Los nervios destinados al corazón provienen de los ganglios T2 y T5 (41), en este sentido, Pather N., et al (24), caracterizaron en 29 cadáveres (21 fetos, 8 adultos), las contribuciones simpáticas para el corazón mediante cirugía toracoscópica asistida por video (VATS) y de esta forma estudiaron las bases morfológicas de la denervación simpática cardiaca (DSC) como tratamiento del dolor anginoso intratable farmacológicamente, o que no era apto para la revascularización convencional. Ellos documentaron entonces aportaciones de los ganglios cervicales superior, medio y cervico-torácico en un 100% de los casos, y algunas aportaciones de los ganglios torácicos desde el segundo al sexto, por lo que recomendaron que, al realizar dichas simpatectomías, que tradicionalmente se realizan del segundo al cuarto ganglio, no se desconozcan las aportaciones del quinto y sexto ganglio torácicos.

6.7 Hallazgos histológicos

Los reportes histológicos fueron escasos, de los cuales Moya et al. (68), analizaron los ganglios simpáticos T2 Y T3 en pacientes con hiperhidrosis palmar, encontrando inflamación en el 5.5%, cromatólisis en el 61.8% y en un 41.8% depósitos de lipofuscina no asociados a inflamación, esto demuestra envejecimiento y muerte neuronal (18) lo que permite la hipótesis de que la hiperhidrosis es debida a una hiperactividad simpática de las glándulas sudoríparas (68).

Así mismo, existen reportes de anormalidades histológicas en las variaciones anatómicas del simpático torácico, como las reportadas por Pather et al. (24) y Ramsaroop et al (32), que revelan la ausencia de cuerpos de células ganglionares. Distinto de los reportes de Jacob et al. (41), quienes realizaron tinción con H.E. de una cadena simpática accesoria revelando células ganglionares con núcleo y nucléolos prominentes, rodeadas por 5 – 8 células satélite, y escasas fibras nerviosas entre las células ganglionares (67).

7. Conclusiones

- La cadena simpática torácica estuvo presente en el 100% de los casos y se encuentra compuesta por 10 a 12 ganglios, más frecuentemente 11, recibe fibras preganglionares de T2 a T7 y envía fibras posganglionares al miembro superior, tronco, plexos cardiaco, pulmonar, abdominal y pélvico.
- Las fibras simpáticas del miembro superior se originan desde los ganglios cervical medio, cervico-torácico y torácicos superiores, principalmente de T2, T3, y en ocasiones T4.
- Existen duplicaciones y triplicaciones de la cadena simpática.
- La ubicación más común del ganglio cervico-torácico fue el borde infero-lateral de la vértebra C7, proximal al borde supero-lateral de la vértebra T1 (23), frente a la raíz de la apófisis transversa de la séptima vértebra cervical y el cuello de la primera costilla.
- Las relaciones más frecuentes del ganglio cervico-torácico fueron de medial a lateral la vena intercostal suprema, la arteria intercostal superior y la raíz T1 del plexo braquial; cefálico a él la arteria subclavia, y en la región dorsal se encuentra la raíz C8 del plexo braquial
- Las anomalías en la ubicación del segundo ganglio torácico son infrecuentes y corresponde al segundo espacio intercostal, adyacente a la articulación costo-vertebral.
- La fusión del ganglio cervical inferior con el primer ganglio torácico es frecuente y puede predisponer a complicaciones como el síndrome de Horner.
- La identificación del ganglio cervicotorácico es exitosa con ecografía, fluoroscopia y con tomografía axial computarizada con contraste.
- Los números y variaciones anatómicas de los ramos comunicantes fueron superiores en el sistema nervioso simpático superior.
- Hubo considerablemente menor variabilidad en la anatomía del simpático torácico ganglio en niveles inferiores.
- Los ramos comunicantes se extienden a una distancia media de 9.88mm por lo que se recomienda cortar al menos 1 cm lateral para lograr una denervación completa.
- Los ramos comunicantes transcurren más frecuentemente sobre las costillas correspondientes, por lo que se debe realizar la ramicotomía sobre ellas para dividir las posibles ramas comunicantes incluyendo los nervios intercostales, ramos ascendentes y descendentes.
- Es útil caracterizar las ramas comunicantes adicionales (nervio de Kuntz, ramos ascendentes, descendentes) en el segundo, tercero o cuarta costillas en la planificación de un acto quirúrgico.
- Sobre las bases de las variaciones anatómicas de los ramos comunicantes en el sistema simpático superior, los métodos quirúrgicos convencionales

(simpaticotectomía, simpaticotomía y ramicotomía) confinado al nivel deseado resultaría en una denervación incompleta.

- Desde el punto de vista clínico, las variaciones anatómicas podrían explicar los fallos quirúrgicos, como la hiperhidrosis persistente o compensatoria, por lo que es útil conocerlas.
- Los nervios esplácnicos, tanto en su origen, conformación, trayecto y terminación, están sujetos a numerosas variaciones.
- Los nervios esplácnicos torácicos y los ganglios celiacos pueden estar implicados en una serie de situaciones clínicas, en las que el común denominador es el dolor, conocer su ubicación más frecuente permite incidir sobre ellos para proporcionar calidad de vida a pacientes con trastornos del abdomen superior.
- Existen anormalidades histológicas asociadas a las variaciones anatómicas, como inflamación, cromatólisis, depósitos de lipofuscina no asociados a inflamación, ausencia de cuerpos de células ganglionares, lo que pueden indicar envejecimiento y muerte neuronal.
- Se requieren más estudios anatómicos con orientación clínica que busquen una relación directa entre variaciones del sistema nervioso simpático torácico y sintomatología autonómica.

Bibliografía

1. Latarjet M, Ruiz A. Anatomía Humana. 4ª ed. Buenos Aires Argentina: Editorial Panamericana; 2009.
2. Pró A. Anatomía clínica. 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2014
3. Moore K, Dalley A, Anatomía con orientación clínica. 4ª ed. Portland EEUA: Editorial Panamericana; 2001
4. Hemanth K, Swayam J, Bapuji P, Sree Laekha D, Jacintha A. Thoracic Part of sympathetic chain and its branching pattern variations in south indian cadavers. Journal of Clinical and diagnostic Research. 2014; 8 (12): AC09 – AC12. Disponible en: https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/9274.5246
5. Jacob G, Wadhwa S, Paul S, Das S. Variations of thoracic splanchnic nerves and its clinical implications. Int. J. Morphol. 2005; 23 (3): 247-251. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/251070792_Variations_of_Thoracic_Splanchnic_Nerves_and_its_Clinical_Implications
6. Cardona Arias J, Higuita Gutiérrez L, Ríos Osorio L. Ejecución de revisiones sistemáticas y metaanálisis. En Revisiones sistemáticas de la literatura científica: la investigación teórica como principio para el desarrollo de la ciencia básica y aplicada. 1ª ed. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia; 2016. Disponible en: https://ediciones.ucc.edu.co/index.php/ucc/catalog/download/24/38/190-2?inline=1
7. Testut L, Latarjet A. Compendio de Anatomía Descriptiva. 22ª ed. Salvat Editores S. A. Barcelona; 1998.
8. Rouvière H. Delmas A. Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 2. 11ª ed.Editorial Elsevier Masson; 2005.
9. Drake R, Wayne A, Mitchell A. Gray Anatomía Básica. 2 ed. Editorial Elsevier; 2013.
10. Moore K, Dalley A, Agur A. Anatomía con Orientación Clínica. 6ª ed. Lippincitt Williams & Wilkins; 2010.
11. Kierszenbaum A, Tres L. Histología y Biología Celular. Introducción a la anatomía patológica. 3ª ed. Elsevier Saunders; 2012.

12 Histologyguide.com. Atlas virtual de Histología. [Acceso 24 de agosto de 2020] Disponible en: http://www.histologyguide.com/slideview/MH-047-spinal-cord/06-slide-3.html?x=0&y=0&z=-1&page=1

13 Histologyguide.com. Atlas virtual de Histología. [Acceso 24 de agosto de 2020] Disponible en: http://www.histologyguide.com/slideview/MH-059-sympathetic-ganglia/06-slide-1.html?x=9011&y=37874&z=50.0&page=1
14. Moore K, Persaud T, Torchia M. Embriologia Clínica de Moore. 9ª ed. Elsevier; 2013.
15. Carlson B. Embriología Humana y Biología del Desarrollo. 5ª ed. Elsevier Saunders; 2014.
16. Gilbert S, Barresi M. Developmental Biology. 11ª ed. Sinauer Associates; 2016.
17. Avery L, Rotondi M. More comprehensive reporting of methods in studies using respondent driven sampling is required: a systematic review of the uptake of the STROBE-RDS guidelines. Journal of Clinical Epidemiology. 2020; 117: 68-77. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.09.024
18. Cheng Y, Wu H, Kao E. Video-assisted thoracoscopic sympathetic ramicotomy for hyperhidrosis-A way to reduce the complications. Ann Chir Gynaecol. 2001; 90: 172–4. Disponible: https://www.scielo.br/j/rcbc/a/3sDVYkGMWjKp8dFmmL3Vy8r/?format=pdf&lang=en
19. Bouchet. A, Cuilleret. J. Anatomía Descriptiva, Topográfica y Funcional. Tomo de Tórax. 11ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2000.
20. Snell R. Neuroanatomía clínica. 7a ed. EEUU: Editorial Wolters Kluwer Health, S.A. Lippincott Williams & Wilkins; 2014
21. Gardner E, Gray D, Rahilli R. Anatomía de estudio por regiones del cuerpo humano. 3ª ed. Editorial Salvat; 1979
22. Groen G, Baljet B, Boekelaar A, Drukker J. Branches of the thoracic sympathetic trunk in the human fetus. Department of Anatomy and Embryology, University of Amsterdam, the Netherlands; 1987. Disponible en: https://doi.org/10.1007/BF00310082
23. Pather N, Partab P, Singh B, Satyapal K. Cervico-thoracic ganglion: its clinical implications. Clin Anat. 2006; 19 (4): 323-6. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.20214
24. Pather N, Partab P, Singh B, Satyapal K. The sympathetic contributions to the cardiac plexus. Surg Radiol Anat. 2003; 25: 210–5. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00276-003-0113-2
25. Antonetti C, Cañizalez S, Calzadilla I, Lugo R. Variaciones del tronco simpático torácico. Origen y trayecto. Revista de la Sociedad Venezolana de Ciencias Morfológicas. 2011; 17: 19-22. Disponible en : https://www.semanticscholar.org/paper/Variaciones-del-tronco-simp%C3%A1tico-tor%C3%A1cico.-Origen-y-Antonetti-Ca%C3%B1izalez/651e9e89070d8a176a026ea0bc2e010e064864cc

26. Zhang B, Li Z, Yang X, Li G, Wang Y, Cheng J, et al. Anatomical variations of the upper thoracic sympathetic chain. Clin Anat. 2009; 22 (5): 595-600. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.20803

27. Chung I, Oh C, Koh K, Kim H, Paik H, Lee D. Anatomic variations of the T2 nerve root (including the nerve of Kuntz) and their implications for sympathectomy. J Thorac Cardiovasc Surg. 2002; 123 (3): 498-501. Disponible en: https://doi.org/10.1067/mtc.2002.119340

28. Marcer N, Bergmann M, Klie A, Moor B, Djonov V. An anatomical investigation of the cervicothoracic ganglion. Clin Anat. 2012; 25 (4): 444-51. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.21266

29. Kommuru H, Jothi S, Bapuji P, Sree D L, Antony J. Thoracic part of sympathetic chain and its branching pattern variations in South Indian cadavers. J Clin Diagn Res. 2014;8 (12): AC09-12. Disponible en: https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/9274.5246

30. Street E, Ashrafi M, Greaves N, Gouldsborough I, Baguneid M. Anatomic Variation of Rami Communicantes in the Upper Thoracic Sympathetic Chain: A Human Cadaveric Study. Annals of Vascular Surgery. 2016; 34: 243-9. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.avsg.2016.04.001

31. Chaudhry A, Kamali A, Herzka D, Wang K, Carrino J, Blitz A. Detection of the Stellate and Thoracic Sympathetic Chain Ganglia with High-Resolution 3D-CISS MR Imaging. AJNR Am J Neuroradiol. 2018; 39 (8): 1550-1554. Disponible en: https://doi.org/10.3174/ajnr.A5698

32. Ramsaroop L, Partab P, Singh B, Satyapal K. Thoracic origin of a sympathetic supply to the upper limb: the 'nerve of Kuntz' revisited. J Anat. 2001; 199 (Pt 6): 675-82. Disponible en: https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2001.19960675.x

33. Ramsaroop L, Singh B, Moodley J, Partab P, Satyapal K. Anatomical basis for a successful upper limb sympathectomy in the thoracoscopic era. Clin Anat. 2004; 17 (4): 294-9. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.10238

34. Hall John. Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. 12ª ed. Barcelona: Elsevier, 2011.

35. Vanaclocha V, Saiz N, Panta F. Uniportal endoscopic superior thoracic sympathectomy. Neurosurgery. 2000; 46 (4): 924-28. Disponible en: https://doi.org/10.1097/00006123-200004000-00029

36. Reisfeld R, Nguyen R, Pnini A. Endoscopic thoracic sympathectomy for hiperhidrosis: experience with both cauterization and clamping methods. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech. 2002; 42: 255-67. Disponible en: https://doi.org/10.1097/00129689-200208000-00011

37. Lin T, Kuo S, Chou M. Uniportal endoscopic thoracic sympathectomy for treatment of palmar and axillar hyperhidrosis analysis of 2000 cases. Neurosurgery. 2002; 51: 84-7. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12234434/

38. Gossot D, Toledo L, Fritsch S. Thoracoscopic sympathectomy for upper limb hyperhidrosis. Looking for the right operation. Ann Thorac Surg. 1997; 64: 975 – 78. Disponible en: https://doi.org/10.1016/s0003-4975(97)00799-6

39. Wang Y, Sun M, Lin C, Chen Y. Anatomical location of T2-3 sympathetic trunk and Kuntz nerve determined by transthoracic endoscopy. J Neurosurg. 2002; 96 (1 Suppl): 68-72. Disponible en: https://doi.org/10.3171/spi.2002.96.1.0068
40. Lee K, Hwang P. Videoendoscopic sympathectomy for palmar hyperhudrosis. J Neurosurg. 1996; 84: 484 – 86. Disponible en: https://doi.org/10.3171/jns.1996.84.3.0484
41. Jacob T, Wadhwa S, Paul S, Das S. Variations of Thoracic Splanchnic Nerves and its Clinical Implications. Int. J. Morphol. 2005; 23 (3): 247-51. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022005000300010.
42. Cho H, Lee D, Sung S. Anatomical variations of rami communicantes in the upper thoracic sympathetic trunk. Eur J Cardiothorac Surg. 2005; 27 (2): 320-4. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2004.10.057
43. Song Z, Sun M, Wu Z, Xia C. Anatomical study and clinical significance of the rami communicantes between cervicothoracic ganglion and brachial plexus. Clin Anat. 2010; 23 (7): 811-4. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.21008
44. Singh B, Ramsaroop L, Partab P, Moodley J, Satyapal K. Anatomical variations of the second thoracic ganglion. Surg Radiol Anat. 2005; 27(2):119-22. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00276-004-0304-5
45. Lin TS. Video-assisted thoracoscopic "resympathicotomy" for palmar hyperhidrosis: analysis of 42 cases. Ann Thorac Surg. 2001; 72 (3): 895-8. Disponible en: https://doi.org/10.1016/s0003-4975(01)02852-1
46. Kuntz A. Distribution of the sympathetic rami to the brachial plexus: its relation to sympathectomy affecting the upper extremity. *Arch surg.* 1927; 15(6): 871–77. Disponible en: https://www.semanticscholar.org/paper/DISTRIBUTION-OF-THE-SYMPATHETIC-RAMI-TO-THE-PLEXUS%3A-Kuntz/36b858b6822eca562661278eb3811ea3d738eda9
47. Marhold F, Izay B, Zacherl J, Tschabitscher M, Neumayer C. Thoracoscopic and anatomic landmarks of Kuntz's nerve: implications for sympathetic surgery. Ann Thorac Surg. 2008; 86 (5): 1653-8. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2008.05.080

48. Atkinson J, Fode-Thomas N, Fealey R, Eisenach J, Goerss S. Endoscopic transthoracic limited sympathotomy for palmar-plantar hyperhidrosis: outcomes and complications during a 10-year period. Mayo Clin Proc. 2011; 86 (8): 721-729. Disponible en: https://doi.org/10.4065/mcp.2011.0199
49. Shantharam V, Manjunath K, Raveendranath, R. A morphological study of the nerve of Kuntz. *European journal of anatomy. 2012; 16*: 59-67. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/286658950_A_morphological_study_of_the_nerve_of_Kuntz
50. Lai Y. Complications in patients with palmar hyperhidrosis treated with transthoracic endoscopic sympathectomy. Neurosurgery. 1997; 41: 110-5. Disponible en: https://doi.org/10.1097/00006123-199707000-00023

51. Won H, Choi H, Park K. Anatomic variations of the intrathoracic nerves and the neural connections of the second and third thoracic sympathetic ganglia to the brachial plexus. Clin Anat. 2021; 34 (4): 590-95. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.23619
52. McMinn R. Last´s Anatomy Regional and Applied- Revised Edition. 9ª ed. Australia: Churchill Livingstone, 2019
53. Fischer J. Mastery of Surgery, Part VII: The Gastrointestinal Trunk. 5a ed. USA: Walters Kluwer, 2007
54. Splanchnic Nerve Block: Single-Needle Technique.3rd Ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 1987
55. Cicco M. Celiac Plexus. 2ª ed. Oxford: Blackwell Science, 2001
56. O´Connor T. Atlas of Pain Injection Techniques. Splanchnic Nerve Block. 2a ed. USA: Churchill Livingstone, 2013
57. Janfaza P. Surgical Anatomy of the Head and Neck. 1ra ed. Philadelphia: Lippincott William & Wilkins, 2011
58. Naidoo N, Partab P, Pather N, Moodley J, Singh B, Satyapal K. Thoracic splanchnic nerves: implications for splanchnic denervation. J Anat. 2001; 199 (Pt 5): 585-90. Disponible en: https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2001.19950585.x
59. Yang H, Gil Y, Lee W, Kim T, Lee H. Anatomy of thoracic splanchnic nerves for surgical resection. Clin Anat. 2008; 21 (2): 171-7. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.20599
60. Loukas M, Klaassen Z, Merbs W, Tubbs R, Shane G, Jerzy Z, et al. A Review of the Thoracic Splanchnic Nerves and Celiac Ganglia. Clinical anatomy. 2010; 23: 512-22. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.20964
61. Gest T, Hildebrandt S. The pattern of the thoracic splanchnic nerves as they pass through the diaphragm. Clin Anat. 2009; 22 (7): 809-14. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.20856
62. Khelif K, Scaillon M, Govaerts M, Vanderwinden J, De Laet M. Bilateral thoracoscopic splanchnicectomy in chronic intestinal pseudo-obstruction: Report of two paediatric cases. Gut. 2007; 55: 293–94. Disponible en: https://doi.org/10.1136/gut.2005.082024
63 Lang L, Le F, Riquet M. Videothoracoscopic splanchnicectomy for intractable pain from adrenal metastasis. Ann Thorac Surg. 2002; 73: 1290–92. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0003-4975(01)03237-4

64. Pietrabissa A, Vistoli F, Carobbi A, Boggi U, Bisa M, Mosca F. Thoracoscopic splanchnicectomy for pain relief in unresectable pancreatic cancer. Arch Surg. 2000; 135: 332–35. Disponible en: https://doi.org/10.1001/archsurg.135.3.332
65. Leksowski K. Thoracoscopic splanchnicectomy for the relief of pain due to chronic pancreatitis. Surg Endosc. 2001; 15: 592-96. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s004640090031
66. Krishna S, Chang V, Shoukas J, Donahoo J. Video-assisted thoracoscopic sympathectomy-splanchnicectomy for pancreatic cancer pain. J Pain Symptom Manage. 2001; 22: 610-16. Disponible en : https://doi.org/10.1016/s0885-3924(01)00297-4
67. Zhang X, Zhao Q, Zeng N, Cai C, Xie X, Li C, et al. The celiac ganglia: anatomic study using MRI in cadavers. AJR Am J Roentgenol. 2006; 186 (6): 1520-3. Disponible en: https://doi.org/10.2214/AJR.04.1765
68. Moya J, Ramos R, Prat J, Morera R, Bernat, Villalonga R, et al. Cambios anatomopatológicos observados en los ganglios simpáticos de pacientes intervenidos de hiperhidrosis palmar-axilar. Estudio de 55 muestras. Arch Bronconeumol. 2003; 39 (3): 115 – 7. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0300-2896(03)75337-X
69. Won H, Choi H, Park K. Anatomic variations of the intrathoracic nerves and the neural connections of the second and third thoracic sympathetic ganglia to the brachial plexus. Clin Anat. 2021; 34 (4):590-95. Disponible en: https://doi.org/10.1002/ca.23619
70. Ramsaroop L, Singh B, Moodley J, Partab P, Pather N, Satyapal K. A thoracoscopic view of the nerve of Kuntz. Surg Endosc. 2003; 17 (9): 1498. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00464-002-4555-0
71. Lin TS. Video-assisted thoracoscopic "resympathicotomy" for palmar hyperhidrosis: analysis of 42 cases. Ann Thorac Surg. 2001; 72 (3): 895-8. Disponible en: https://doi.org/10.1016/s0003-4975(01)02852-1
72. Osuna E, Patiño G. Neuroanatomía 2. Funcional y clínica. 1ª ed. Bogotá. Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia; 2019.
73. Bruel A, Christensen E, Tranum-Jensen J, Qvortrup K, Geneser F. Geneser Histología. 4ª ed. México. D.F.: Editorial Panamericana, 2014
74. Netter F. Atlas de Anatomía Humana. 5ª Ed. Editorial Elsevier. España. 2011
75. Farlex Partner Medical Dictionary. (2012). Retrieved December 17 2021 from https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/imus
76. Lowe J, Anderson P. Histología Humana. 4ª ed. Barcelona. España. Elsevier. 2015.