
ARTÍCULO ORIGINAL

Estudio de la morfología vascular en los nervios de la extremidad inferior utilizados como injertos

Juan José Bazaldúa-Cruz,* Alejandro Quiroga-Garza,* Sergio Everardo Velázquez-Gauna,* Eliud Enrique Villarreal-Silva,* Octavio Tijerina-de-la-Garza,* Rodrigo Enrique Elizondo-Omaña,* Óscar De-la-Garza-Castro,* Santos Guzmán-López*

* Departamento de Anatomía Humana, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León.

**Study of the vascular morphology
of the lower limb nerves used as grafts**

ABSTRACT

Introduction. The placement of a vascularized nervous graft is an option for acute nervous injuries treatment, as this has demonstrated a longer viability. **Objective.** To carry out a macroscopic and microscopic analysis of the vascularity of the main lower limb nerves used as vascularized nervous grafts. **Materials and methods.** It was followed out a descriptive, transversal and non-comparative study to analyse the saphenous, the sural, the deep peroneal and the superficial peroneal nerves vascularity. This study was performed in two stages: 1) an in situ vascularity study and 2) a morphometric study. **Results.** By the in situ study, it was demonstrated the following: the total length of the lower limb nerves used as graft, was in a decrease order: sural nerve ($\mu = 29.26 \text{ cm}, \pm 4.05 \text{ cm}$), superficial peroneal nerve ($\mu = 28.61 \text{ cm}, \pm 3.97 \text{ cm}$), deep peroneal nerve ($\mu = 26.64 \text{ cm}, \pm 5.21 \text{ cm}$) and saphenous nerve ($\mu = 25.12 \text{ cm}, \pm 4.42 \text{ cm}$). The morphometric study demonstrated that the dominant artery with the major diameter belongs to the saphenous nerve, with a diameter of 1.13 mm; then we have the superficial peroneal nerve with a 1.01 mm diameter, followed by the deep peroneal nerve with 0.91 mm, and finally the sural nerve with the smallest diameter, 0.85 mm. **Conclusions.** The saphenous nerve has the most appropriated morphological characteristics to be used as a vascularized graft; by the contrary, the deep peroneal nerve represents the last option from all the nerves included in this study.

Key words. Vascularized grafo. Dominant artery. Peripheral nerve. Macroscopic analysis. Microscopic analysis.

RESUMEN

Introducción. Una opción de tratamiento para las lesiones nerviosas agudas es la colocación de un injerto nervioso vascularizado porque ha demostrado mayor viabilidad. **Objetivo.** Analizar macroscópica y microscópicamente la vasculatura de los principales nervios de la extremidad inferior que son utilizados como injertos nerviosos vascularizados. **Materiales y métodos.** Estudio descriptivo, transversal y no comparativo para analizar la vasculatura de los nervios safeno, sural, peroneo profundo y peroneo superficial. El estudio se llevó a cabo en dos etapas: 1) estudio de la vasculatura *in situ* y 2) estudio morfométrico. **Resultados.** El estudio *in situ* demostró que la longitud total de los nervios de la extremidad inferior usados como injertos fueron, en orden decreciente: sural ($\mu = 29.26 \text{ cm}, \pm 4.05 \text{ cm}$), peroneo superficial ($\mu = 28.61 \text{ cm}, \pm 3.97 \text{ cm}$), peroneo profundo ($\mu = 26.64 \text{ cm}, \pm 5.21 \text{ cm}$) y safeno ($\mu = 25.12 \text{ cm}, \pm 4.42 \text{ cm}$). El estudio morfométrico mostró que la arteria dominante de mayor diámetro correspondió al nervio safeno (media de 1.13 mm), después el peroneo superficial (media de 1.01 mm), seguido por el peroneo profundo (media de 0.91 mm); el nervio sural fue el de menor diámetro de arteria dominante (media de 0.85 mm). **Conclusiones.** El nervio safeno presenta características morfológicas adecuadas para ser utilizado como injerto vascularizado; en cambio, el nervio peroneo profundo representa la última opción de los nervios incluidos en el estudio.

Palabras clave. Injerto vascularizado. Arteria dominante. Nervio periférico. Análisis macroscópico. Análisis microscópico.

INTRODUCCIÓN

En los países europeos, las lesiones nerviosas suceden con una incidencia de 6.2/100,000 habitantes en la población económicamente activa.¹ Las lesiones nerviosas pueden clasificarse, de acuerdo con el tiempo de evolución, en crónicas y agudas. Estas últimas afectan aproximadamente a 3% de los pacientes politraumatizados y suelen incrementarse durante las guerras alcanzando hasta 10%.²⁻⁶ Algunas secuelas que pueden presentarse en los pacientes con lesiones nerviosas son: dolor en el área lesionada, atrofia y parálisis de un grupo muscular, y pérdida de sensibilidad en el área lesionada.^{3,4}

Una opción de tratamiento quirúrgico para las lesiones nerviosas agudas es la colocación de un injerto nervioso, el cual puede ser aloinjerto u homoinjerto.⁷ Una característica muy importante para la viabilidad del injerto es su irrigación, ya que esto garantiza el adecuado aporte de nutrientes, aumento del índice de regeneración axonal, viabilidad de las células de Schwann e incremento de la infiltración de fibroblastos que contribuyen al proceso de cicatrización.^{8,9}

Millesi (1972) fue el pionero en la cirugía de auto-trasplante al introducir la técnica microquirúrgica de injerto no vascularizado en la reconstrucción de nervio periférico.⁹ Posteriormente, Taylor y Ham (1976) introdujeron el uso del injerto de nervio vascularizado, una opción con amplias ventajas en relación con el no vascularizado, ya que incrementa en gran medida el éxito del injerto nervioso.⁷ Gilbert (1984) y más tarde Doi (1992) reportaron el uso del injerto de nervio sural vascularizado y desde entonces se ha confirmado experimentalmente la efectividad del uso del injerto nervioso vascularizado.^{10,11}

El estudio de Sunderland, *et al.* (1945), se enfocó en la vascularización de los principales nervios periféricos de las extremidades superiores e inferiores. Concluyeron que los nervios son abundantemente vascularizados, desde su inicio y a todo lo largo, por la sucesión de vasos que se dividen y se distribuyen dentro del nervio.¹²

La vasculatura del nervio periférico está conformada por un sistema intrínseco y extrínseco. El sistema intrínseco se divide a su vez en plexos vasculares entre endoneurio, epineurio y perineurio.¹³ El sistema extrínseco está dado por vasos que llegan desde el exterior y terminan en el epineurio. Breidenbach y Terzis (1984) clasificaron el sistema extrínseco en dos tipos:¹⁴

- Una arteria dominante que corre a lo largo del nervio.

- Dos o más arterias que entran al nervio en diferentes puntos.

Los nervios adecuados para un injerto vascularizado son los que tienen un sistema extrínseco dado por una arteria dominante y que además el calibre de dicha arteria sea suficiente para ser anastomosada. Otras características ideales son que la longitud total y el sistema vascular intrínseco del nervio sean suficientes.¹⁵ Los nervios de la extremidad inferior potencialmente donadores de injertos y que fueron tomados en cuenta para este estudio son los nervios safeno, sural, peroneo profundo y peroneo superficial. La morfología vascular de los nervios periféricos de la extremidad inferior utilizados como injerto puede ser de utilidad para elegir el nervio periférico a utilizar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio descriptivo, transversal y no comparativo de la morfología vascular de nervios periféricos de la extremidad inferior. Se obtuvieron muestras de nervios periféricos de cadáveres embalsamados del Laboratorio de Anatomía Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Los cadáveres incluidos en el estudio tenían entre 35-70 años de edad y no tenían antecedente de enfermedad vascular periférica al momento de la muerte. Tampoco presentaron cicatrices, fracturas óseas o datos relacionados a traumatismos en las extremidades inferiores. Los nervios incluidos en el estudio fueron: safeno, sural, peroneo profundo y peroneo superficial.

El estudio se realizó en dos etapas:

- Estudio de la vasculatura *in situ*.
- Estudio morfométrico.

En la primera etapa se perfundieron las arterias femorales de los cadáveres con látex rojo (red latex solution Ward's Science, USA) para demostrar el sistema vascular extrínseco de los nervios periféricos. Esto se logró al perfundir el látex rojo a través de un catéter colocado en la arteria femoral en el triángulo de Scarpa. La disección de la vasculatura y nervios periféricos se realizó 24 hrs de la perfusión (Figura 1).

La segunda etapa consistió en el estudio morfométrico. Se midieron los siguientes parámetros macroscópicos (Figura 2):

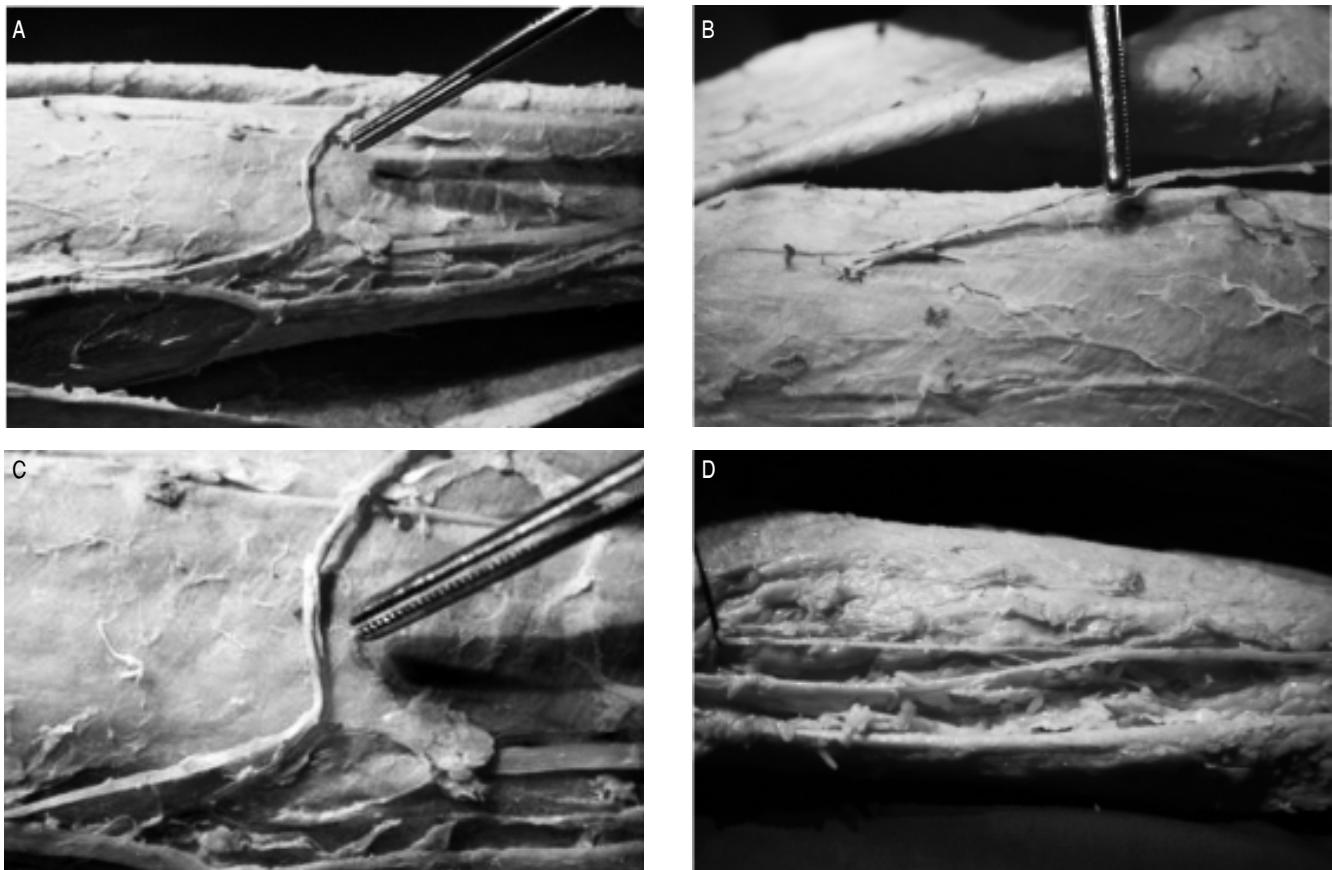


Figura 1. Disección de extremidad inferior. A. Nervio sural. Se realizaron tres cortes en la cara posterior de pierna; uno superior horizontal 2 cm por debajo del hueco poplitéo y otro inferior horizontal a nivel de los maléolos y un tercer corte vertical en la línea media de la región que une ambos cortes. Se separó la piel del tejido subcutáneo y se localizó al nervio sural. B. Nervio safeno. Se utilizó el mismo corte para localizar al nervio safeno en un plano superficial. C. Nervio peroneo superficial. D. Nervio peroneo profundo. Se realizaron tres cortes en la cara anterior de la pierna; uno horizontal 2 cm por debajo de la articulación de la rodilla y otro horizontal a nivel de los maléolos. Un tercer corte en la línea media de la cara anterior de la pierna y une a ambos horizontales. Se separó piel y fascia, y se llegó al plano muscular, se separó el músculo tibial anterior del extensor largo de los dedos para localizar ambos nervios.

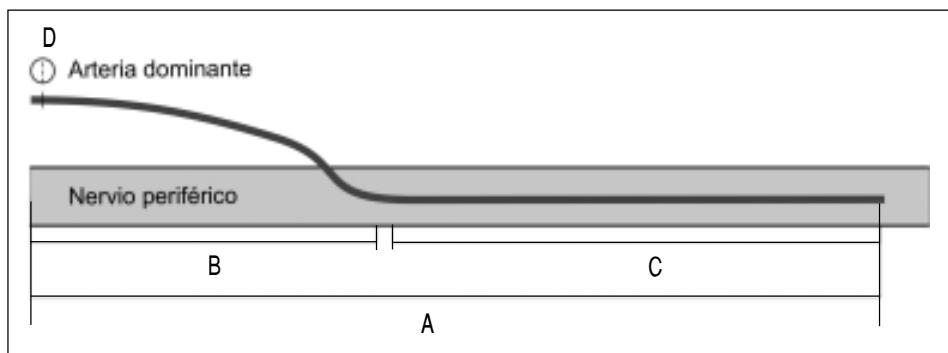


Figura 2. Esquema que muestra los parámetros evaluados. A. Longitud total del nervio. B. Longitud al punto de entrada de la arteria dominante. C. Longitud del nervio vascularizado. D. Diámetro de la arteria dominante.

- Longitud total del nervio.
- Longitud al punto de entrada de la arteria dominante.
- Longitud del nervio vascularizado.
- Diámetro de la arteria dominante.

Para dichas mediciones se utilizó una cinta métrica flexible, y para medir el diámetro externo de la arteria dominante se utilizó un vernier (Fowler sylvac 6"/150 mm, de 0.0005"/0.01 mm de resolución).

Posteriormente, para el estudio del sistema intrínseco se obtuvieron secciones transversales de la porción proximal y distal de cada segmento nervioso para su procesamiento histológico y tinción con hematoxilina y eosina (H y E) y tricrómico de Masson.¹⁶ Se observaron a microscopía de luz para analizar la vasculatura intrínseca; se tomaron como referencia siete campos (Figura 3).

Las mediciones hechas con base en los parámetros antes descritos fueron capturadas en una base de datos y se utilizó Microsoft Excel para analizar los resultados.

RESULTADOS

Se incluyeron un total de 72 nervios periféricos con la siguiente distribución:

- Nervio safeno (n = 18).
- Nervio sural (n = 17).

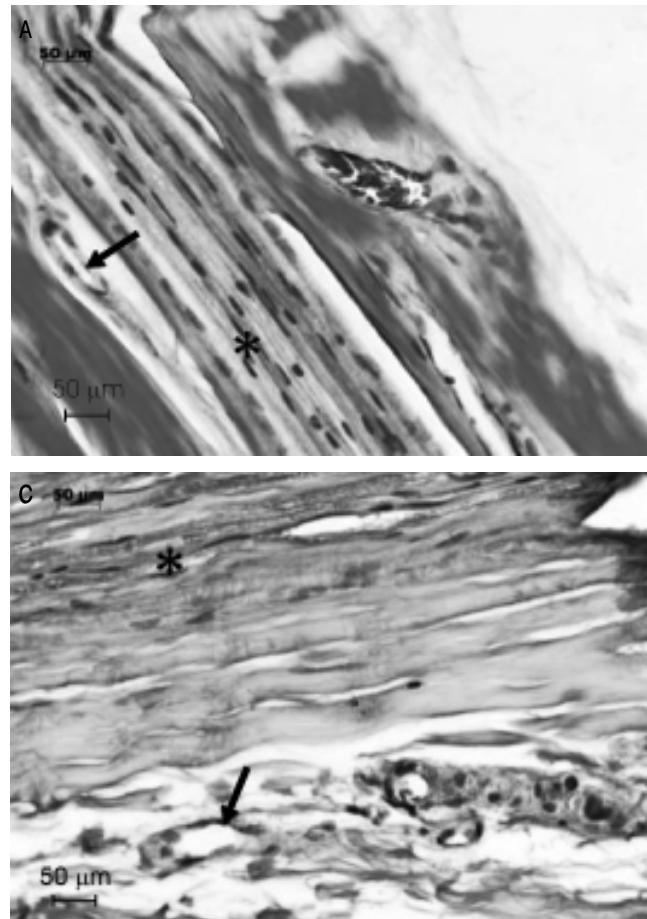


Figura 3. Tinciones de tricrómico de Masson. Cortes histológicos donde se muestra un vaso sanguíneo que forma parte del sistema intrínseco (flecha); también se señalan las fibras longitudinales del nervio (*). A. Nervio safeno. B. Nervio peroneo profundo. C. Nervio sural. D. Nervio peroneo superficial.

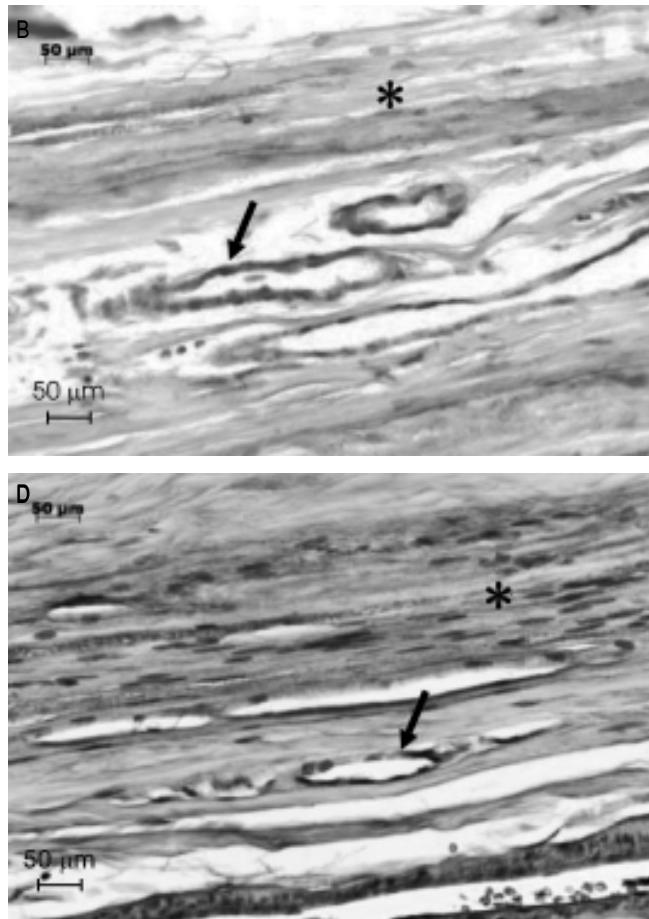
- Nervio peroneo superficial (n = 18).
- Nervio peroneo profundo (n = 19).

Estudio *in situ*

La longitud total de los nervios de la extremidad inferior usados como injertos fueron, en orden decreciente (Cuadro 1):

- Nervio sural ($\mu = 29.26$ cm, ± 4.05 cm).
- Nervio peroneo superficial ($\mu = 28.61$ cm, ± 3.97 cm).
- Nervio peroneo profundo ($\mu = 26.64$ cm, ± 5.21 cm).
- Nervio safeno ($\mu = 25.12$ cm, ± 4.42 cm).

Considerando la longitud desde el inicio del nervio en la pierna y el punto de entrada de la arteria dominante, se observó en orden decreciente (Cuadro 1):



Cuadro 1. Características macroscópicas y microscópicas de la vasculatura de los nervios de la extremidad inferior.

Nervio	Inicio de vascularización Media ± DE (cm)	Longitud vascularizada Media ± DE (cm)	Longitud total del nervio Media ± DE (cm)	Núm. de vasos/campo*
Safeno	0.65 ± 0.96	18.18 ± 6.36	25.12 ± 4.42	3.39 ± 4.08
Sural	0.83 ± 1.29	24.56 ± 6.46	29.26 ± 4.05	4.67 ± 6.29
Peroneo superficial	1.53 ± 1.18	24.61 ± 7.68	28.61 ± 3.97	6.63 ± 8.98
Peroneo profundo	1.07 ± 0.78	23.10 ± 7.64	26.64 ± 5.21	2.5 ± 3.36

*Promedio del número de vasos en siete campos observados a microscopía de luz a 40x.

Cuadro 2. Porcentaje vascularizado. Porcentaje de la relación entre la longitud vascularizada del nervio y su longitud total.

Nervio	Porcentaje vascularizado
Safeno	72.37
Sural	83.93
Peroneo superficial	86.01
Peroneo profundo	86.71

- Nervio peroneo superficial ($\mu = 1.53$ cm, ± 1.18).
- Nervio peroneo profundo ($\mu = 1.07$ cm, ± 0.78 cm).
- Nervio sural ($\mu = 0.83$ cm, ± 1.29).
- Nervio safeno ($\mu = 0.65$ cm, ± 0.96 cm).

La longitud vascularizada del nervio, de mayor a menor, fue (Cuadro 1):

- Nervio peroneo superficial ($\mu = 24.61$ cm, ± 7.68 cm).
- Nervio peroneo profundo ($\mu = 23.10$ cm, ± 7.64 cm).
- Nervio sural ($\mu = 24.56$ cm, ± 6.46 cm).
- Nervio safeno ($\mu = 18.18$ cm, ± 6.36 cm).

Con respecto al porcentaje vascularizado, se encontró en orden decreciente (Cuadro 2):

- Nervio peroneo profundo (86.71%).
- Nervio peroneo superficial (86.01%).
- Nervio sural (83.93%).
- Nervio safeno (72.37%).

Estudio morfométrico

De acuerdo con el diámetro de la arteria dominante, de mayor a menor, se observó (Cuadro 3):

- Nervio safeno ($\mu = 1.13$ mm).
- Nervio peroneo superficial ($\mu = 1.01$ mm).
- Nervio peroneo profundo ($\mu = 0.91$ mm).
- Nervio sural ($\mu = 0.85$ mm).

Cuadro 3. Media del diámetro de la arteria dominante medido en milímetros.

Nervio	Diámetro de la arteria dominante
Safeno	1.13
Sural	0.85
Peroneo superficial	1.01
Peroneo profundo	0.91

En el conteo de los vasos del sistema intrínseco, en orden decreciente, se observó:

- Nervio peroneo superficial ($\mu = 6.63$ vasos por campo).
- Nervio sural ($\mu = 4.67$ vasos por campo).
- Nervio safeno ($\mu = 3.39$ vasos por campo).
- Nervio peroneo profundo ($\mu = 2.5$ vasos por campo).

DISCUSIÓN

La vasculatura de un nervio es un criterio importante para su elección como injerto. Hasta hoy, el injerto vascularizado ha demostrado una mejor viabilidad que el no vascularizado, ofreciendo al paciente menor tiempo de recuperación de la función.^{17,18}

Sin embargo, son escasos los estudios morfológicos que analizan el sistema vascular extrínseco e intrínseco de los nervios periféricos de la extremidad inferior usados como injertos, a pesar de que la vasculatura es factor necesario en la viabilidad del injerto. Se realizó un estudio morfológico de la vasculatura de los principales nervios de la extremidad inferior que son utilizados como injertos, con la finalidad de tener una base teórica más amplia para su elección.

Se considera que el mejor criterio para una adecuada elección de injerto vascularizado es el diámetro de la arteria dominante que proporciona la irrigación extrínseca.¹⁹ No se encontraron reportes que estudien las características morfométricas de la arteria dominante; en este estudio se observó que el

nervio safeno fue el que tuvo mayor diámetro de la arteria dominante (Cuadro 3), también fue el que contó con una distancia más corta en el punto de entrada de la arteria dominante, pero en este nervio se encontró la menor longitud vascularizada (Cuadro 1) y el menor porcentaje vascularizado (Cuadro 2). El nervio peroneo superficial mostró la mayor longitud vascularizada y el mayor porcentaje vascularizado (Cuadros 1 y 2) y es el segundo en diámetro de arteria dominante (Cuadro 3), además tiene una mayor irrigación intrínseca a lo largo de su trayecto (Cuadro 1), por lo que podría utilizarse como injerto vascularizado.

En el nervio sural se encontró el menor diámetro de arteria dominante con una media de 0.85 mm, lo cual contrasta con un estudio realizado por Riordan CL, et al.,²⁰ en el cual se reporta una media de 1.5 mm; esta diferencia sugiere que pueden existir variaciones entre las razas. El nervio peroneo profundo mostró menor irrigación intrínseca (Cuadro 1), pero se mantuvo en tercer sitio con base en la longitud vascularizada (Cuadro 1) y diámetro de arteria dominante (Cuadro 3); no así en porcentaje vascularizado, ya que fue el que mostró el mayor porcentaje de los cuatro nervios estudiados (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

Desde un punto de vista morfológico, el nervio que presenta características más adecuadas para ser utilizado como injerto es el safeno. Otros nervios que podrían utilizarse por sus características son el peroneo superficial y sural. El nervio peroneo profundo, por sus características anatómicas, representa la última opción de los nervios incluidos en el estudio.

AGRADECIMIENTOS

A Luis Ángel Muñoz Peña y Jaime Aarón Zavala González, personal técnico del Laboratorio de Anatomía Humana Macroscópica de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por facilitar el trabajo en este estudio.

REFERENCIAS

- Rosberg HE, Carlsson KS, Hojgard S, Lindgren B, Lundborg G, Dahlin L. Injury to the human median and ulnar nerves in the forearm-analysis of costs for treatment and rehabilitation of 69 patients in southern Sweden. *J Hand Surg* 2005; 30: 35-9.
- Nicholson OR, Seddon HJ. Nerve repair in civil practice: Results of treatment of median and ulnar nerve lesions. *Br J Med* 1957; 2: 1065-71.
- Noble J, Munro CA, Prasad VS, Midha R. Analysis of upper and lower extremity peripheral nerve injuries in a population of patients with multiple injuries. *J Trauma* 1998; 45: 116-22.
- Roganovic Z, Savic M, Minic LJ, Antic B, Tadic R, Antonio JA. Peripheral nerve injuries during the 1991-1993 war period. *Vojnosanit Pregl* 1995; 52: 455-6.
- Deitch EA, Grimes WR. Experience with 112 shotgun wounds of the extremities. *J Trauma* 1984; 24: 600-3.
- Grossman MD, Reilly P, McMahan D, Kauder D, Schwab CW. Gunshot wounds below the popliteal fossa: a contemporary review. *Am Surg* 1999; 65: 360-5.
- Taylor GI, Ham FJ. The free vascularized nerve graft: a further experimental and clinical application of microvascular techniques. *PRS* 1976; 57: 413.
- Mars SP, et al. Peripheral arterial disease in patients with diabetes. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 465-6.
- Millesi H, Berger A, Meissl G. The interfascicular nerve grafting of the median and ulnar nerves. *J Bone Joint Surg* 1972; 54: 727-50.
- Gilbert A. Vascularized sural nerve graft. *Clin Plast Surg* 1984; 11: 73-7.
- Doi K, Tamaru K, Sakai K, Kuwata N, Kurafuji Y, Kawai S. A comparison of vascularized and conventional sural nerve grafts. *J Hand Surg Am* 1992; 17: 670-6.
- Sunderland S. Blood supply of the nerves of the upper limb in man. *ANP* 1945; 53-91.
- Lundborg G. The intrinsic vascularization of human peripheral nerves: structural and functional aspects. *JHS* 1979; 4: 34-41.
- Breidenbach W, Terzis JK. The anatomy of free vascularized nerve grafts. *CPS* 1984; 11: 65, 71.
- Barrany WG, Marei AG, Vallee B. Anatomic basis of vascularized nerve grafts: the blood supply of peripheral nerves. *SRA* 1999; 21: 95-102.
- Bancroft JD, Stevens A. Theory and practice of histological techniques. 2nd. Ed. Churchill Livingstone, Great Britain; 1982.
- Laura S, Rummlera RG. Peripheral nerve repair: A review. *COO* 2004; 15: 215-19.
- Levy M, Taylor GI, Baudet J, Guerin J, Casoli V, Wei-Ren P, Houseman ND. Angiosomes of the brachial plexus. *APRS* 2003; 112: 1799.
- Taylor GI. Nerve grafting with simultaneous microvascular reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 1978; 133: 56-70.
- Riordan CL, Nanney LB, Upton J 3rd, Wolfson SF. Vascularized medial sural cutaneous nerve based on the superficial sural artery: a reliable nerve graft. *J Reconstr Microsurg* 2002; 18: 147-52.
- Abrams RA, Brown RA, Botte MJ. The superficial branch of the radial nerve: an anatomic study with surgical implications. *JHS* 1992; 17: 1037-41.
- Hattori Y, Kazuteru D. Vascularized ulnar nerve graft techniques in hand and upper extremity surgery. *Techniques in Hand & Upper Extremity Surgery* 2006; 10: 103-6.

Reimpresos:

Dr. Rodrigo Enrique Elizondo-Omaña

Departamento de Anatomía Humana
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Nuevo León
Av. Madero s/n
Col. Mitras Centro
64460, Monterrey, N.L.
Tel.: 01 (52) 81 8329-4171
Fax: (81) 8347-7790
Correo electrónico: rod_omana@yahoo.com

*Recibido el 9 de septiembre 2010.
Aceptado el 18 de abril 2011.*