

SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO (SNP)

Página del curso: <https://neuroamg.com/>

Rama sensitiva: <https://youtu.be/qm6xPF9U55E?si=VBzpDA6xinuFA-7s>

Rama motora: https://youtu.be/Jlq_frUZ7ZQ?si=D_vnwMQ0CdP2gwMm

El nervio periférico: https://youtu.be/PanPfP0Cq1I?si=uMrVI_-5J4wldyfW

Nervios craneales: https://youtu.be/3F7K2_vcEPw?si=aMSWJrHgLTsyFC0p

Plexo braquial: https://youtu.be/8a6O2_eKBRA?si=1IOnYedex8z0IEWK

Plexo lumbosacro: <https://youtu.be/3TkkWoaFcW0?si=0TNvuEdT5hJ9AMqV>

Sistema nervioso autónomo: https://youtu.be/IT_m38nY9A0?si=HcdyLhxiKYEh5NpK

Definición y concepto general

El sistema nervioso periférico representa la red de comunicación que se extiende más allá de los límites anatómicos del sistema nervioso central, funcionando como un complejo entramado de conexiones que vincula el cerebro y la médula espinal con cada rincón del organismo. Esta división del sistema nervioso constituye el puente que permite la integración funcional entre el centro de control neural y los órganos efectores, estableciendo una comunicación bidireccional constante que resulta esencial para la supervivencia y adaptación del organismo.

Imaginar el sistema nervioso periférico como una red de telecomunicaciones altamente sofisticada resulta particularmente útil para comprender su función. Al igual que los cables de fibra óptica transportan información digital a través de vastas distancias, los componentes del sistema nervioso periférico transmiten información neural codificada en forma de impulsos eléctricos, conectando efectivamente el "centro de procesamiento" representado por el sistema nervioso central con los "terminales" ubicados en músculos, glándulas y órganos sensoriales distribuidos por todo el cuerpo.

Arquitectura componencial

La estructura del sistema nervioso periférico se fundamenta en dos elementos principales que trabajan de manera coordinada para garantizar la transmisión eficiente de la información neural. Los **nervios** constituyen las autopistas principales de esta red de comunicación, funcionando como cables biológicos especializados en la conducción de señales eléctricas entre el sistema nervioso central y los tejidos periféricos. Estos se clasifican anatómicamente en nervios craneales, que emergen directamente del encéfalo y nervios espinales, que se originan de la médula espinal en treinta y un pares segmentarios.

Los **ganglios** representan el segundo componente estructural fundamental, funcionando como centros de procesamiento y retransmisión distribuidos a lo largo del sistema nervioso periférico. Estas agrupaciones de cuerpos neuronales localizadas fuera del sistema nervioso central actúan como estaciones de relay inteligentes, donde la información neural puede ser procesada, modificada y redirigida según las necesidades fisiológicas específicas. La localización de estos ganglios permite una respuesta neural más rápida y localizada, reduciendo el

tiempo de latencia en los circuitos reflejos y optimizando la eficiencia del procesamiento de la información sensorial y motora.

División funcional

La organización funcional del sistema nervioso periférico refleja una especialización evolutiva que permite al organismo manejar simultáneamente tanto las actividades conscientes como los procesos automáticos vitales. Esta división se estructura en tres sistemas principales, cada uno con características distintivas y funciones complementarias.

El **sistema nervioso somático** gobierna las interacciones conscientes del organismo con su entorno, controlando tanto la recepción de información sensorial como la ejecución de movimientos voluntarios. Su **rama sensitiva** funciona como un sistema de monitoreo continuo que recopila información del mundo externo e interno a través de receptores especializados, transmitiendo esta información hacia el sistema nervioso central para su procesamiento e integración. Simultáneamente, su **rama motora** ejecuta las decisiones conscientes generadas en los centros superiores, transmitiendo comandos precisos hacia la musculatura esquelética para producir movimientos coordinados y dirigidos hacia objetivos específicos.

El **sistema nervioso autónomo** opera como el regulador maestro de las funciones vitales inconscientes, manteniendo la homeostasis corporal a través de un control constante y automático de los órganos internos. Esta división se caracteriza por su capacidad de funcionar independientemente de la voluntad consciente, ajustando continuamente parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la respiración y la actividad digestiva en respuesta a las demandas cambiantes del organismo.

Dentro del sistema nervioso autónomo, el **sistema nervioso simpático** actúa como el mecanismo de preparación para situaciones de emergencia, orquestando la respuesta de "lucha o huida" que optimiza el rendimiento físico en situaciones de estrés o peligro. Durante su activación, este sistema incrementa la frecuencia cardíaca, dilata las pupilas, estimula la liberación de glucosa, y redirige el flujo sanguíneo hacia los músculos esqueléticos, preparando efectivamente al organismo para una respuesta física intensa.

En contraste, el **sistema nervioso parasimpático** promueve el estado de "descanso y digestión", facilitando los procesos de recuperación, crecimiento y mantenimiento tisular. Su activación resulta en la reducción de la frecuencia cardíaca, la constricción pupilar, el incremento de la actividad digestiva y la promoción de funciones anabólicas que contribuyen a la restauración y conservación de la energía corporal.

El **sistema nervioso entérico** constituye una división especializada que merece reconocimiento como el "segundo cerebro" del organismo, debido a su capacidad para controlar independientemente las funciones del tracto digestivo. Este sistema posee una complejidad neural considerable, conteniendo aproximadamente el mismo

número de neuronas que la médula espinal, y puede coordinar patrones complejos de motilidad intestinal, secreción enzimática y flujo sanguíneo digestivo sin requerir input directo del sistema nervioso central.

Arquitectura del nervio periférico

La estructura del nervio periférico representa una obra de ingeniería biológica, donde cada componente ha sido optimizado evolutivamente para garantizar la transmisión eficiente, rápida y confiable de la información neural a través de distancias considerables dentro del organismo.

Los **axones** constituyen los elementos conductores fundamentales, funcionando como cables biológicos altamente especializados para la propagación de impulsos eléctricos. Estas prolongaciones neuronales pueden extenderse desde milímetros hasta más de un metro de longitud, manteniendo su capacidad de conducción eléctrica a lo largo de toda su extensión. La integridad estructural y funcional del axón resulta crítica para el funcionamiento del nervio, ya que cualquier interrupción en su continuidad puede resultar en la pérdida completa de la función neural en el territorio inervado.

La **mielina** representa una innovación evolutiva que revolucionó la eficiencia de la transmisión neural. Esta sustancia lipoproteica, de aspecto blanquecino y consistencia grasa, envuelve los axones formando una cubierta aislante multilaminar que incrementa dramáticamente la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos. La estructura de la mielina no es continua, sino que se interrumpe regularmente en sitios específicos denominados **nodos de Ranvier**, creando un patrón que permite la conducción saltatoria. En estos nodos, el impulso eléctrico se regenera y amplifica, saltando efectivamente de un nodo al siguiente, lo que resulta en velocidades de conducción que pueden superar los 120 metros por segundo en las fibras más grandes y mielinizadas.

Las **células de Schwann**, también conocidas como neurilemocitos, constituyen los creadores de la mielinización en el sistema nervioso periférico. Cada célula de Schwann establece una relación íntima con un segmento específico de axón, envolviendo repetidamente su membrana alrededor del mismo para formar las capas concéntricas de mielina. Este proceso de mielinización no solo incrementa la velocidad de conducción, sino que también proporciona soporte metabólico al axón y facilita los procesos de regeneración neural cuando ocurren lesiones.

La organización fascicular representa el siguiente nivel de complejidad estructural, donde múltiples axones mielinizados se agrupan en haces denominados **fascículos nerviosos**. Esta organización fascicular no es aleatoria, sino que refleja la organización funcional del nervio, donde axones con destinos anatómicos similares o funciones relacionadas tienden a agruparse dentro del mismo fascículo. Un nervio periférico típico contiene múltiples fascículos, cuyo número y tamaño varían según la complejidad funcional y el territorio de inervación del nervio específico.

El sistema de vainas de tejido conectivo proporciona protección mecánica, soporte estructural y compartimentalización funcional al nervio periférico. El **epineuro** constituye la capa más externa y robusta,

formando una vaina resistente que envuelve todo el nervio y lo protege de fuerzas mecánicas externas. Esta estructura conectiva contiene fibras colágenas densas que proporcionan resistencia tensil y previenen el estiramiento excesivo del nervio durante los movimientos corporales.

El **perineuro** rodea cada fascículo individual, creando compartimentos funcionalmente aislados dentro del nervio. Esta vaina especializada no solo proporciona soporte mecánico, sino que también actúa como una barrera selectiva que regula el intercambio de sustancias entre el interior del fascículo y el entorno circundante, contribuyendo al mantenimiento de un microambiente óptimo para la función axonal.

El **endoneuro** representa la capa más delicada e íntima, envolviendo directamente cada axón individual dentro del fascículo. Esta estructura fina pero crucial proporciona soporte estructural directo a los axones, facilita el intercambio metabólico y crea un marco de soporte para los procesos de regeneración axonal cuando estos son necesarios.

La vascularización neural constituye un componente vital pero frecuentemente subestimado de la arquitectura del nervio periférico. Una red intrincada de pequeños vasos sanguíneos penetra a través de las vainas conectivas, distribuyendo oxígeno y nutrientes esenciales a todos los componentes celulares del nervio. Esta red vascular debe mantener un suministro constante y adecuado, ya que el tejido neural presenta una de las demandas metabólicas más altas del organismo, y cualquier compromiso en el aporte sanguíneo puede resultar en disfunción neural rápida y potencialmente irreversible.

Dermatomas: mapas sensoriales del cuerpo humano

Los **dermatomas** representan uno de los conceptos más útiles de la neuroanatomía, constituyendo áreas específicas de la piel que reciben inervación sensorial exclusivamente de una única raíz nerviosa espinal. Esta organización segmentaria refleja el patrón de desarrollo embrionario del sistema nervioso, donde cada segmento de la médula espinal establece conexiones específicas con territorios cutáneos predeterminados.

La distribución dermatomal sigue un patrón ordenado y predecible que se extiende desde el vértice cefálico hasta las extremidades distales, creando un mapa corporal que refleja la organización segmentaria de la médula espinal. Este arreglo sistemático constituye la base fundamental para la localización neurológica y el diagnóstico diferencial en la práctica clínica. Cada uno de los treinta y un pares de nervios espinales contribuye a este mosaico sensorial, estableciendo territorios que, aunque distintos, mantienen cierta continuidad topográfica que facilita la interpretación clínica.

La organización cervical inerva principalmente la región cefálica, cervical y las extremidades superiores, mientras que los segmentos torácicos forman bandas horizontales que circundan el tronco de manera ordenada. Los

segmentos lumbares y sacros se encargan de la innervación de las extremidades inferiores y la región perineal, respectivamente.

Relevancia clínica y aplicaciones diagnósticas

La importancia clínica de los dermatomas trasciende el ámbito académico para convertirse en una herramienta diagnóstica. Cuando un paciente presenta alteraciones sensoriales como hipoestesia, anestesia, disestesia o dolor neuropático en un patrón dermatomal específico, el clínico puede inferir el nivel anatómico de la lesión en la médula espinal o en la raíz nerviosa correspondiente.

El **herpes zóster** ejemplifica la utilidad clínica de los dermatomas. Esta reactivación del virus varicela-zóster típicamente afecta un dermatoma unilateral específico, produciendo erupciones vesiculares dolorosas que siguen los límites del territorio dermatomal afectado. La distribución característica de las lesiones no solo confirma el diagnóstico, sino que también permite identificar qué ganglio de la raíz dorsal alberga el virus latente.

En el ámbito anestesiológico y quirúrgico, el conocimiento preciso de la distribución dermatomal resulta fundamental para la planificación y ejecución de bloqueos nerviosos regionales. Los anestesiólogos utilizan esta información para determinar el nivel apropiado de intervención en anestias espinales y epidurales, asegurando cobertura anestésica adecuada del campo quirúrgico mientras minimizan los efectos adversos en territorios no involucrados.

Las lesiones traumáticas que resultan en déficits sensoriales dermatómicos proporcionan información valiosa sobre la localización y extensión del daño neurológico. Un patrón de pérdida sensorial que respeta estrictamente los límites dermatómicos sugiere lesión de la raíz nerviosa, mientras que patrones que cruzan múltiples dermatomas pueden indicar lesiones del cordón espinal o de estructuras nerviosas más proximales.

Ejemplos clínicamente relevantes

Ciertos dermatomas han adquirido importancia especial en la práctica clínica debido a su utilidad como referencias anatómicas y puntos de evaluación neurológica. El **dermatoma C6** incluye el pulgar y se extiende por la superficie radial del antebrazo y brazo, constituyendo un indicador crucial para evaluar la integridad de las raíces nerviosas cervicales inferiores en pacientes con radiculopatías cervicales o lesiones del plexo braquial.

Los **dermatomas torácicos T4 y T10** representan landmarks anatómicos fundamentales en la evaluación neurológica, correspondiendo aproximadamente al nivel del pezón y el ombligo, respectivamente. Estos puntos de referencia permiten una estimación rápida del nivel de lesión en pacientes con trauma raquímedular y son cruciales para monitorizar la progresión de déficits neurológicos en condiciones como la mielitis transversa o los tumores espinales.

En las extremidades inferiores, el **dermatoma L4** abarca la superficie anterior del muslo y la porción medial de la pierna, mientras que **L5** inerva el dorso del pie, incluyendo el espacio entre el primer y segundo dedos. El **dermatoma S1** se distribuye por la superficie posterior del muslo, la región lateral de la pierna y la planta del pie, constituyendo un patrón frecuentemente afectado en las radiculopatías lumbosacras.

Un aspecto en la interpretación clínica de los dermatomas es el reconocimiento de la superposición entre territorios adyacentes, fenómeno que proporciona redundancia funcional y protección contra la pérdida sensorial completa tras lesiones de raíces nerviosas individuales. Esta superposición, que puede extenderse varios centímetros en las zonas de transición, explica por qué las lesiones de raíces nerviosas únicas frecuentemente resultan en déficits sensoriales menos extensos que los predichos por los mapas dermatómicos clásicos.

Miotomas: arquitectura motora segmentaria

Los **miotomas** son el equivalente motor de los dermatomas. Representan grupos de fibras musculares que reciben inervación motora de una única raíz nerviosa espinal. Esta organización segmentaria refleja el patrón embriológico del desarrollo muscular y la distribución de las motoneuronas, lo que permite la localización precisa de lesiones neurológicas motoras.

A diferencia de los dermatomas, que son territorios cutáneos discretos, los miotomas involucran múltiples músculos que contribuyen a movimientos relacionados. Esta organización refleja la complejidad del control motor, donde los movimientos coordinados requieren la activación sincronizada de grupos musculares interconectados. La distribución miotómica sigue un patrón cefalocaudal: los miotomas cervicales controlan las extremidades superiores, los torácicos el tronco y la respiración, y los lumbosacros las extremidades inferiores y el control esfinteriano.

Los miotomas son usados en la evaluación neurológica, permitiendo la localización precisa de lesiones motoras. Cuando un paciente presenta debilidad o parálisis que sigue un patrón miotómico específico, el clínico puede inferir el nivel de lesión en la médula espinal o la raíz nerviosa afectada. La evaluación miotómica es parte integral del examen neurológico estándar, complementando la evaluación sensorial dermatomal. La combinación de déficits motores y sensoriales que siguen patrones segmentarios ayuda a diferenciar entre lesiones de raíces nerviosas, lesiones del cordón espinal y patologías de nervios periféricos. En el contexto de un trauma raquímedular, la evaluación miotómica determina el nivel y la completitud del daño neurológico, lo que es clave para el pronóstico y el potencial de recuperación.

Ejemplos clínicos relevantes

Cada nivel segmentario contribuye a funciones motoras específicas que se pueden evaluar: el **miotoma C5** controla la flexión del codo (bíceps braquial); el **C6**, la extensión de la muñeca; el **C7**, la extensión del codo (tríceps braquial);

el **T1**, la extensión de los dedos de la mano; el **L2**, la flexión de la cadera; el **L3**, la extensión de la rodilla (cuádriceps femoral); el **L5**, la extensión del dedo gordo del pie; y el **S1**, la flexión plantar del pie.

Los miotomas presentan superposición funcional, lo que significa que la mayoría de los músculos reciben innervación de múltiples raíces nerviosas. Esto explica por qué las lesiones de una sola raíz nerviosa suelen resultar en debilidad parcial, no en parálisis completa. La debilidad motora significativa generalmente requiere lesión de múltiples raíces nerviosas o una lesión a nivel del cordón espinal. La comprensión de esta redundancia es crucial para el pronóstico y la rehabilitación.

Respuesta neural a las lesiones: mecanismos de daño y reparación

La respuesta del tejido nervioso periférico a las lesiones sigue patrones predecibles que reflejan tanto sus limitaciones como su potencial regenerativo. Comprender estos procesos es fundamental para predecir el pronóstico funcional y planificar terapias adecuadas.

La **desmielinización** es a menudo la primera respuesta a una lesión nerviosa, que puede ser causada por trauma, compresión, isquemia o inflamación. La pérdida de mielina reduce la velocidad de conducción del impulso nervioso y puede bloquear por completo la transmisión, causando déficits funcionales. Si el daño axonal es mínimo, los déficits pueden ser reversibles.

Cuando el daño afecta el axón, se activa la **degeneración walleriana**, un proceso de limpieza celular que prepara el nervio para una posible regeneración. Durante este proceso, el segmento axonal distal a la lesión se degenera, mientras que las células de Schwann proliferan, se fagocitan los restos celulares y crean un entorno favorable para la regeneración.

Mecanismos de regeneración neural

La regeneración axonal en el sistema nervioso periférico es un proceso notable que avanza a una velocidad de aproximadamente un milímetro por día en condiciones óptimas. Requiere la integridad del **tubo endoneural**, que actúa como una guía física para que el axón crezca hacia sus objetivos originales.

Las **células de Schwann** son protagonistas en la regeneración. No solo proporcionan soporte físico formando las columnas de Büngner que guían el crecimiento axonal, sino que también secretan factores neurotróficos que promueven la supervivencia y el crecimiento de la neurona. La efectividad de la regeneración depende de la preservación de estas estructuras de soporte y de la rapidez con la que el axón restablece el contacto con su destino.

La calidad de la recuperación funcional no solo depende de la velocidad de crecimiento, sino también de la precisión con la que los axones reinervan sus objetivos. Una **reinervación errónea**, donde los axones motores inervan

músculos inapropiados o los sensoriales se conectan de manera incorrecta, puede resultar en una recuperación funcional subóptima.

Clasificaciones de las lesiones nerviosas

Existen dos clasificaciones principales para categorizar las lesiones nerviosas según el grado de daño estructural y el pronóstico.

Clasificación de Seddon

- **Neuropraxia:** Es el grado más leve, una interrupción temporal de la conducción del impulso sin daño estructural del axón. Se debe a compresión o isquemia transitoria y es completamente reversible. No hay degeneración walleriana, y la recuperación funcional completa es la norma.
- **Axonotmesis:** Hay daño axonal con preservación de las estructuras de soporte (mielina y tubo endoneural). Se desencadena la degeneración walleriana, pero la regeneración axonal es posible y dirigida. El pronóstico es favorable, aunque la recuperación puede ser lenta.
- **Neurotmesis:** Es la forma más severa, con ruptura completa del nervio y sus estructuras de soporte. Generalmente requiere cirugía, y el pronóstico de una recuperación funcional completa es reservado debido a la dificultad de lograr una alineación precisa y la reinervación errónea.

Clasificación de Sunderland

Esta clasificación expande la de Seddon con cinco grados para mayor precisión:

- **Grado I y Grado II** corresponden a la neuropraxia y la axonotmesis de Seddon, respectivamente.
- **Grado III** implica daño axonal y ruptura de la mielina, pero el tubo endoneural se preserva. Puede haber una recuperación funcional parcial con cierta reinervación errónea.
- **Grado IV** describe daño en el axón, la mielina y el tubo endoneural, aunque el epineuro está intacto. El pronóstico es incierto y a menudo requiere exploración quirúrgica.
- **Grado V** equivale a la neurotmesis de Seddon, con la ruptura completa del nervio. El pronóstico es reservado y la cirugía es necesaria.

La clasificación de Sunderland permite una evaluación más detallada de las lesiones parciales y guía la toma de decisiones terapéuticas con mayor precisión.

Nervios de gran relevancia clínica

El conocimiento de la anatomía y función de los nervios periféricos es un pilar de la práctica clínica en neurología y otras especialidades. Cada nervio es una "autopista" de información que conecta el sistema nervioso central con músculos y piel, y su daño produce patrones de disfunción característicos. Los nervios que se detallan a continuación fueron seleccionados por su frecuente implicación en patologías y la distintiva naturaleza de sus síndromes de lesión.

Nervio axilar: la abducción del hombro

El **nervio axilar** es crucial para la biomecánica del hombro. Es vulnerable a lesiones traumáticas, como las luxaciones del hombro y las fracturas del húmero. Su función motora principal es inervar el músculo **deltoides**, que es el abductor principal del brazo, y el redondo menor. La lesión del nervio axilar provoca una incapacidad para abducir el brazo más allá de los primeros grados, lo que se compensa con movimientos del tronco. La pérdida sensorial asociada se limita a una zona sobre el deltoides, conocida como el "parche del regimiento", confirmando el diagnóstico.

Nervio musculocutáneo: flexor primario del codo

El **nervio musculocutáneo** controla un grupo de músculos que trabajan en sinergia para los movimientos del brazo. Inerva el coracobraquial, el **bíceps braquial** (flexor primario del codo y supinador potente) y el braquial anterior. La lesión de este nervio causa debilidad en la flexión del codo y una pérdida de supinación. Los pacientes compensan usando el braquiorradial para la flexión. Su componente sensorial se distribuye en la piel de la superficie radial del antebrazo.

Nervio radial: el extensor maestro

El **nervio radial** es el nervio más largo del miembro superior y es responsable de casi toda la función extensora del brazo, antebrazo y mano. Su trayecto en el húmero lo hace vulnerable a fracturas. La lesión de este nervio produce la clásica "mano caída" o "mano en gota", una condición donde la mano cae en flexión palmar. Los pacientes son incapaces de extender la muñeca, los dedos o el pulgar, lo que compromete gravemente la fuerza de agarre. El territorio sensorial del nervio radial se encuentra principalmente en el dorso de la mano, entre el pulgar y el índice (la "tabaquera anatómica").

Nervio mediano: la habilidad manual

El **nervio mediano**, conocido como el "nervio de la habilidad manual", controla los músculos que permiten la oposición del pulgar y la manipulación fina. Es el nervio más afectado en el síndrome del túnel carpiano. Inerva la mayoría de los músculos flexores del antebrazo y los músculos tenares en la mano, esenciales para la oposición del pulgar. Las lesiones proximales pueden causar la "mano de predicador", donde el paciente no puede flexionar los dedos índice y medio. Las lesiones distales, como en el síndrome del túnel carpiano, afectan la oposición del pulgar, la manifestación más incapacitante. El territorio sensorial del nervio mediano incluye la superficie palmar del pulgar, índice, medio y parte del anular, así como las puntas de estos dedos.

Nervio ulnar: la fuerza de agarre

El **nervio ulnar** es fundamental para la fuerza y estabilidad del agarre. Su ubicación en el codo lo hace susceptible a neuropatías por atrapamiento. En el antebrazo, inerva músculos que contribuyen a la flexión del carpo hacia el lado ulnar y la flexión de los dedos anular y meñique. En la mano, inerva la mayoría de los músculos intrínsecos, cruciales para la fuerza de agarre. La lesión del nervio ulnar produce la "mano en garra", una deformidad donde

los dedos anular y meñique se hiperextienden en las articulaciones metacarpofalángicas. Esta disfunción debilita el agarre de fuerza y la capacidad de realizar movimientos finos. El signo de Froment es una prueba clínica distintiva, y la pérdida sensorial en el meñique y la mitad del anular confirma la lesión.

El conocimiento detallado de la anatomía de los nervios de las extremidades inferiores es clave para el diagnóstico y tratamiento de diversas patologías. Cada nervio tiene un patrón de inervación característico que, al ser comprometido, produce un cuadro clínico específico. A continuación, se describen algunos de los nervios más importantes de esta región.

Nervio femorocutáneo lateral: un caso especial

El nervio femorocutáneo lateral es un nervio exclusivamente sensitivo. Su función es dar sensibilidad a la piel de la parte anterior y lateral del muslo. Es susceptible a una condición conocida como meralgia parestésica, causada por el atrapamiento del nervio al pasar por debajo del ligamento inguinal. Esta neuropatía sensitiva pura provoca síntomas molestos como ardor y entumecimiento en su distribución, que a menudo empeoran al estar de pie por mucho tiempo. Este nervio sirve como un modelo para entender las neuropatías por atrapamiento en otras partes del cuerpo.

Nervio obturador: el aductor silencioso

El nervio obturador es menos conocido, pero es funcionalmente importante. Controla los músculos aductores del muslo, que son fundamentales para la estabilidad pélvica y la marcha. Las lesiones en este nervio son poco frecuentes, pero pueden causar déficits funcionales sutiles. La debilidad en la aducción del muslo puede manifestarse como un patrón de marcha alterado, donde el paciente circunduce la pierna. La pérdida sensorial es mínima y se limita a una pequeña área en la superficie medial del muslo, por lo que a menudo pasa desapercibida.

Nervio femoral: el extensor de la rodilla

El nervio femoral es crucial para la estabilidad postural y la locomoción. Controla el músculo cuádriceps femoral, el principal extensor de la rodilla. Las lesiones de este nervio pueden causar una discapacidad significativa, como dificultad para caminar, subir escaleras e inestabilidad de la rodilla. Los pacientes suelen compensar usando la extremidad superior para ayudarse a levantarse. La pérdida sensorial del nervio se extiende a la superficie anterior y medial del muslo, así como a la porción medial de la pierna a través de su rama, el nervio safeno.

Nervio ciático: el gigante de la extremidad inferior

El nervio ciático es el nervio más grande del cuerpo y tiene la distribución funcional más extensa. Es responsable de casi toda la función motora de la pierna y el pie. Está formado por dos divisiones principales: el nervio tibial y el nervio peroneo común. En el muslo, inerva los músculos isquiotibiales. A través de sus divisiones, controla todos los músculos de la pierna y el pie. Las lesiones completas proximales provocan la pérdida casi total de la función motora distal a la rodilla, resultando en un "pie caído" severo. Las lesiones parciales pueden afectar selectivamente las divisiones tibial o peronea.

La ciatalgia, o dolor ciático, es una de las manifestaciones más comunes de la irritación o compresión del nervio ciático, a menudo causada por una hernia discal. El dolor se irradia desde la zona lumbar o glútea hacia la pierna. El estudio de este nervio es vital, ya que su accesibilidad lo hace un objetivo para bloqueos anestésicos y su regeneración requiere técnicas quirúrgicas complejas.

El estudio de estos nervios ilustra principios fundamentales de la neurología. La anatomía determina la función, y las lesiones producen patrones de disfunción predecibles. Un enfoque sistemático en el examen clínico, que combine el conocimiento anatómico con técnicas específicas, es esencial para un diagnóstico preciso. El pronóstico y el tratamiento dependen de factores como la localización y la severidad de la lesión, la edad del paciente y la prontitud del diagnóstico. Comprender estos principios es la base para tomar decisiones clínicas informadas y optimizar los resultados para los pacientes.

El sistema nervioso autónomo: el regulador invisible

El **sistema nervioso autónomo** (SNA) es la red neural que coordina las funciones viscerales de manera inconsciente, manteniendo la homeostasis. A diferencia del sistema nervioso somático, que controla los movimientos voluntarios, el SNA opera de forma automática, regulando la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la respiración y la digestión. Su disfunción puede influir profundamente en la respuesta emocional, la adaptación al estrés y la susceptibilidad a patologías, lo que hace su comprensión crucial para la práctica médica.

Arquitectura dual: simpático y parasimpático en la clínica

La división del SNA en los sistemas simpático y parasimpático no es solo un concepto teórico; tiene profundas implicaciones clínicas.

- El **sistema simpático**, nuestra respuesta de "lucha o huida", prepara al cuerpo para la acción. Clínicamente, su activación excesiva se observa en condiciones como el **síndrome de taquicardia postural ortostática (POTS)**, donde los pacientes experimentan un aumento anormal de la frecuencia cardíaca al levantarse, acompañado de mareo y fatiga.
- El **sistema parasimpático**, o división de "descanso y digestión", promueve la restauración de energía. Su predominio se puede observar, por ejemplo, en la **bradicardia vagal** que ocurre tras un golpe en el abdomen o en el síncope neurocardiogénico, donde una respuesta parasimpática exagerada causa una caída súbita de la frecuencia cardíaca y la presión arterial, llevando a la pérdida de conciencia.

El entendimiento de esta dualidad es fundamental para interpretar los signos vitales y los síntomas del paciente.

Neuroanatomía del sistema nervioso simpático

Organización segmentaria toracolumbar

El sistema simpático emerge de la médula espinal siguiendo un patrón segmentario preciso que abarca desde el primer segmento torácico hasta el segundo o tercer segmento lumbar. Esta distribución toracolumbar no es casual;

refleja la necesidad evolutiva de controlar órganos vitales ubicados en las cavidades torácica y abdominal superior. Los cuerpos celulares de las neuronas preganglionares simpáticas residen en la columna intermedio-lateral de la sustancia gris medular, formando una columna celular continua que se extiende a lo largo de estos segmentos. Cada neurona preganglionar simpática presenta características morfológicas distintivas: un soma relativamente pequeño con dendritas cortas que reciben aferencias de centros supraespinales, particularmente del hipotálamo y del tronco encefálico. Sus axones mielinizados abandonan la médula espinal a través de las raíces ventrales y se incorporan transitoriamente a los nervios espinales antes de separarse como ramos comunicantes blancos.

Arquitectura ganglionar: cadena simpática y ganglios colaterales

La cadena ganglionar simpática constituye una estructura bilateral que se extiende desde la base del cráneo hasta el cóccix, estableciendo una red de comunicación paravertebral. Esta cadena no es meramente una serie de estaciones de relevo; representa un sistema integrado de procesamiento neural que permite convergencia, divergencia y modulación de las señales simpáticas.

Los ganglios paravertebrales se organizan en tres regiones funcionales. Los ganglios cervicales superiores, medios e inferiores controlan la inervación simpática de la cabeza, cuello y región torácica superior. Los ganglios torácicos procesan información destinada a órganos intratorácicos, mientras que los ganglios lumbares y sacros regulan funciones abdominopélvicas.

Los ganglios colaterales o prevertebrales constituyen una segunda categoría funcional ubicada anterior a la columna vertebral, íntimamente asociados con las principales arterias abdominales. El ganglio celíaco, los ganglios mesentéricos superior e inferior, y el ganglio aórticorrenal procesan información simpática destinada específicamente a órganos abdominales. Esta organización permite un control más refinado y especializado de las vísceras abdominales.

Patrones de conectividad: convergencia y divergencia

La organización sináptica del sistema simpático revela principios de amplificación y especificidad. Una neurona preganglionar típica establece sinapsis con múltiples neuronas posganglionares, creando un patrón de divergencia que permite la activación simultánea de múltiples efectores. Esta arquitectura resulta particularmente evidente en situaciones de estrés, donde la activación simpática masiva coordina respuestas sistémicas.

Sin embargo, esta aparente generalización se matiza por patrones específicos de conectividad. Las neuronas preganglionares que inervan la médula adrenal mantienen una relación uno a uno con células cromafines especializadas, preservando la especificidad química de la respuesta. De manera similar, las neuronas destinadas al control de funciones pilomotoras y sudoríparas mantienen patrones de conectividad más restrictivos.

Neurotransmisión simpática: diversidad química

La transmisión sináptica en el sistema simpático emplea principalmente acetilcolina en las sinapsis preganglionares, actuando sobre receptores nicotínicos neuronales. Esta uniformidad química en las sinapsis ganglionares contrasta con la diversidad neurotransmisora en las terminaciones posganglionares.

La mayoría de las terminaciones posganglionares simpáticas liberan noradrenalina, que activa receptores adrenérgicos alfa y beta en los tejidos diana. Sin embargo, existen excepciones funcionalmente significativas: las glándulas sudoríparas ecrinas reciben innervación simpática colinérgica, y la médula adrenal recibe innervación directa de fibras preganglionares que estimulan la liberación de adrenalina y noradrenalina.

Neuroanatomía del sistema nervioso parasimpático

Organización craneoespinal

El sistema parasimpático presenta una organización anatómica discontinua que refleja su función especializada en el control de procesos homeostáticos específicos. Su componente craneal emerge de núcleos específicos ubicados en el tronco encefálico, mientras que su componente sacro se origina en segmentos espinales S2-S4. Esta distribución aparentemente fragmentada responde a la necesidad de controlar órganos específicos con precisión funcional. La porción craneal del sistema parasimpático se organiza alrededor de cuatro nervios craneales: el nervio oculomotor (III), el facial (VII), el glosofaríngeo (IX) y el vago (X). Cada uno transporta fibras preganglionares parasimpáticas hacia ganglios específicos, creando circuitos funcionalmente especializados.

Núcleos parasimpáticos del tronco encefálico

El núcleo de Edinger-Westphal, asociado al nervio oculomotor, controla la constricción pupilar y la acomodación del cristalino. Sus neuronas preganglionares proyectan hacia el ganglio ciliar, donde establecen sinapsis con neuronas posganglionares que inervan los músculos ciliar y constrictor de la pupila. Los núcleos salivatorios superior e inferior regulan la secreción glandular. El núcleo salivatorio superior envía fibras preganglionares a través de los nervios facial e intermediario hacia los ganglios pterigopalatino y submandibular, controlando las glándulas lagrimales y salivales mayores. El núcleo salivatorio inferior, asociado al nervio glosofaríngeo, inerva el ganglioótico que regula la glándula parótida.

El complejo vagal: anatomía y conectividad

El nervio vago representa el componente parasimpático de mayor alcance y complejidad funcional. Sus neuronas preganglionares se originan en el núcleo motor dorsal del vago, ubicado en el piso del cuarto ventrículo. Este núcleo presenta una organización topográfica donde diferentes regiones controlan órganos específicos: las porciones rostrales regulan funciones gastroesofágicas, mientras que las regiones caudales controlan órganos abdominales. Las fibras preganglionares vagales siguen trayectorias anatómicas complejas. Las fibras destinadas a órganos torácicos forman los plexos cardíaco y pulmonar, estableciendo sinapsis en ganglios intramurales ubicados dentro de las paredes de los órganos diana. Las fibras abdominales forman los troncos vagales anterior y posterior, que se distribuyen a través de plexos entéricos complejos.

Ganglios parasimpáticos: ubicación estratégica

Los ganglios parasimpáticos presentan características distintivas que reflejan su función especializada. Los ganglios craneales (ciliar, pterigopalatino, submandibular y ótico) se ubican en proximidad inmediata a sus órganos diana, permitiendo un control preciso y rápido.

El sistema vagal emplea una estrategia diferente: sus ganglios se ubican dentro de las paredes de los órganos diana o en su proximidad inmediata. Esta organización intramural permite una integración local sofisticada, particularmente evidente en el sistema nervioso entérico, donde los plexos de Auerbach y Meissner procesan información local y central de manera integrada.

Componente sacro: inervación pélvica

El sistema parasimpático sacro se origina en la zona intermedia de los segmentos S2-S4, donde neuronas preganglionares especializadas proyectan a través de los nervios espláncnicos pélvicos hacia ganglios ubicados en las paredes de órganos pélvicos. Esta organización permite el control de la vejiga urinaria, recto y órganos reproductivos. Los ganglios parasimpáticos pélvicos se integran funcionalmente con componentes simpáticos en plexos mixtos, creando redes neurales complejas que permiten la coordinación de funciones antagónicas según las demandas fisiológicas.

Neurotransmisión parasimpática: homogeneidad colinérgica

El sistema parasimpático emplea acetilcolina tanto en sinapsis preganglionares como posganglionares, creando un sistema neurotransmisor homogéneo. Las sinapsis preganglionares utilizan receptores nicotínicos neuronales, mientras que las terminaciones posganglionares activan receptores muscarínicos en los tejidos diana. Esta homogeneidad química se complementa con diversidad farmacológica de receptores muscarínicos. Los subtipos M1, M2 y M3 presentan distribuciones específicas que permiten respuestas diferenciadas: M1 en ganglios entéricos, M2 en músculo cardíaco, y M3 en músculo liso y glándulas exocrinas.

Integración funcional e implicaciones clínicas

La neuroanatomía del sistema nervioso autónomo revela principios organizacionales que trascienden la simple dualidad antagónica. La distribución específica de ganglios, la organización topográfica de núcleos centrales, y los patrones de conectividad crean un sistema de control visceral de extraordinaria precisión y flexibilidad. La comprensión de estos principios neuroanatómicos resulta fundamental para la interpretación de fenómenos fisiopatológicos. Las lesiones específicas de componentes ganglionares producen síndromes autonómicos característicos, mientras que las alteraciones en la conectividad central pueden generar desregulaciones sistémicas complejas. La arquitectura dual pero integrada del sistema autónomo permite respuestas coordinadas que optimizan la función orgánica según las demandas ambientales. Esta organización neuroanatómica sofisticada subyace a la capacidad del organismo para mantener la homeostasis mientras se adapta dinámicamente a condiciones cambiantes, demostrando la elegancia evolutiva de los sistemas de control neural.

Actividades de refuerzo

Actividad 1: Mapa anatómico-funcional del sistema nervioso periférico

Diseña un mapa conceptual que muestre la organización estructural y funcional del sistema nervioso periférico. Coloca en el centro “SNP” y genera ramas hacia el sistema somático, autónomo y entérico. Dentro del autónomo, detalla simpático y parasimpático, incluyendo sus orígenes, principales ganglios y funciones. Añade un apartado para nervios periféricos clínicamente relevantes, destacando al menos un nervio de miembro superior y uno de miembro inferior con su función y territorio sensorial. Utiliza colores distintos para diferenciar estructuras anatómicas, funciones y ejemplos clínicos.

Actividad 2: Registro clínico de observaciones neurofuncionales

Durante cinco días, elabora un registro de experiencias o casos observados en la práctica clínica, en clase o en la vida cotidiana que involucren el sistema nervioso periférico. Incluye ejemplos motores (p. ej., ejecución de un movimiento fino, marcha), sensitivos (p. ej., percepción de temperatura, dolor o vibración en una zona específica) y autonómicos (p. ej., sudoración localizada, cambios en la frecuencia cardíaca). Relaciona cada ejemplo con la estructura anatómica o nervio implicado, e identifica si pertenece a la división somática, autónoma o entérica.

Preguntas de evaluación conceptual

Organización y funciones: Explica las diferencias estructurales y funcionales entre el sistema nervioso somático, el autónomo y el entérico. ¿Cómo se complementan para mantener la interacción con el entorno y la homeostasis interna?

Arquitectura del nervio periférico: Describe detalladamente la organización fascicular del nervio periférico, mencionando el papel del epineuro, perineuro y endoneuro. ¿Por qué esta disposición es esencial para la protección y la regeneración axonal?

Dermatomas y miotomas: Compara los conceptos de dermatoma y miotoma, indicando su utilidad clínica en el diagnóstico neurológico. Proporciona un ejemplo de cada uno con su correlato clínico.

Lesiones nerviosas: Compara las clasificaciones de Seddon y Sunderland para las lesiones nerviosas. Explica cómo el grado de lesión influye en el pronóstico y en la estrategia terapéutica.

Nervios clínicamente relevantes: Selecciona un nervio del miembro superior y uno del miembro inferior mencionados en el capítulo. Explica su función principal, un patrón típico de lesión y las manifestaciones clínicas resultantes.

Sistema nervioso autónomo: Analiza cómo la organización anatómica y funcional del sistema simpático y parasimpático se traduce en respuestas clínicas diferenciadas. Incluye un ejemplo de una condición asociada a la hiperactividad o disfunción de cada división.