

Variaciones anatómicas del nervio musculocutáneo en una muestra de población colombiana. Estudio en cadáver

Anatomic variations of the musculocutaneous nerve in a Colombian population sample. Cadaveric study



Tavera A.

Andrea TAVERA*, Andrés NEIRA**, Fernando Y. PEÑA***
Minyor AVELLANEDA**, José Luis OSMA-RUEDA****

Resumen

Introducción y objetivo. El nervio musculocutáneo (NMC) inerva a los músculos bíceps, coracobraquial y braquial, que tienen como función principal contribuir con la flexión de la articulación del codo. El conocimiento de la anatomía y las variantes de sus ramas motoras permite transferencias nerviosas para recuperar la flexión del codo cuando se lesiona.

El objetivo de este estudio es describir la distribución anatómica y biométrica de las principales ramas motoras y sensitivas terminales del NMC en su recorrido en el miembro superior en cadáveres de una población local de población colombiana.

Material y método. Estudio descriptivo anatómico de miembros superiores en cadáveres mediante disecciones para determinar el origen de las ramas motoras y sensitivas del NMC en relación a estructuras anatómicas constantes, y su número de ramas terminales al llegar a los vientres musculares respectivos.

Resultados. Disecamos 30 extremidades superiores. El NMC atraviesa el músculo coracobraquial (MCB) a 56 mm (DE 17 mm) de la apófisis coracoides; la rama motora del bíceps sale del tronco del NMC a 142 mm (DE 44); el 80% se localizan en el tercio medio, 14% en tercio proximal y 6% en tercio distal; existe 1 rama motora para el bíceps en el 57% de los casos, 2 en el 27% y 3 o más en el 16%; la longitud de las ramas es de 34 mm (DE 17). Para el músculo braquial, la rama motora sale del tronco del NMC a 181 mm (DE 28) de la apófisis coracoides; existe 1 rama motora para el braquial en el 70% de los casos, 2 en el 20% y 3 o más en el 10%; el 88% se localizan en el tercio medio y el 12% en tercio distal; la longitud es de 44 mm (DE 17); encontramos unión con el nervio mediano en el tercio medio del brazo en el 10%.

Conclusiones. En nuestra población local de estudio, el NMC presentó una distribución anatómica constante en su recorrido, con variación en los patrones de ramificación para los vientres musculares del bíceps y el braquial, además de variaciones anatómicas como la unión con el nervio mediano en una proporción similar a la recogida mundialmente.

Palabras clave Nervio musculocutáneo, Transferencias nerviosas, Modelos anatómicos, Variaciones anatómicas.

Nivel de evidencia científica 4c Terapéutico

Aceptado 31 julio / 2021

Abstract

Background and objective. The musculocutaneous nerve (NMC) innervates biceps, coracobrachialis and brachialis muscle, whose main function is to flex the elbow. Knowledge of the anatomy and variations in motor branches allow to carry out nerve transfer surgery to recover the functionality of elbow flexion when the musculocutaneous nerve is injured.

Our aim is to describe the anatomical and biometric distribution of the main terminal motor and sensitive branches of the MCN during its course in the upper limb in bodies of a local Colombian population.

Methods. Descriptive anatomical study in corpses of upper limbs using dissections to find the origin site of the NMC motor and sensitive branches in relation to constant anatomical structures and their number of terminal branches when they reach the respective muscle bellies.

Results. Dissections were performed on 30 upper extremities. MCN crosses the coracobrachialis muscle 56 mm (SD 17) from the coracoid process; the motor branch of the biceps leaves the NMC trunk at 142 mm (SD 44); 80% of the branches are located in the middle third, 14% in the proximal third and 6% in the distal third; there is 1 motor branch for biceps in 57% of cases, 2 in 27% and 3 or more in 16%; the length of the motor branches is 34 mm (SD 17). For brachialis muscle, the motor branch leaves the NMC trunk at 181 mm (SD 28) from the coracoid process; there is 1 motor branch for brachialis muscle in 70% of cases, 2 in 20% and 3 or more in 10%; 88% of the branches are located in the middle third and 12% in the distal third; the length of the motor branches of the BR is 44 mm (SD 17). Union with the median nerve was found in the middle third of the arm in 10%.

Conclusions. In our local Colombian population study, the NMC nerve presented a constant anatomical distribution along its path, showing variation in branching patterns for the biceps and brachialis muscle. Anatomical variations such as the junction with the median nerve are found in a presentation similar to those reported worldwide.

Key words Musculocutaneous nerve, Nerve transfers, Anatomical models, Anatomical variations.

Level of evidence 4c Therapeutic

Accepted July 31 / 2021

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún interés financiero relacionado con el contenido de este artículo.
Financiación: No hubo fuentes externas de financiación para este trabajo.

* Cirujano Plástico, Universidad El Bosque, Grupo de Investigación Centro Latinoamericano de Investigación y Entrenamiento en Cirugía de Mínima Invasión (CLEMI) – SCCOT, Bogotá, Colombia.

** Cirujano Plástico, Profesor Adscrito Facultad de Medicina Universidad El Bosque, División de Postgrados Programa de Cirugía Plástica Reconstructiva y Estética, Bogotá, Colombia.

*** Médico Epidemiólogo, Docente Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.

**** Director del Grupo de Investigación del CLEMI, Profesor Asociado Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia.

Introducción

El plexo braquial está formado por una red de nervios que envía señales desde la médula espinal al hombro, brazo, antebrazo y mano. Puede resultar lesionado por compresión, estiramiento, sección completa o avulsión de raíces, con consecuencias devastadoras en la función motora y sensitiva del miembro superior de acuerdo al grado de lesión y comprometiendo la calidad de vida de los pacientes al imposibilitar la realización de actividades de la vida diaria.⁽¹⁾

El nervio musculocutáneo (NMC) es una rama terminal del cordón lateral del plexo braquial que da inervación motora a los músculos bíceps, coracobraquial y braquial; cuando se lesiona, se compromete principalmente la flexión de la articulación del codo y la supinación del antebrazo, y se produce pérdida de sensibilidad en la región lateral del antebrazo por pérdida de la función del nervio cutáneo antebraquial lateral (NCAL).⁽²⁾

Existen diversos métodos de reparación nerviosa de acuerdo al tipo de lesión, como la neurografía primaria, los injertos nerviosos o las transferencias nerviosas; el uso de fascículos o ramas de un nervio distal funcional para reinervar un músculo denervado se ha convertido en una técnica útil en el manejo de lesiones específicas; las ramas motoras del bíceps y del braquial del NMC se usan frecuentemente como receptoras para la rehabilitación de la flexión del codo, empleando como donantes fascículos adyacentes del nervio ulnar (técnica de Oberlin)⁽³⁾ o del mediano,^(4,5) para lo cual es necesario conocer en profundidad la anatomía con el fin de realizar estas transferencias. En la mayoría de los estudios anatómicos se describe la rama del bíceps del NMC en el tercio medio del brazo,^(6,7) sin embargo, en algunos casos se ha encontrado en el tercio proximal o a nivel axilar, razón por la cual surge con objetivo del presente estudio el interés por realizar un estudio anatómico descriptivo en nuestra población local colombiana, en cadáveres, que permita establecer patrones de referencia para hallar con mayor precisión los ramos motores sin necesidad de abordajes extensos y así evitar complicaciones y conseguir disminuir los tiempos quirúrgicos.

Material y método

Estudio anatómico descriptivo en cadáveres en el Centro Latinoamericano de Investigación y Entrenamiento en Cirugía de Mínima Invasión (CLEMI) en Bogotá, Colombia, realizado entre mayo y septiembre del 2019 para caracterizar la anatomía del NMC y sus ramas motoras para los músculos bíceps y braquial con el fin de evaluar las variantes anatómicas en una muestra de población local.

Los componentes anatómicos de miembros superiores fueron suministrados por el CLEMI y la muestra fue aleatoria, no probabilística, por conveniencia, de 30 extremidades superiores procedentes de 15 cadáveres que cumplieron con los criterios de inclusión. Diseñamos un formato para la recolección de datos y realizamos registro gráfico y fotográfico de cada disección. Tabulamos la información recolectada y la analizamos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel®.

Los criterios de inclusión para la selección de la muestra de estudio fueron: especímenes cadavéricos completos en el miembro superior y hombro, mayores de 18 años de edad, colombianos con datos claros de identificación (sexo, edad, raza, talla, peso) y con ausencia de cicatrices previas en hombro y brazo.

Los criterios de exclusión fueron: extremidades superiores previamente lesionadas de forma traumática, desarticulación del hombro, extremidades superiores con malformaciones congénitas, cadáveres o piezas quirúrgicas de miembros superiores en mal estado o mal preservados.

Técnica de disección

Para la disección de todos los especímenes cadavéricos realizamos el siguiente procedimiento. Con el cadáver en decúbito supino, abducción del hombro a 90° y extensión del codo a 180°, practicamos incisión que se inicia en el surco deltopectoral, descendiendo por la axila en la región medial y continuando en la región media del brazo, sobre el surco bicipital. Levantamos el colgajo de piel de forma lateral para exponer los vientres de los músculos bíceps y pectoral mayor. Identificamos la apófisis coracoides proximalmente y desinsertamos el músculo pectoral mayor en el tendón a nivel de la corredera bicipital del húmero, con posterior elevación y reparo de forma medial (Fig. 1). Incisión en la fascia del bíceps haciendo tracción lateral de este, localizando el NMC entre el bíceps y el braquial anterior de forma distal y entre el bíceps y el coracobraquial proximalmente. De forma progresiva, utilizando un equipo de microcirugía y con magnificación con lupas de 2.5X, disecamos el NMC y exponemos las ramas motoras del bíceps y del braquial desde proximal hacia distal, haciendo la descripción de la distancia de las ramas motoras de cada músculo desde la apófisis coracoides hasta la división de la rama y la inserción dentro del músculo; medimos la longitud de cada rama motora desde su inserción muscular hasta su división en el tronco principal a nivel del NMC. Una vez localizado el nervio con sus ramas, tomamos registro fotográfico (Fig. 2).

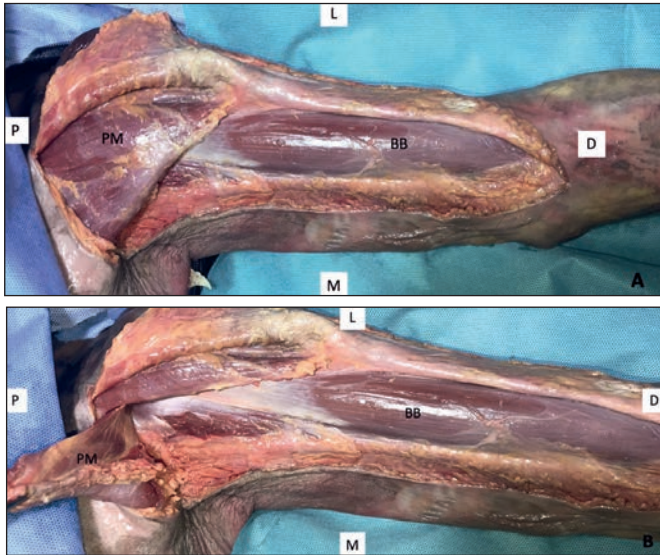


Figura 1. Diseción de brazo en región proximal A. desinserción de pectoral mayor B. Extremidad superior izquierda: diseción de pectoral mayor (PM) y bíceps braquial (BB). P: Proximal, D: Distal, L: Lateral, M: Medial

Resultados

Durante el periodo de estudio tuvimos acceso a 15 cadáveres para disección: 14 de sexo masculino y 1 de sexo femenino, con un promedio de edad de 60.3 años (DE 13.4). Analizamos 30 extremidades superiores que cumplían con los criterios de inclusión para nuestro estudio: 15 de lateralidad derecha y 15 de lateralidad izquierda, encontrando presencia del NMC en todos los casos.

La longitud promedio de los miembros superiores estudiados fue de 326 mm (DE 18). Identificamos que el NMC atraviesa el músculo coracobraquial (MCB) en promedio a 565 mm (DE 178) de la apófisis coracoides; en 1 solo caso (3.3%) no atravesó el músculo.

El NMC da inervación para el grupo de músculos flexores del brazo (coracobraquial, bíceps y braquial) y finaliza como rama sensitiva, el nervio cutáneo antebraquial lateral (NCAL). El nervio emerge como un ramo único del plexo, atraviesa el músculo coracobraquial y en su trayecto va dando ramas que inervan inicialmente el coracobraquial, el bíceps y posteriormente el braquial. En la Tabla I registramos los hallazgos de las mediciones para las ramas motoras para el bíceps y el braquial en relación a la apófisis coracoides; además, según la longitud de cada brazo, dividimos por tercios y describimos de

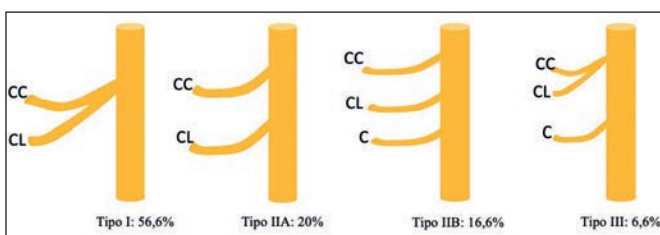


Figura 3. Esquema de las variaciones anatómicas en el patrón de ramificación de las ramas motoras del bíceps. CC (cabeza corta del bíceps), CL (cabeza larga del bíceps), C (vientre muscular común del bíceps).

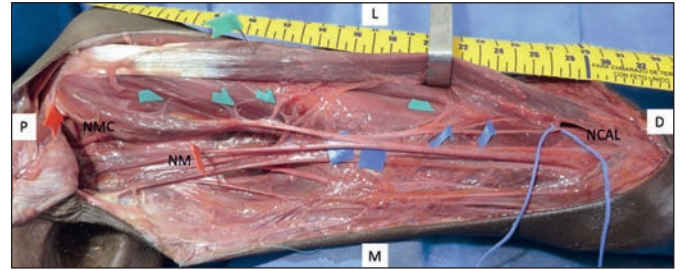


Figura 2. Marcaje por colores de las disecciones de los especímenes cadavéricos: bandera roja para nervio musculocutáneo (NMC), bandera roja para nervio mediano (NM), flechas verdes: ramas motoras del bíceps, flechas azules: ramas motoras del braquial, bandera verde: cabeza corta del bíceps, contrastes azules: zonas de unión del NM con el NMC, cinta azul: nervio cutáneo antebraquial lateral (NCAL). P: Proximal, D: Distal, L: Lateral, M: Medial.

forma general el porcentaje de veces que salen las ramas motoras de acuerdo al tercio proximal, medio o distal.

Para el bíceps, la distancia promedio desde la apófisis coracoides hasta el origen de las ramas motoras fue de 142 mm (DE 44,3), localizadas la mayoría en el tercio medio del brazo (80%), seguidas del tercio proximal (14%) y en menor porcentaje del distal (6%). La distancia desde la apófisis coracoides hasta la inserción de la rama motora en el vientre muscular fue de 168.1 mm (DE 41), lo más frecuente es que exista una sola rama motora (57%) que inerva el vientre muscular del bíceps, seguida de inervación con 2 ramas en el 27% y de 3 o más ramas en el 16% de los casos. La longitud de las ramas motoras del bíceps fue de aproximadamente 34.8 mm (DE 17.6).

En función del patrón de inervación del bíceps realizamos una clasificación según la variación anatómica en el patrón de inervación (Fig. 3). El tipo I (56.6%) corresponde a la salida de 1 sola rama que a su vez se subdivide en ramas para la cabeza larga y corta del bíceps (Fig. 4); el tipo IIA (20%) corresponde a 2 ramas independientes para la cabeza corta (CC) y cabeza larga (CL) del bíceps que surgen a partir del NMC (Fig. 5); el tipo IIB (16.6%) comprende a 3 ramas para la CC, CL y vientre común (Fig. 6); y el tipo III (6.6%) a 2 ramas principales, una de las cuales va para el vientre común (C) y la otra se subdivide para la CL y CC del bíceps.

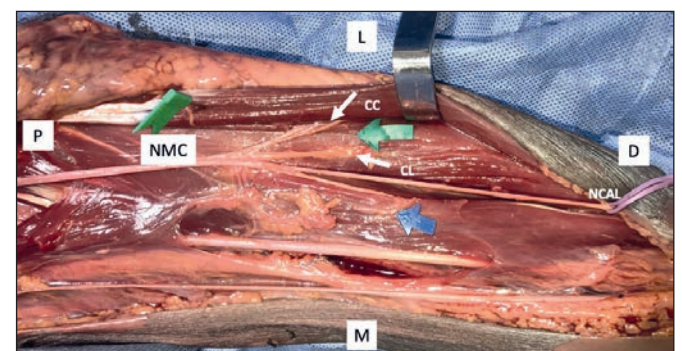


Figura 4. Variación Tipo I de ramas motoras del bíceps. Extremidad superior izquierda: ramas motoras señaladas con flechas blancas. P: Proximal, D: Distal, L: Lateral, M: Medial. NMC: nervio musculocutáneo, CC cabeza corta, CL: cabeza larga. NCAL: Nervio cutáneo antebraquial lateral.

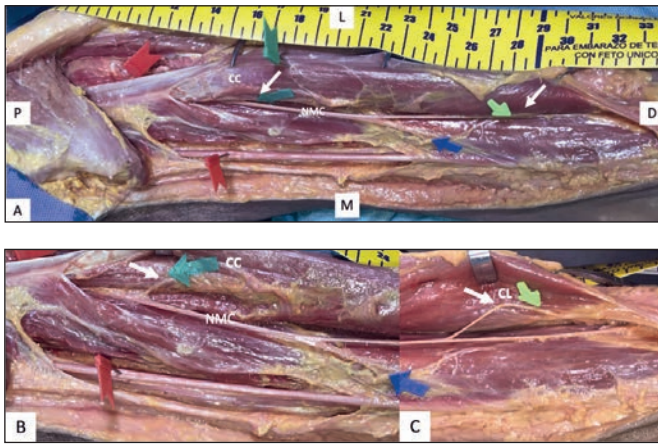


Figura 5. Variación Tipo IIA de ramas motoras del bíceps. Extremidad superior izquierda: ramas motoras flechas blancas. P: Proximal, D: Distal, L: Lateral, M: Medial, NMC: Nervio musculocutáneo, CC cabeza corta, CL: cabeza larga. NCAL: Nervio cutáneo antebraquial lateral. A. Vista panorámica. B Aproximación proximal con CC separada. C. Aproximación distal con CL separada.

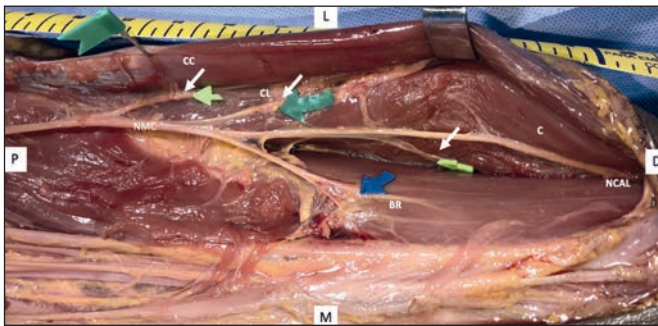


Figura 6. Variación Tipo IIB de ramas motoras del bíceps. Extremidad superior izquierda: ramas motoras flechas blancas. P: Proximal, D: Distal, L: Lateral, M: Medial, NMC: Nervio musculocutáneo, CC: cabeza corta del bíceps, CL: cabeza larga del bíceps, C: Vientre común del bíceps. NCAL: Nervio cutáneo antebraquial lateral. Flecha azul: rama motora para el braquial (TIPO I). BR: Braquial.



Figura 7. Esquema de las variaciones anatómicas en el patrón de ramificación de las ramas motoras del braquial.

Tabla I. Ramas motoras del nervio musculocutáneo (NMC) desde la apófisis coracoides.

Músculo	Distancia media (mm) (DE*) división rama motora	Distancia media (mm) (DE*) inserción músculo	1 rama (n/%)	2 ramas (n/%)	3 o mas ramas (n/%)	Longitud media ramas motoras (mm) (DE*)	Localización según el tercio
Bíceps	142 (44.3)	168 (41)	17/57	8/27	5/16	34.8 (17.6)	Tercio proximal: 14% Medio: 80% Distal: 6%
Braquial	181 (28)	221.9 (21.8)	21/70	6/20	3/10	44.4 (16.7)	Tercio proximal: 0% Medio: 88% Distal: 12%

*DE: Desviación estándar

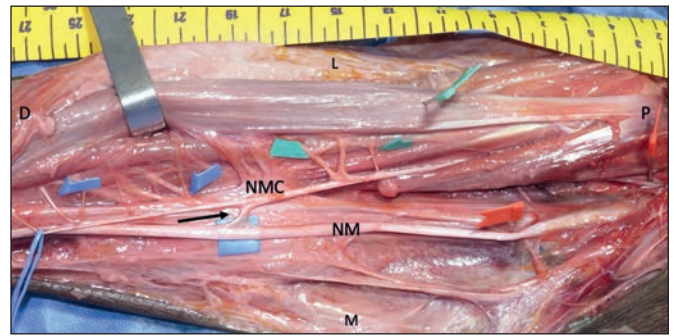


Figura 8. Variación anatómica, unión del NM con el NMC. Extremidad superior izquierda: disección del brazo, visualizamos variación anatómica, unión del nervio mediano con el nervio musculocutáneo (flecha). P: Proximal, D: Distal, L: Lateral, M: Medial, NM: Nervio mediano, NMC: Nervio musculocutáneo.

Para el músculo braquial, la distancia promedio desde la apófisis coracoides hasta el origen de las ramas motoras fue de 181 mm (DE 28), localizadas la mayoría en el tercio medio del brazo (88%), seguidas del tercio distal (12%) y ninguna saliendo del tercio proximal. La distancia desde la apófisis coracoides hasta la entrada de la rama motora en el vientre muscular fue de 221.9 mm (DE 21.8); lo más frecuente es que exista 1 sola rama motora (70%) que inerva el vientre muscular del braquial, seguida de inervación con 2 ramas en el 20% y de 3 o más ramas en el 10% de los casos. La longitud de las ramas motoras para el braquial fue de 44.4 mm (DE 16.7).

En función del patrón de inervación del braquial realizamos una clasificación según la variación anatómica (Fig. 7). Tipo I, cuando solo sale una rama; tipo II, cuando salen 2 ramas; y tipo III cuando salen 3 ramas.

Como variaciones anatómicas encontramos que en 3 de las disecciones (10%), el NMC presentó una unión con el nervio mediano en el tercio medio del brazo (Fig. 8).

Discusión

La importancia de la inervación de los músculos bíceps y braquial está bien estudiada en la literatura. Cuando existen avulsiones de las raíces de c5-c6, la opción mas frecuentemente utilizada para recuperar la flexión del codo es el empleo de transferencias nerviosas, siendo las transferencias intraplexo con ramos motores del nervio ulnar o del nervio mediano las que están descritas con mejores resultados.^(3,5)

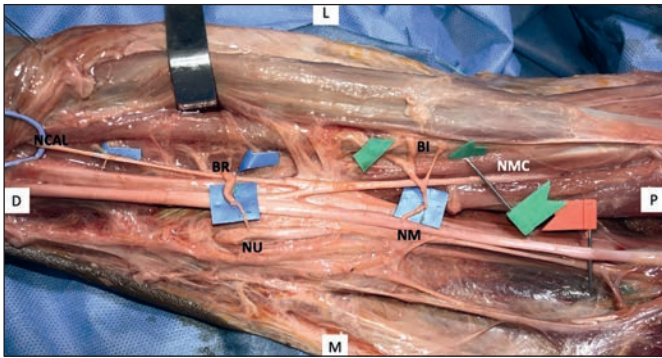


Figura 9. Extremidad superior derecha: doble transferencia nerviosa. Fascículos del NM (nervio mediano) para la rama motora del bíceps braquial (BI). Fascículos del NU (Nervio ulnar) para la rama motora del braquial (BR). P: Proximal, D: Distal, L: Lateral, M: Medial, NMC: Nervio musculocutáneo, NCAL: Nervio cutáneo antebraquial lateral.

Aunque están publicados casos de ausencia del NMC,⁽⁸⁾ en el presente estudio lo identificamos en todas las disecciones como rama terminal del cordón lateral del plexo braquial; como variación anatómica encontramos unión con el nervio mediano en el 10% de los casos, localizada de forma constante en el tercio medio del brazo. Esta variación anatómica ha sido descrita en diferentes grupos poblacionales en un rango amplio, entre el 2.1 y el 63.5%.⁽⁹⁻¹¹⁾ En Colombia, en un estudio descriptivo sobre disecciones anatómicas, Ballesteros⁽¹¹⁾ reporta la rama comunicante en el 19.8%.

Realizamos una clasificación del patrón de ramificación de las ramas del bíceps similar a la descrita por Choi⁽¹²⁾ en 2002 y Vicente en 2005,⁽⁹⁾ en tipo I (56.6%), II y III (6.6%); sin embargo, la tipo II la subdividimos en IIA (20%) y IIB (16.6%) (Fig. 3), en la que la IIA corresponde a la II de Choi y Vicente. Cuando comparamos nuestro estudio en frecuencias en la presentación del patrón de ramificación, vemos similitud con el patrón de ramificación tipo I de Vicente⁽⁹⁾ y varían las frecuencias de los demás tipos (I: 60.5%, II: 27.9%, III: 11.6%). Autores como Yang⁽¹⁰⁾ reportan para el tipo I: 83.4%, para el II: 8.3%, y para el III: 8.3%.

Chiarapattanakom⁽⁶⁾ también describe una clasificación del patrón de ramificación del bíceps. Describe el mismo tipo I (62%) que nuestro estudio, sin embargo, para este autor el tipo II (33%) corresponde a nuestro IIA y el tipo III (5%) corresponde a nuestro IIB. Sin tener en cuenta nuestra clasificación adicional, vemos que las frecuencias de este autor son similares a las nuestras.

Comparando nuestra clasificación con la de Oberlin,⁽³⁾ este autor solo menciona 2 tipos que corresponden a nuestro tipo I y IIA.

Otros autores, como Cambon,⁽¹³⁾ menciona que en la población de Francia se pueden encontrar entre 1 y 5 ramas motoras primarias para el bíceps y que estas aparecen entre el 37.1 al 55.7% de la distancia entre la apófisis coracoides y el epicóndilo lateral, lo que según

nuestro estudio corresponde al tercio medio del brazo en donde encontramos el 80% de las ramas motoras para el bíceps. Además, en más de la mitad de los casos existe 1 sola rama que inerva el bíceps (57%), seguida de 2 ramas (27%) y en menor presentación de 3 o más ramas (16%).

Para el músculo braquial, la rama motora se localiza en el tercio medio del brazo (88%) seguida del tercio distal (12%), en contra de lo que se pensaba acerca de que en la mayoría de las veces estaba localizada en el tercio distal. En cuanto al patrón de ramificación, 1 rama es lo más frecuente (70% tipo I), seguida de 2 (20% tipo II) y 3 o más (10% tipo III), a diferencia de lo que reporta Yang,⁽¹⁰⁾ para quien el tipo I aparece en el 95.8%, el tipo II en el 4.2% o para Vicente,⁽⁹⁾ quien presenta el tipo I en el 72.1% y el tipo II en el 27.9%.

En la literatura, desde la descripción de Oberlin⁽³⁾ en 1994 se ha considerado usar fascículos FCU del nervio ulnar para reinervar el bíceps braquial; posteriormente Mackinnon⁽⁵⁾ describe una doble transferencia adicionando a la transferencia previa fascículos del *flexor carpi radialis* (FCR) o *flexor digitorum superficialis* (FDS) para reinervar el músculo braquial, refiriendo que esta doble transferencia incrementa la tasa de éxito al aumentar la fuerza de la flexión del codo en comparación a cuando se realiza una sola transferencia.⁽¹⁴⁾ Nosotros proponemos que la transferencia se puede realizar de los fascículos del FCR/FDS del nervio mediano para reinervar el bíceps como transferencia única o doble usando además los fascículos del FCU para el braquial, debido a que anatómicamente la transferencia se facilita por la cercanía de las estructuras. El nervio mediano se localiza más hacia la cara lateral del brazo, es decir, más cerca del NMC, siendo útil tomar los fascículos y transferirlos a la rama motora del bíceps, que es más corta que la del braquial desde su tronco principal (media 34.7 mm frente a 44.4 mm) (Fig. 9). Baik⁽¹⁵⁾ publica que la transferencia única de fascículos del nervio mediano es tan buena como la transferencia de fascículos del nervio ulnar en cuanto a la recuperación de la fuerza, sin embargo, se deben hacer ensayos clínicos comparativos para poder evaluar cuál de las dos transferencias nerviosas tiene mejores resultados.

Nuestro estudio tiene como fortaleza conocer algunas de las variaciones anatómicas sobre la localización de las ramas motoras del bíceps y del braquial, lo cual es útil tanto para la realización de transferencias nerviosas como para la realización de neurectomías selectivas para tratamiento de la deformidad en flexión causada por la parálisis espástica.⁽¹⁶⁾

Los resultados que presentamos no se pueden generalizar a la población de Bogotá ni de Colombia, debido a que es una muestra pequeña que no representa al total

de la población, depende del cadáver que no se puede escoger. Además, hay que tener en cuenta que el 93% de las extremidades disecadas corresponden a especímenes masculinos, por lo cual no podemos establecer si se presentan diferencias entre los grupos poblacionales. También que los cadáveres no tienen datos de historia clínica, por lo cual no se pueden establecer relaciones entre patologías asociadas.

Conclusiones

Este estudio descriptivo anatómico muestra un recorrido constante del NMC atravesando el músculo coracobraquial en el 97% de los casos y descendiendo en el brazo entre los músculos bíceps y braquial. Tanto las ramas motoras del bíceps como las del braquial se encuentran en su mayoría en el tercio medio del brazo (80% y 88% respectivamente), por lo cual recomendamos que la incisión quirúrgica inicial para localizar las ramas se haga en el surco bicipital en el tercio medio, teniendo como puntos de referencia la apófisis coracoides y el epicóndilo lateral. Si no se localizan en el tercio medio, se debe buscar hacia proximal la rama motora del bíceps (14%) y hacia distal la rama motora del braquial (12%); menos frecuentemente la rama motora del bíceps se localiza distal (6%) y forma parte de la inervación del vientre común del bíceps.

Dirección del autor

Dra. Andrea Liseth Tavera Sanabria.
Calle 138 # 19-49
110121 Bogotá, Colombia
Correo electrónico: andreatat04@gmail.com

Bibliografía

1. **Thatte M., Babhulkar S., Hiremath A** Brachial plexus injury in adults: Diagnosis and surgical treatment strategies. *Ann Indian Acad Neurol.* 2013; 16(1): 26-33.
2. **Besleaga D., Castellano V., Lutz C., Feinberg J.** Musculocutaneous Neuropathy: Case Report and Discussion. *HSSJ* 2010; 6: 112-116.
3. **Oberlin C., Beal D., Leechavengvongs S., Salon A., Dauge MC., Sarcy JJ.** Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5/C6 avulsion of the brachial plexus. Anatomical study and report of cases. *J Hand Surg.* 1994;19:232-237.
4. **Sungpet A., Suphachatwong C., Kawinwonggowit V.** One fascicle median nerve transfer to biceps muscle in C5 and C6 root avulsions of brachial plexus injury. *Microsurgery,* 2003; 23(1):10-13.
5. **Mackinnon S., Novak C., Myckatyn T., Tung T.** Results of reinnervation of the biceps and brachialis muscles with a double fascicular transfer for elbow flexion. *J. Hand Surg.* 2005; 30(5): 978-985-.
6. **Chiarapattanakom P., Leechavengvongs S., Witoonchart K., Uerpairojkit C., Thuvasethakul P.** Anatomy and internal topography of the musculocutaneous nerve: the nerves to the biceps and brachialis muscle. *J Hand Surg* 1998;23A:250-255.
7. **Kervancioglu P., Orhan M., Kilinc N.** Patterns of motor Branching of the Musculocutaneous Nerve in Human Fetuses and Clinical Significance. *Clinical Anatomy* 2011;24:168-178.
8. **Bagoji I., Doshi M.** Bilateral absence of musculocutaneous nerve and its clinical and surgical implications, *J. Chem. Pharm. Res.* 2015; 7(4):1479-1481.
9. **Vicente D., Calvet P., Carrera A.** Innervation of Biceps Brachii and Brachialis: Anatomical and Surgical Approach. *Clinical Anatomy* , 2005;18:186-194.
10. **Yang Z., Pho R., Kour A., Pereira B.** The Musculocutaneous Nerve and Its Branches to the Biceps and Brachialis Muscles. *J. Hand Surgery,* 1995;20A.
11. **Ballesteros L., Forero P., Buitrago E.** Communication between the musculocutaneous and median nerves in the arm: an anatomical study and clinical implications. *Rev Bras Ortop.* 2014;27;50(5):567-572.
12. **Choi D., Rodriguez-Niedenfuhr M., Vazquez T., Parkin I., Sanudo JR.** Patterns of connections between the musculocutaneous and the median nerves in the axilla and the arm. *Clin Anat.* 2002; 15:11-17.
13. **Cambon A., Leclercq C.** Anatomical study of the musculocutaneous nerve branching pattern: application for selective neurectomy in the treatment of elbow flexors spasticity. *Surg Radiol Anat* 2015;37(4):341-348.
14. **Mackinnon SE., Novak CB., Myckatyn TM., et al.** Results of reinnervation of the biceps and brachialis muscles with a double fascicular transfer for elbow flexion. *J Hand Surg [Am],* 2005; 30(5):978-985.
15. **Baik A., Gregorio R.** Median Nerve Fascicle Transfer Versus Ulnar Nerve Fascicle Transfer to the Biceps Motor Branch in C5-C6 and C5-C7 Brachial Plexus Injuries: Nonrandomized Prospective Study of 23 Consecutive Patients. *Microsurgery* 2014;34(7):511-515.
16. **Cambon A., Leclercq C.** Anatomical study of the musculocutaneous nerve branching pattern: application for selective neurectomy in the treatment of elbow flexors spasticity. *Surg Radiol Anat* 2015;37(4):341-348.