

COMUNICACIÓN ORIGINAL

Cartografía de las comunicaciones nerviosas sensoriales entre territorios nerviosos periféricos

ADIL LADAK,¹ R. SHANE TUBBS,² Y ROBERT J. SPINNER^{1*}¹Departamento de Cirugía Neurológica, Ortopedia y Anatomía, Clínica Mayo, Rochester, Minnesota²Departamento de Neurocirugía, Hospital Infantil, Birmingham, Alabama

El mapa sensorial cutáneo humano ha sido un trabajo en curso durante el último siglo, que representa los territorios sensoriales suministrados por los nervios espinales y craneales. Dos descubrimientos cruciales, que dieron forma a nuestra comprensión de la inervación cutánea, fueron la superposición de dermatomas sensoriales entre niveles espinales contiguos y las líneas axiales a través de áreas donde no existe superposición sensorial. Estos conceptos definen los actuales mapas de dermatomas. Nos preguntamos si el solapamiento entre territorios sensoriales contiguos era aún más estrecho: si las comunicaciones neurales estaban presentes en los territorios de los nervios periféricos que conectan de forma consistente niveles espinales contiguos. Se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando artículos revisados por pares y textos de anatomía establecidos con el objetivo de identificar la presencia de comunicaciones entre nervios sensoriales en territorios nerviosos periféricos y su relación con áreas de nervios espinales o craneales adyacentes y no adyacentes y líneas axiales (líneas de discontinuidad) en las extremidades superiores e inferiores, el tronco y el perineo, y las regiones de la cabeza y el cuello. Nuestros hallazgos demuestran la presencia consistente de comunicaciones nerviosas sensoriales entre territorios nerviosos periféricos derivados de nervios espinales dentro de áreas de líneas axiales en las extremidades superiores e inferiores, tronco y perineo, y cabeza y cuello. No encontramos ejemplos de comunicaciones que cruzaran líneas axiales en las extremidades o líneas de discontinuidad en la cara, pero sí encontramos ejemplos que cruzaban líneas axiales en el tronco y el perineo. Las comunicaciones nerviosas sensoriales son frecuentes. Unifican los conceptos de los territorios de inervación cutánea y sus límites, y perfeccionan nuestra comprensión del mapa sensorial de la piel humana. *Clin. Anat.* 27:681-690, 2014. © 2013 Wiley Periodicals, Inc.

Palabras clave: dermatomas; nervio; comunicaciones; mapa; cutáneo; sensorial

INTRODUCCIÓN

El concepto de distribución segmentaria de los dermatomas ha sido la base de la cartografía cutánea del cuerpo humano desde su descripción por Herringham (1886). Este patrón segmentario conduce a zonas de superposición sensorial cutánea en regiones de suministro de nervios sensoriales adyacentes (es decir, territorios de nervios espinales adyacentes) que fueron descritas por Sherrington (1893) mediante la sección selectiva de la raíz posterior en monos. Sin embargo, el patrón segmentario se desvía en las extremidades superiores e inferiores, donde los dermatomas discontinuos se encuentran formando límites sensoriales discretos (denominados líneas axiales). Estas líneas axiales fueron elaboradas por Sherrington (1893, 1898) y han explicado por qué ciertas regiones carecen de superposición sensorial cutánea.

Los mapas de dermatomas son notoriamente inconsistentes, variando hasta cierto punto en sus patrones de distribución y solapamiento (revisado en Apok et al., 2011). Los mapas más utilizados en las extremidades superiores e inferiores y el tronco/perineo se basan en el trabajo de Head y Campbell (1900), Foerster (1933) y Keegan y Garrett (1948), que se derivaron de observaciones clínicas de traumática.

*Correspondencia a: Robert J. Spinner, M.D., Mayo Clinic, Rochester, MN 55905. Correo electrónico: spinner.robert@mayo.edu

Recibido el 16 de mayo de 2013; Revisado el 4 de junio de 2013; Aceptado el 5 de junio de 2013

Publicado en línea el 3 de julio de 2013 en Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/ca.22285

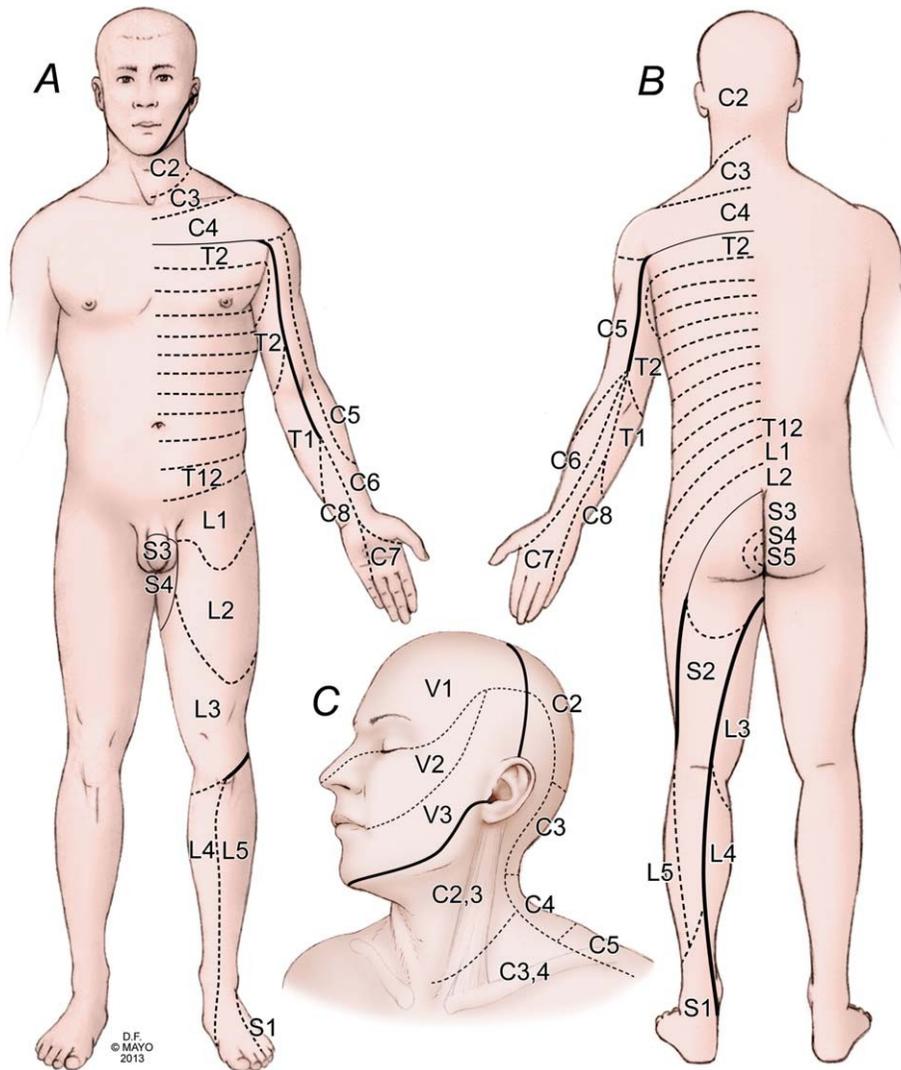


Fig. 1. Mapa estándar del dermatoma cutáneo del (Superficies anterior y posterior del cuerpo modificadas a partir de las figuras 42.3, 54.3, 45.14 y 79.19 de Gray's Anatomy (Standring, 2008). Las líneas axiales se representan con líneas continuas, mientras que los territorios de los nervios sensoriales se representan con líneas discontinuas. Las líneas axiales sólidas son más delgadas en las regiones del tronco y perineal, donde se observó que las comunicaciones se cruzaban. En la extremidad superior, las líneas axiales están presentes en las superficies anterior y posterior del brazo, separando los dermatomas y T1-2. En el , hay una línea axial que separa anteriormente los niveles de los dermatomas C4 y T2 y que separa posteriormente los niveles de los dermatomas C4 y T2.

lesiones de la médula espinal, distribución de la infección por herpes zóster y rizotomía sensorial y hernias discales. El mapa fue construido por Lee et al. (2008) basándose en informes clínicos de la literatura, incluidos estudios de bloqueo nervioso y estimulación nerviosa periférica (Inouye y Buchthal, 1977; Poletti, 1991; Nitta et al., 1993; Wolff et al., 2001). Más recientemente, el trabajo de Denny-Brown y sus colegas modificó significativamente la visión tradicional de un dermatoma estático

els. En la región perineal y en la extremidad inferior se observan líneas axiales, tanto anteriores como posteriores, que separan no contiguos. Anteriormente, se observan dos pequeñas líneas axiales: una justo distal a la rodilla que separa los dermatomas L3 y L5; y una segunda línea axial en la perineal, que separa los dermatomas S2-4 y L2-4. Posteriormente, se observan dos líneas axiales que separan los dermatomas S2-4 y L2-4. Posteriormente, se observan dos líneas axiales que separan los dermatomas S2-4 de los dermatomas L2-4. En la cara (c), se encuentra una línea axial en el libro de texto de anatomía de Cunningham que separa el nervio trigémino de los nervios sensoriales cervicales.

donde el tamaño de los dermatomas cambia dependiendo de las características de los segmentos adyacentes de la médula espinal, lo que sugiere que el mapa de dermatomas es, de hecho, dinámico y depende de las comunicaciones centrales entre los niveles espinales (Denny-Brown y Kirk, 1968; Kirk y Denny-Brown, 1970; Denny-Brown et al., 1973). Esto podría explicar el alto grado de variabilidad en la cartografía sensorial.

TABLA 1. Comunicaciones nerviosas en la extremidad superior

Comunicación nerviosa		Referencia
Supraclavicular (C3,4)	Axilar (C5)	(Lewis, 1918)
Intercostobraquial cutáneo (T2)	Braquial posterior (C5-8, T1)	(Loukas et al., 2006)
Cutáneo intercostobraquial (T2)	Cutáneo braquial medial (C8,T1)	(Race y Saldana, 1991; O'Rourke et al., 1999; Loukas et al., 2006) (Race y Saldana, 1991)
Intercostobraquial (T2)	Cutáneo antebraquial medial (C8, T1)	
Cutáneo braquial medial (C8, T1)	Cutáneo antebraquial medial (C8, T1)	(Lewis, 1918) (Marathe et al., 2010)
Cutáneo antebraquial medial (C8,T1)	Antebraquial cutáneo posterior (C7)	
Cutáneo lateral superior (C5)	Cutáneo lateral inferior (C5-8, T1)	(Koizumi et al., 1999)
Cutáneo lateral inferior (C5-8,T1)	Cutáneo antebraquial lateral (C6,7)	(Lewis, 1918)
Cutáneo antebraquial lateral (C6, 7)	Rama superficial radial (C7)	(Linell, 1921; Ikiz y Ucerler, 2004)
Antebraquial cutáneo posterior (C7)	Cutáneo antebraquial lateral (C6,7)	(Lewis, 1918)
Cutáneo antebraquial medial (C8,T1)	Rama dorsal cubital (C8, T1)	(Lewis, 1918)
Cutáneo antebraquial medial (C8,T1)	Antebraquial cutáneo posterior (C7)	(Lewis, 1918)
Cutáneo antebraquial lateral (C6, 7)	Rama cutánea palmar mediana (C6-8)	(Lewis, 1918)
Rama superficial radial (C7)	Rama dorsal cubital (C8, T1)	(Loukas et al., 2011)
Rama superficial radial (C7)	Rama cutánea palmar mediana (C6-8)	(Loukas et al., 2011)
Cutáneo antebraquial medial (C8,T1)	Rama cutánea palmar cubital (C8,T1)	(Lewis, 1918)
Nervio digital cubital (C8) (dedo anular)	Digital mediana (C7) (dígito anular)	(Loukas et al., 2011)
Rama cutánea palmar cubital (C8,T1)	Rama cutánea palmar mediana (C6-8)	(Stancic et al., 1999; Loukas et al., 2011)

Derivaciones de las raíces nerviosas tomadas de la Anatomía de Gray (Standring, 2008)

En la región de la cabeza y el cuello, la superposición sensorial entre territorios sensoriales adyacentes fue descrita por Sherrington (1893, 1898) en sus estudios sobre monos, incluso entre los territorios del 5º nervio craneal y el 2º nervio espinal cervical, donde afirmó que "los campos cutáneos del 5º nervio craneal y el 2º cervical se comportan mutuamente como si los dos nervios fueran miembros inmediatamente yuxtapuestos en una serie espinal, sin intercalación de ningún segmento intermedio." Por el contrario, estudios posteriores de Harvey Cushing (1904) sobre el dermatoma sensorial del 5º nervio craneal definieron un límite entre los nervios espinales trigémino y cervical en pacientes en los que la raíz sensorial del trigémino estaba dividida. Este límite o línea de discontinuidad concuerda con el mapa facial presentado en Cunningham's Textbook of Anatomy (Cunningham y Romanes, 1981).

El hecho de que una raíz nerviosa pueda seccionarse sin perder la sensibilidad se ha presumido debido a la superposición de nervios adyacentes. Todos los mapas tienen en común las zonas de superposición sensorial a lo largo de los bordes de los nervios espinales adyacentes, delimitadas en la mayoría de los mapas de dermatomas por líneas discontinuas. Donde se encuentran nervios espinales no contiguos, se forman las llamadas líneas axiales a través de las cuales se produce un solapamiento sensorial mínimo o nulo. El término línea axial se ha utilizado para demarcar la línea que se extiende proximalmente desde el tronco hasta los aspectos distales de los nervios espinales.

miembros (Cunningham y Romanes, 1981). Para la semántica, utilizamos la "línea de discontinuidad" cuando hablamos de discontinuidad sensorial en la cara. Las líneas axiales se representan mediante líneas negras continuas en los mapas de dermatomas. Se cree que el solapamiento sensorial se produce en las zonas de inervación sensorial en las que más de un nervio tiene una subunidad cutánea. Las comunicaciones interneurales se definen como conexiones físicas entre dos nervios y proporcionan un mecanismo alternativo por el que se produce el solapamiento sensorial en la inervación cutánea.

Antes se pensaba que las comunicaciones neuronales entre nervios periféricos eran poco frecuentes. Sin embargo, informes recientes están ampliando la prevalencia de estas conexiones y nuestra comprensión del nervioso periférico. El objetivo de este estudio era determinar si existe un patrón para estas comunicaciones y si, de hecho, estas intercomunicaciones existen de forma constante entre nervios periféricos sensoriales adyacentes.

MÉTODOS

Diseñamos un estudio para ver si podíamos identificar lógicamente las comunicaciones nerviosas sensoriales en territorios de nervios periféricos y craneales entre: (1) adyacentes

TABLA 2. Comunicaciones nerviosas en la extremidad inferior

Comunicaciones nerviosas		Referencia
Cutáneo femoral medial (L2,3)	Cutáneo femoral lateral (L2,3)	(Lewis, 1918; Cunningham y Romanes, 1981)
Cutáneo femoral medial (L2,3)	Obturador (L2-4)	(Lewis, 1918; Cunningham y Romanes, 1981)
Cutánea femoral medial (L2,3)	Safena (L3,4)	(Lewis, 1918; Cunningham y Romanes, 1981)
Cutánea femoral lateral (L2,3)	Safena (L3,4)	(Lewis, 1918; Cunningham y Romanes, 1981)
Safena (L3,4)	Peroné superficial (L5, S1)	(Lewis, 1918)
Safeno (L3,4)	Obturador (L2-4)	(Lewis, 1918)
Peroné superficial (L5, S1)	Sural (L5, S1,2)	(Lewis, 1918; Cunningham y Romanes, 1981; Drizzenko et al., 2004)
Sural (L5, S1,2)	Cutáneo femoral posterior (S1-3)	(Lewis, 1918)
Sural (L5, S1,2)	Plantar lateral (S1,2)	(Lewis, 1918)
Plantar lateral (S1,2)	Plantar medial (L4,5)	(Cunningham y Romanes, 1981; Frank et al., 1996; Govsa et al., 2005)
Peroné superficial (L5,S1)	Peroné profundo (L4,5)	(Cunningham y Romanes, 1981)
Peroné superficial (L5, S1)	Plantar medial (L4, 5)	(Cunningham y Romanes, 1981)

Derivaciones de las raíces nerviosas tomadas de la Anatomía de Gray (Standring, 2008)

nervios raquídeos (es decir, entre líneas axiales); y (2) nervios raquídeos no adyacentes (es decir, que cruzan líneas axiales).

Los mapas de dermatomas del tronco anterior y posterior, así como de las extremidades superiores e inferiores, presentados en la 40ª edición de Gray's Anatomy (Standring, 2008) se utilizaron como plantilla para las distribuciones sensoriales de los nervios espinales, los territorios de los nervios periféricos y las líneas axiales del tronco y las extremidades (Figs. 1a y 1b). Cabe destacar que existe una variabilidad considerable en los mapas de dermatomas, especialmente en el tronco posterior, y esto se observa en los pies de figura presentados en Gray's Anat-

omy. De los mapas que presentan la distribución dermatómica del tronco posterior, se utilizó como plantilla de estudio el mapa dermatómico del capítulo 42 de Gray's Anatomy. También se utilizó una línea adicional de discontinuidad sensorial representada en Cunningham's Textbook of Anatomy, que separa la tercera división del nervio trigémino y los dermatomas sensoriales cervicales (Cunningham y Romanes, 1981) (Fig. 1c). Este libro se utilizó como plantilla para las distribuciones sensoriales de los nervios craneales. Para resolver las principales discrepancias en la representación de los mapas de los dermatomas, se utilizaron los mapas de los nervios periféricos.

TABLA 3. Comunicaciones nerviosas en el tronco y las regiones perineal y glútea

Comunicaciones nerviosas		Referencia
Nervios supraclaviculares (C3,4)	T2 cutáneo T12	(Lewis, 1918; Mancall y Brock, 2011) (Shields, 2009; Mancall y Brock, 2011)
T2	cutáneo	(Lewis, 1918)
T12 (división anterior)	Iliohipogástrico (T12, L1)	(Lewis, 1918)
Iliohipogástrico (T12, L1)	Ilioinguinal (L1)	(Fitzgibbons y Greenburg, 2002)
Iliohipogástrico (T12, L1)	Genitofemoral (L1, 2)	(Rab et al., 2001; Fitzgibbons y Greenburg, 2002)
Genitofemoral (L1, 2)	Ilioinguinal (L1)	(Klaassen et al., 2011)
Ilioinguinal (L1)	Cutáneo femoral medial (L2, 3)	(Fitzgibbons y Greenburg, 2002)
Genitofemoral (L1, 2)	Cutáneo femoral lateral (L2, 3)	(Cunningham y Romanes, 1981)
Ilioinguinal (L1)	Cutáneo femoral posterior (S1-3)	(Lewis, 1918)
Nervio pudendo (S2-4)	Nervio cutáneo femoral posterior (S1-3)	(Lewis, 1918)
Cluneal superior (L1-3)	Cluneal medial (S1-3)	(Tubbs et al., 2010)
Genitofemoral (L1,2)	Cutáneo femoral medial (L2,3)	(Lewis, 1918; Cunningham y Romanes, 1981)

Derivaciones de las raíces nerviosas tomadas de la Anatomía de Gray (Standring, 2008)

TABLA 4. Comunicaciones nerviosas en la cabeza y el cuello

Comunicación nerviosa		Referencia
Gran occipital (C2)	Occipital menor (C2,3)	(Lewis, 1918; Tubbs et al., 2007)
Gran occipital (C2)	Tercer occipital (C3)	(Lewis, 1918; Tubbs et al., 2007)
Occipital menor (C2,3)	Tercer occipital (C3)	(Tubbs et al., 2007)
Gran auricular (C2,3)	Occipital menor (C2,3)	(Lewis, 1918; Cunningham y Romanes, 1981)
Zigomaticotemporal (V2)	Lacrimonal (V1)	(Lewis, 1918)
Zigomaticotemporal (V2)	Auriculotemporal (V3)	(Lewis, 1918)

Derivaciones de las raíces nerviosas tomadas de la Anatomía de Gray (Standring, 2008)

territorios o posiciones de líneas axiales, utilizamos una segunda fuente, el Atlas de Anatomía (Tank y Gest, 2009).

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica utilizando PubMed y Ovid Medline, así como la fuente de Internet Google Scholar, para todas las comunicaciones neurales conocidas entre nervios sensoriales de la extremidad superior, el tronco, el perineo, la extremidad inferior y la cabeza y el cuello. Las palabras clave utilizadas en la búsqueda incluyeron comunicaciones nerviosas, superposición sensorial, líneas axiales, línea interauricular, dermatoma y mapa. Las búsquedas incluyeron los nombres de todos los nervios periféricos individuales entre los que se buscaban comunicaciones. Las búsquedas se limitaron a artículos en inglés y se incluyeron todas las referencias secundarias pertinentes. La búsqueda se limitó a encontrar documentación sobre la existencia de una comunicación interneural. Este artículo no pretendía ser una búsqueda exhaustiva de todos los informes sobre la comunicación específica.

RESULTADOS

En regiones de líneas axiales (líneas de discontinuidad)

Miembros superiores e inferiores. Intercomunicación neural sensorial entre todos los territorios adyacentes del

miembros superiores e inferiores, que se resumen en los cuadros 1 y 2.

Tronco/perineo. En el tronco, se identificaron comunicaciones entre territorios segmentarios torácicos y toracoabdominales vecinos (Tabla 3). También se identificó una comunicación entre el nervio cutáneo anterior T12 y el nervio iliohipogástrico unificando las regiones troncal y perineal. En el periné, todos los territorios sensitivos adyacentes presentaban comunicaciones, con una excepción (Tabla 3). No pudimos identificar comunicaciones documentadas entre el nervio ilioinguinal y el nervio obturador, cuyos territorios se representaban como regiones contiguas adyacentes en el mapa de Anatomía de Gray.

Cabeza y cuello. En la cabeza y el cuello, encontramos comunicaciones nerviosas entre las tres divisiones del nervio trigémino y entre los niveles cervicales adyacentes, incluidos los nervios occipitales mayor, menor y tercero, y el nervio auricular mayor (Tabla 4).

A través de regiones de líneas axiales (líneas de discontinuidad)

Miembros superiores e inferiores. Nuestra búsqueda bibliográfica no identificó ningún ejemplo de comunicaciones neurales físicas que cruzaran líneas axiales en las extremidades superiores e inferiores (Tabla 5).

TABLA 5. Ausencia de comunicaciones neuronales a través de líneas axiales

Ausencia de comunicaciones neuronales	
Intercostobraquial (T2)	Cutáneo lateral inferior (C5-8, T1)
Cutáneo braquial medial (C8,T1)	Cutáneo lateral superior (C5)
Intercostobraquial (T2)	Cutáneo lateral superior (C5)
Intercostobraquial (T2)	Antebraquial cutáneo posterior (C5-8, T1)
Cutáneo braquial posterior (C5-8,T1)	Cutáneo lateral superior (C5)
Cutáneo antebraquial medial (C8,T1)	Cutáneo antebraquial lateral (C6,7)
Cutáneo lateral inferior (C5-8, T1)	Cutáneo antebraquial medial (C8,T1)
Pudendo (S2-4)	Nervio femoral (L2-4)
Pudental (S2-4)	Ilioinguinal (L1)
Pudental (S2-4)	Iliohipogástrico (T12,L1)
Cutáneo femoral medial (L2,3)	Peroné superficial (L5,S1)
Cutáneo femoral medial (L2,3)	Sural (S1,2)
Cutáneo femoral posterior (S1-3)	Obturador (L2-4)
Cutáneo femoral posterior (S1-3)	Cutáneo femoral lateral (L2, 3)
Cutáneo femoral lateral (L2, 3)	Sural (L5, S1, 2)
Cutánea femoral posterior (S1-3)	Safena (L3,4)
Sural (L5, S1, 2)	Safena (L3,4)

Derivaciones de las raíces nerviosas tomadas de la Anatomía de Gray (Standring, 2008)

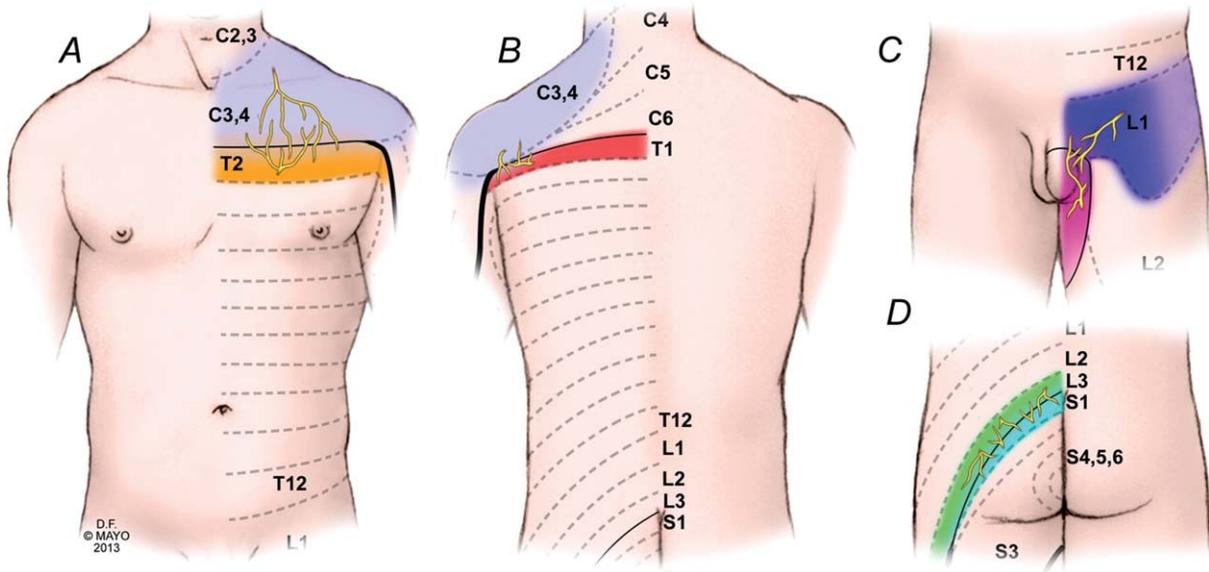


Fig. 2. Comunicaciones que cruzan líneas axiales. (a) Comunicación entre los nervios supraclaviculares (C3, 4) y el nervio espinal T2 cruzando la línea axial anterior; (b) Comunicación entre las contribuciones C3, 4 al nervio accesorio espinal y el posterior T2 rami primario, cruzando el posterior axial

línea; (c) Comunicación entre el nervio ilioinguinal (L1) y la rama perineal del nervio cutáneo femoral posterior (S1-3), cruzando la línea axial anterior en el periné; (d) Comunicación entre los nervios cluneales superior (L1-3) e inferior (S1-3), cruzando la línea axial posterior en el periné.

Tronco/perineo. En el tronco y el perineo, se identificaron comunicaciones neurales que cruzaban líneas axiales. Anteriormente, se encontraron comunicaciones entre los nervios supraclaviculares (C3, 4) y la rama cutánea del nervio espinal T2, cruzando la línea axial anterior superior en el tórax (Fig. 2a) (Lewis, 1918; Standing et al., 2005; Mancall y Brock, 2011). Posteriormente, se encontraron comunicaciones entre las contribuciones del plexo cervical al nervio accesorio espinal y las ramas espinales posteriores T2, cruzando la línea axial posterior superior en el tórax (Maigne et al., 1991) (Fig. 2b). En el perineo, se documentaron comunicaciones entre los nervios ilioinguinal (L1) y cutáneo femoral posterior (S1-3), cruzando la línea axial anterior en el perineo (Cunningham y Romanes, 1981) (Fig. 2c) y los nervios cluneal superior (L1-3) y cluneal medio (S1-3), cruzando la línea axial posterior (Fig. 2d) (Tubbs et al., 2010).

Cabeza y cuello. En la cabeza y el no identificamos ninguna comunicación sensorial entre el nervio trigémino y los nervios derivados de la médula espinal cervical que irrigan el cuello y las regiones parieto-occipitales (Tabla 5).

DEBATE

Las comunicaciones neuronales se han considerado oscuras e insignificantes. La documentación de estas comunicaciones puede encontrarse en mapas dermatómicos, incluso en los dibujos de las primeras ediciones de Anatomía de Gray. Demostramos que estas comunicaciones no sólo son comunes, sino que también presentan patrones que poten-

tialmente tienen una base embriológica. Este artículo amplía el término de solapamiento de dermatomas sensoriales a la presencia o ausencia de intercomunicaciones neurales físicas. Durante mucho tiempo se pensó que el solapamiento de los dermatomas sensoriales estaba limitado por las líneas axiales, y nuestro objetivo era ampliar este concepto a las comunicaciones neurales. Nuestros hallazgos indican que dentro de los territorios de las líneas axiales, en las áreas de superposición de dermatomas sensoriales, a menudo también existen comunicaciones físicas entre nervios derivados de nervios espinales contiguos. El hallazgo de comunicaciones nerviosas periféricas en territorios contiguos de las extremidades es coherente no sólo con la teoría de la línea axial, sino también con el desarrollo embriológico, en el que el crecimiento longitudinal de las yemas de las extremidades desplaza los niveles espinales contiguos, dando lugar a lagunas segmentarias en la inervación sensorial (Last, 1949; Pearson et al., 1966). Sin embargo, al contrastar la teoría de la línea axial con las comunicaciones neurales, encontramos excepciones a la regla en el tronco.

En regiones de líneas axiales (líneas de discontinuidad)

Miembros superiores e inferiores. En las extremidades, se encontraron intercomunicaciones neurales dentro de todos los territorios nerviosos periféricos contenidos dentro de los límites de la línea axial (Figs. 3b-3e). El hallazgo de comunicaciones nerviosas periféricas en territorios contiguos en las extremidades es coherente no sólo con la teoría de la línea axial, sino también con el desarrollo embriológico. Los nervios motores y sensitivos surgen de la médula espinal en una cadena segmentaria y forman una inervación superpuesta de los músculos.

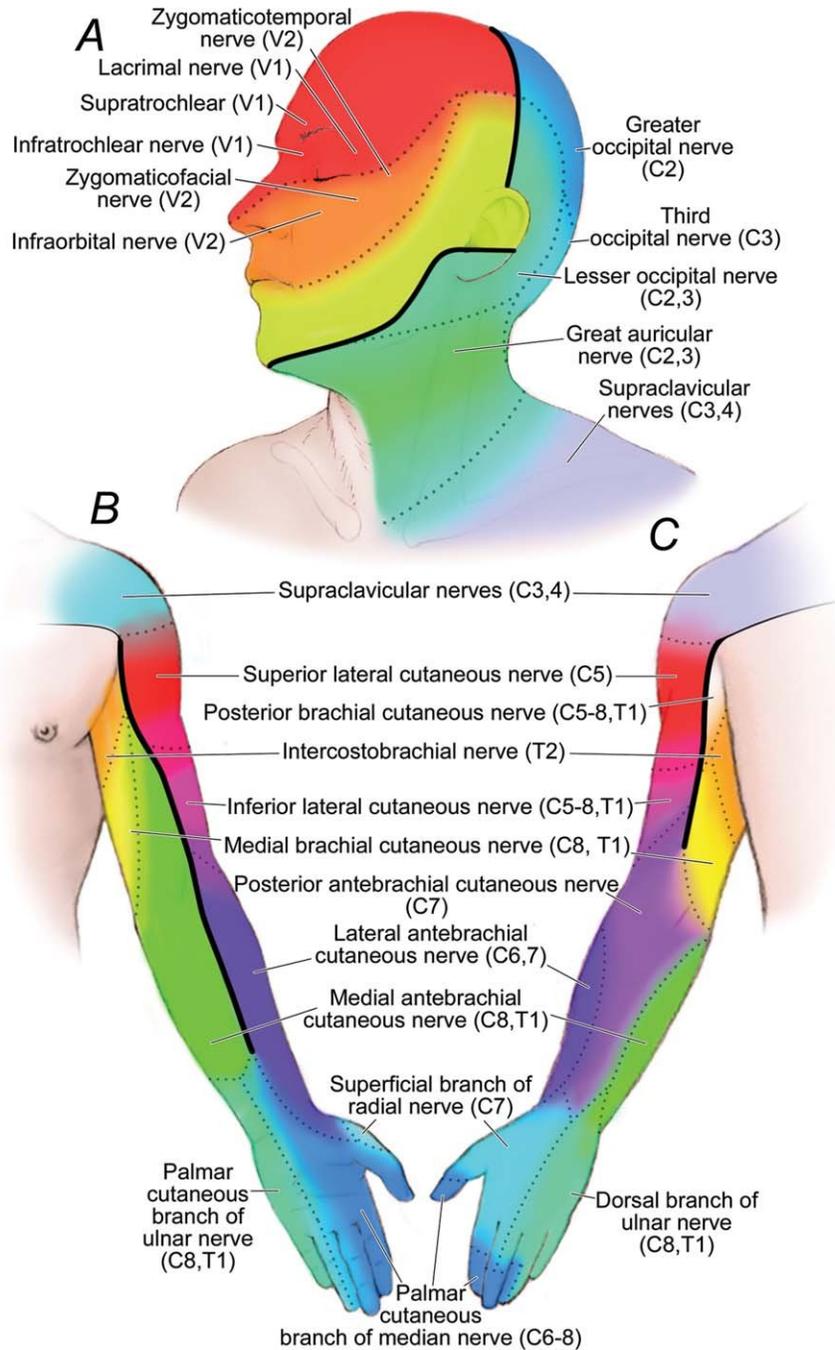


Fig. 3. El mapa sensorial refinado de (a) la cabeza y el cuello, (b, c) las extremidades superiores y (d, e) las extremidades inferiores, incorporando las comunicaciones neurales físicas a través de las líneas discontinuas y la ausencia de comunicaciones a través de las líneas sólidas. Las transiciones de color representan la presencia de intercomunicaciones neurales físicas y solapamiento sensorial, mientras que las líneas continuas representan la ausencia de intercomunicaciones neurales físicas y solapamiento sensorial.

Las líneas negras representan las líneas axiales a través de las cuales no se producen comunicaciones. Las líneas axiales proximales en el tronco y las regiones perineales son más delgadas para denotar la presencia de comunicaciones que cruzan estos límites. Las derivaciones radicales de cada nervio periférico se han tomado de la 40.ª edición de Gray's Anatomy (Standring, 2008).

y la piel suprayacente de la pared corporal. Este patrón segmentario, sin embargo, no es tan conciso en las extremidades, donde los miotomas no se corresponden estrictamente con la piel suprayacente.

dermatomas de un nervio espinal específico. Las células miotómicas invaden las extremidades en una progresión de craneal a caudal, de modo que están representados más miotomas craneales

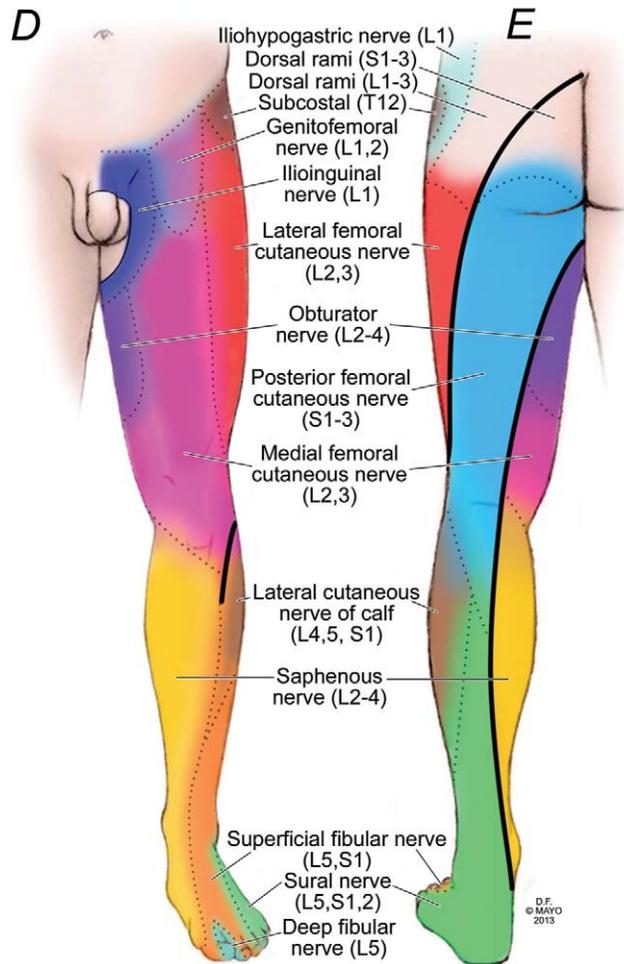


Fig. 3. (Continuación)

proximalmente y los miotomas más caudales se encuentran distalmente. Por el contrario, la distribución de los dermatomas se ve afectada por el crecimiento longitudinal de las extremidades a medida que los nervios sensoriales cutáneos se alargan hacia sus objetivos. Debido a este desarrollo longitudinal, se forman huecos segmentarios entre los nervios espinales que dan lugar a líneas axiales (Last, 1949). Debido a la incongruencia de estos segmentos, no se esperarían comunicaciones entre estos territorios debido a la brecha de desarrollo entre ellos [por ejemplo, no hay comunicaciones entre el nervio cutáneo lateral superior (C5) y el nervio intercostobraquial (T2)].

Tronco/perineo. En el tronco, la inervación cutánea es simple y la congruencia segmentaria espinal se mantiene en todas partes. En consecuencia, encontramos comunicaciones documentadas entre cada uno de los nervios espinales torácicos consecutivos (T2 a T12) (Lewis, 1918; Mancall y Brock, 2011). Además, se documentaron comunicaciones entre el nervio espinal T12 y el nervio iliohipogástrico, conectando el tronco y las regiones perineales. En el periné, no pudimos encontrar una comunicación directa entre el ilioinguinal y el obturador. La anatomía en esta región es diversa en la literatura con muchas variantes diferentes descritas. El nervio ilioinguinal se ha

descrito para surgir de un bucle entre el primer y segundo nervios lumbares, a veces incluso el segundo y tercer nervios lumbares, que conectaría los nervios ilioinguinal, obturador y cutáneo femoral anterior (Klaassen et al., 2011). Además, encontramos fuentes en las que el nervio ilioinguinal puede ser sustituido por el nervio genitofemoral o fusionarse con él, lo explica nuestra incapacidad para encontrar una comunicación distal directa entre el nervio ilioinguinal y el obturador; sin embargo, sí encontramos comunicaciones entre el genitofemoral y el obturador (Rab et al., 2001). Se encontró un mapa nervioso periférico que corroboraba este hallazgo en el que el territorio sensorial del nervio ilioinguinal no era adyacente al territorio sensorial del nervio obturador (Tank y Gest, 2009). En esta situación, todos los territorios tendrían comunicaciones: el genitofemoral y el obturador, así como los nervios cutáneo femoral anterior e ilioinguinal.

Cabeza y cuello. Encontramos comunicaciones entre ramas del nervio trigémino y entre ramas del plexo cervical (C2-5), que derivan de ramas anteriores (Fig. 3a). La función sensorial del C1 es insignificante, por lo que no aparece en los mapas de dermatomas estándar. Curiosamente, existen intercomunicaciones sensitivomotoras entre las ramas sensoriales del nervio trigémino y las ramas del nervio facial, en consonancia con el desarrollo del arco faríngeo (es decir, conexiones entre los nervios que sirven al primer y segundo arcos faríngeos, respectivamente). Sin embargo, no se han descrito comunicaciones entre ramas derivadas de ramas posteriores de los nervios espinales (por ejemplo, nervios occipitales mayor y menor) y ramas sensoriales del nervio trigémino. Aunque no se observan conexiones periféricas macroscópicas entre estos últimos nervios mencionados, es posible que exista una comunicación central. Se ha especulado que la estimulación del nervio occipital mayor que provoca dolor en la parte anterior de la cabeza puede estar relacionada con la convergencia de estas fibras en el núcleo caudal del trigémino (Piovesan et al., 2003); otros han descubierto que el bloqueo de las ramas del plexo cervical (p. ej., el nervio auricular mayor) puede aliviar a los pacientes con neuralgia del trigémino (Cruet et al., 1956). Esto no es sorprendente, ya que el aspecto más caudal del núcleo sensorial del trigémino es la continuación céfalica de la sustancia gelatinosa del primer y segundo segmentos cervicales (Stookey y Ransohoff, 1959). También se observan intercomunicaciones centrales en los nervios espinales, como entre las raíces posteriores adyacentes (Tubbs et al., 2008).

A través de regiones de líneas axiales (líneas de discontinuidad)

Al comprobar las intercomunicaciones neurales con los límites de la línea axial, encontramos comunicaciones que cruzan estos límites proximalmente en el tronco y el perineo. En el tronco, por ejemplo, existen comunicaciones entre los nervios supraclaviculares (C3, 4) y las ramas cutáneas del nervio espinal T2, que cruzan la línea axial anterior del tronco superior, y comunicaciones entre las contribuciones de C3, 4 al nervio accesorio espinal y las ramas posteriores de T2,

cruzando la línea axial posterior. En el tronco posterior, se ha debatido sobre la presencia de contribuciones cutáneas, que varían de C4 a T2 (Pearson et al., 1966). Baste decir que existen diferentes representaciones de los dermatomas posteriores del tronco. Nosotros utilizamos el mapa publicado en el capítulo 42 de la 40ª edición de Gray's Anatomy (Standring, 2008) y ésta fue una de las muchas variaciones. Por ejemplo, en los mapas de Head y Campbell (1900) la línea axial posterior se representaba entre C6 y T2. Sin embargo, el mapa de Keegan y Garrett (1948) mantiene la congruencia segmentaria, sin separación segmentaria ni línea axial. Además, algunos mapas muestran una línea axial que separa C4 o C6 de T1. Cabe destacar que se han descrito intercomunicaciones sensitivo-motoras entre los nervios pectorales e intercostales (Koizumi y Horiguchi, 1992).

En la región glútea, existen comunicaciones posteriormente entre los nervios cluneales superior (L1-3) y medio (S1-3). Anteriormente, encontramos una comunicación documentada entre los nervios ilioinguinal (L1) y cutáneo femoral posterior (S1-3). No se describió la localización exacta de la comunicación, pero por inferencia, parece producirse sobre el escroto en los varones y sobre los labios y la zona del clítoris en las mujeres. La unión entre el perineo y los miembros inferiores es una zona de rotación del desarrollo, lo que podría explicar la comunicación entre el nervio cutáneo femoral posterior y el nervio ilioinguinal situado anteriormente. La inervación del escroto es un área que no se conoce bien. Existen nervios escrotales anteriores y posteriores derivados de los nervios ilioinguinal y pudendo, respectivamente. Aunque muchas fuentes describen estas ramas ramificándose a lo largo del escroto, no hemos podido encontrar una comunicación documentada entre estos nervios. Además, el nervio genitofemoral también inerva el escroto y el labio mayor.

Todas las comunicaciones que cruzan líneas axiales en las zonas proximales del desarrollo de las extremidades superiores e inferiores. Dado que las cinturas pectoral y pélvica son zonas de transición durante el desarrollo con movimientos rotatorios, no es sorprendente que las líneas axiales se crucen, ya que aquí se produce un crecimiento diferencial significativo. A medida que se desarrollan las yemas de las extremidades, el crecimiento longitudinal crea fronteras axiales distales a través de las cuales las comunicaciones no parecen cruzarse en las extremidades. Un posible mecanismo para esta diferencia podría ser que las comunicaciones entre los nervios se forman después de la rotación del desarrollo de las cinturas pectoral y pélvica, pero antes del crecimiento longitudinal de las extremidades.

Limitaciones de este estudio

Este estudio tiene varias limitaciones. La variación anatómica está bien reconocida, de modo que los mapas dermatómicos individuales difieren previsiblemente. Las líneas axiales se basan en distribuciones de dermatomas y, por tanto, al superponer estos mapas con nervios periféricos multisegmentarios, se buscaron fuentes secundarias para conciliar las diferencias en las contribuciones espinales. Incluso la misma referencia puede mostrar mapas diferentes,

distribuciones de los nervios raquídeos y, por lo tanto, líneas axiales en diferentes secciones de la referencia. La contribución sensorial cutánea de la espalda fue un área de gran variación, con diferentes mapas que representaban diferentes niveles entre los que cruzaba la línea axial posterior. También se hallaron variaciones anatómicas en la distribución de la línea axial en la extremidad superior, con variaciones en los mapas presentados en distintas ediciones de la Anatomía de Gray. Para este estudio, hemos intentado ser exhaustivos utilizando numerosas fuentes para recopilar lo mejor posible todas las intercomunicaciones neurales conocidas y cómo encajan en los límites de la línea axial. Incluso cuando se describen las comunicaciones, su prevalencia o ubicación exacta no siempre es evidente, lo que dificulta la cartografía exacta. Cabe destacar que muchas comunicaciones parecen producirse distalmente entre ramas terminales. Además, la ausencia de una comunicación descrita no excluye su existencia y continuamente se describen nuevas comunicaciones. Por ejemplo, Loukas et al. (comunicación personal, 2006) informaron de la existencia de ramas comunicantes entre el nervio sural (L5, S1, 2) y el nervio safeno (L3, 4) por debajo del maléolo medial (ubicación exacta no disponible). A primera vista, este hallazgo parece un punto menor. Sin embargo, esta observación anatómica es digna de mención en el sentido de que esta localización se encuentra por debajo del límite de la línea axial posterior de la pierna, y atraviesa una unión no contigua. Por el contrario, desconocemos un ejemplo más frecuente, que cruce una línea axial en la extremidad. Basándonos en nuestros hallazgos, creemos que todas las intercomunicaciones neurales cutáneas dentro del cuerpo seguirán el paradigma de la línea axial.

Implicaciones clínicas

La presencia de comunicaciones neurales consistentes en territorios contiguos tiene implicaciones clínicas en la comprensión potencial de: (1) la exploración sensorial inesperada tras una lesión nerviosa; (2) la afectación de dermatomas contiguos adyacentes en el herpes zóster; (3) distribución de la propagación perineural en el cáncer; (4) propagación de quistes ganglionares intraneurales; y (5) tratamiento de neuromas dolorosos. La ausencia de comunicaciones a través de las líneas axiales puede suponer una barrera para la propagación perineural a lo largo de las vías nerviosas sensoriales.

CONCLUSIONES

Presentamos nuestros resultados preliminares, que pueden servir de base para añadir nuevos datos. Las comunicaciones nerviosas parecen ser constantes entre las regiones sensoriales derivadas de nervios espinales contiguos. Las excepciones a los límites de las líneas axiales ser coherentes con el desarrollo embriológico. Sin embargo, sigue habiendo mucha ambigüedad en la inervación cutánea y es necesario seguir trabajando para aclarar estas pequeñas pero importantes comunicaciones neurales. El mapa del dermatoma está cambiando.

REFERENCIAS

- Apok V, Gurusinghe NT, Mitchell JD, Emsley HC. 2011. Dermatosis y dogma. *Pract Neurol* 11:100-105.
- Crue BL, Shelden CH, Pudenz RH, Freshwater DB. 1956. Observaciones sobre el dolor y el mecanismo desencadenante en la neuralgia del trigémino. *Neurology* 6:196-207.
- Cunningham DJ, Romanes GJ. 1981. *Cunningham's Textbook of Anatomy*. 12th ed. Oxford University Press: Oxford University Press.
- Cushing H. 1904. La distribución sensorial del quinto nervio craneal. *Bull Johns Hopkins Hosp* 15.
- Denny-Brown D, Kirk E. 1968. Hiperestesia por lesiones espinales y radicales. *Trans Am Neurol Assoc* 93:116-120.
- Denny-Brown D, Kirk EJ, Yanagisawa N. 1973. The tract of Lissauer in relation to sensory transmission in the dorsal horn of spinal cord in the macaque monkey. *J Comp Neurol* 151:175-200.
- Drizenko A, Demondion X, Luyckx F, Mestdagh H, Cassagnaud X. 2004. Los ramos comunicantes entre los nervios sural y peroneo superficial en el pie: A review of 55 cases. *Surg Radiol Anat* 26:447-452.
- Fitzgibbons RJ, Greenburg AG. 2002. *Hernia de Niyhus y Condon*. 5 ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Foerster O. 1933. Los dermatomas en el hombre. *Brain* 56:1-39.
- Frank PW, Bakkum BW, Darby SA. 1996. La rama comunicante del nervio plantar lateral: A descriptive anatomic study. *Clin Anat* 9:237-243.
- Govsa F, Bilge O, Ozer MA. 2005. Anatomical study of the communicating branches between the medial and lateral plantar nerves. *Surg Radiol Anat* 27:377-381.
- Head H, Campbell AW. 1900. La patología del herpes zoster y su relación con la localización sensorial. *Brain* 23:353-523.
- Herringham WP. 1886. The minute anatomy of the brachial plexus. *Proc R Soc Lond* 41:423.
- Ikiz ZA, Ucerler H. 2004. Características anatómicas e importancia clínica de la rama superficial del nervio radial. *Surg Radiol Anat* 26:453-458.
- Inouye Y, Buchthal F. 1977. Segmental sensory innervation determined by potentials recorded from cervical spinal nerves. *Brain* 100:731-748.
- Keegan JJ, Garrett FD. 1948. The segmental distribution of the cutaneous nerves in the limbs of man. *Anat Rec* 102:409-437.
- Kirk EJ, Denny-Brown D. 1970. Functional variation in dermatomes in the macaque monkey following dorsal root lesions. *J Comp Neurol* 139:307-320.
- Klaassen Z, Marshall E, Tubbs RS, Louis RG Jr, Wartmann CT, Loukas M. 2011. Anatomía de los nervios ilioinguinal e iliohipogástrico con observaciones de sus contribuciones nerviosas espinales. *Clin Anat* 24:454-461.
- Koizumi M, Horiguchi M. 1992. A study on the communication between the pectoral nerve and the extramural nerve branches of the intercostal nerves. *J Anat* 67:606-615.
- Koizumi M, Kawai K, Maeda S, Okamoto K, Kodama K. 1999. Communication between the axillary and radial nerves in the human upper arm. *Ann Anat* 181:213-221.
- Último RJ. 1949. Innervation of the limbs. *J Bone Joint Surg Br* 31B: 452-464.
- Lee MW, McPhee RW, Stringer MD. 2008. An evidence-based approach to human dermatomes. *Clin Anat* 21:363-373.
- Lewis WH. 1918. *Anatomía del cuerpo humano*. 20th ed. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Linell EA. 1921. The distribution of nerves in the upper limb, with reference to variabilities and their clinical significance. *J Anat* 55:79-112.
- Loukas M, Hullett J, Louis RG Jr, Holdman S, Holdman D. 2006. The gross anatomy of the extrathoracic course of the intercostobrachial nerve. *Clin Anat* 19:106-111.
- Loukas M, Abel N, Tubbs RS, Matusz P, Zurada A, Cohen-Gadol AA. 2011. Interconexiones neuronales entre los nervios de la extremidad superior e implicaciones quirúrgicas. *J Neurosurg* 114:225-235.
- Maigne JY, Maigne R, Guerin-Surville H. 1991. Ramas dorsales del tórax superior: Estudio anatómico de sus ramas cutáneas mediales. *Surg Radiol Anat* 13:109-112.
- Mancall EL, Brock DG. 2011. *Gray's Clinical Neuroanatomy: The Anatomic Basis for Clinical Neuroscience (Neuroanatomía clínica de Gray: bases anatómicas para la neurociencia clínica)*. Filadelfia, Pensilvania: Elsevier Saunders.
- Marathe R, Mankar S, Joshi M, Sontakke Y. 2010. Comunicación entre el nervio radial y el nervio cutáneo medial del antebrazo. *J Neurosci Rural Pract* 1:49-50.
- Nitta H, Tajima T, Sugiyama H, Moriyama A. 1993. Study on dermatomes by means of selective lumbar spinal nerve block. *Spine (Phila Pa 1976)* 18:1782-1786.
- O'Rourke MG, Tang TS, Allison SI, Wood W. 1999. The anatomy of the extrathoracic intercostobrachial nerve. *Aust N Z J Surg* 69: 860-864.
- Pearson AA, Sauter RW, Buckley TF. 1966. Further observations on the cutaneous branches of the dorsal primary rami of the spinal nerves. *Am J Anat* 118:891-903.
- Piovesan EJ, Kowacs PA, Oshinsky ML. 2003. Convergence of cervical and trigeminal sensory afferents. *Curr Pain Headache Rep* 7: 377-383.
- Poletti CE. 1991. Dermatomas del dolor C2 y C3 en el hombre. *Cephalalgia* 11:155-159.
- Rab M, Ebmer J, Dellon AL. 2001. Variabilidad anatómica del nervio ilioinguinal y genitofemoral: Implicaciones for the treatment of groin pain. *Plast Reconstr Surg* 108:1618-1623.
- Race CM, Saldana MJ. 1991. Anatomic course of the medial cutaneous nerves of the arm. *J Hand Surg Am* 16:48-52.
- Sherrington CS. 1893. Experimentos en el examen de la distribución periférica de las fibras de las raíces posteriores de algunos nervios espinales. I. *Philos Trans R Soc Lond Biol Sci* 184:641-763.
- Sherrington CS. 1898. Experimentos en el examen de la distribución periférica de las fibras de las raíces posteriores de algunos nervios espinales. II. *Philos Trans R Soc Lond Biol Sci* 190:45-186.
- Shields TW. 2009. *Cirugía torácica general*. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Stancic MF, Micovic V, Potocnjak M. 1999. Anatomía de la rama de Berrettini: Implicaciones for carpal tunnel release. *J Neurosurg* 91:1027-1030.
- Standring S. 2008. *Anatomía de Gray: La base anatómica de la práctica clínica*. 40ª ed. New York: Elsevier Churchill Livingstone.
- Standring S, Ellis H, Berkovitz BKB. 2005. *Anatomía de Gray: La base anatómica de la práctica clínica*. 39ª ed. New York: Elsevier Churchill Livingstone.
- Stookey B, Ransohoff J. (eds.). 1959. *Trigeminal Neuralgia: Its History and Treatment (Neuralgia del trigémino: historia y tratamiento)*. Springfield, IL.
- Tank PW, Gest TR. 2009. *Atlas of Anatomy*. 1 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Tubbs RS, Salter EG, Wellons JC, Blount JP, Oakes WJ. 2007. Puntos de referencia para la identificación de los nervios cutáneos del occipucio y las regiones nucales. *Clin Anat* 20:235-238.
- Tubbs RS, Loukas M, Shoja MM, Ardalán MR, Apaydin N, Myers C, Shokouhi G, Oakes WJ. 2008. Contribuciones del cuarto nervio espinal al plexo braquial sin prefijación. *J Neurosurg Spine* 8:548-551.
- Tubbs RS, Levin MR, Loukas M, Potts EA, Cohen-Gadol AA. 2010. Anatomy and landmarks for the superior and middle cluneal nerves: Application to posterior iliac crest harvest and entrapment syndromes. *J Neurosurg Spine* 13:356-359.
- Wolff AP, Groen GJ, Crul BJ. 2001. Bloqueos nerviosos segmentarios lumbosacros diagnósticos con anestésicos locales: A prospective double-blind study on the variability and interpretation of segmental effects. *Reg Anesth Pain Med* 26:147-155.